http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Titre général : Dictionnaire technologique
Titre du volume : Tome 9 : Ficelle à Futaine

Mots-clés : Dictionnaire*19e siècle ; Artisanat ; Métiers ; Economie ; Industrie ; Commerce

Description : [4]-532 p.
Adresse : Paris : Thomine, 1826
Cote de l'exemplaire : CNAM 8°Ky1.9 (Bibliothèque du CNAM)

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8KY1.9

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

PDF créé le 8/2/2008

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IMPRIMERIE DE RUZARD-COURCIER
RUE DU JARDINET, N° 12.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8° Kg 1

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS,

ET DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE;

PAR UNE SOCIÉTÉ DE SAVANS ET D'ARTISTES.

Qui pourrait assigner un terme
à la perfectibilité humaine?

TOME NEUVIÈME.





PARIS,
THOMINE, LIBRAIRE, RUE DE LA HARPE, N° 78.

1826.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

ou

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS,

Explication des signatures qui se trouvent à la fin de chacun des articles de ce volume.

ET DE L'ÉCONOMIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE;

PAR UNE SOCIÉTÉ DE SAVANS ET D'ARTISTES.

R. Robiquet.
P. Payen.
L*****R. Laugier.
D. Dufrénoy.
Fr. Francœur.
M. Molard.
L. Lenormand.

TOME NEUVIÈME.



PARIS,

THOMINE, LIBRAIRE, RUE DE LA HARPE, N° ...

1830.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS.

F

FICELLE. Petite corde formée de fils de chanvre et commise à trois ou quatre torons, sur des rouets ordinaires de cordiers. (*V.* CORDERIE.) E. M.

FICHOIR (*Technologie*). Le *fichoir* est un petit outil dont le marchand d'estampes se sert pour suspendre, à une ficelle tendue, les estampes qu'il met en étalage. Le *fichoir* est ordinairement formé d'un morceau de bois dur, d'environ trois pouces de long, six lignes de large et trois à quatre lignes d'épaisseur; il est fendu d'un coup de scie d'environ deux pouces de long. Le marchand place l'estampe par son bord supérieur, au-devant de la ficelle; il embrasse l'une et l'autre avec le *fichoir*, qui, faisant ressort, retient l'estampe sur la ficelle. On met deux fichoirs pour chaque estampe, un à chaque angle. L.

FIEL DE BOEUF (*Technologie*). Il n'est personne qui ne sache que cette substance se forme dans le corps de l'animal,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on la trouve dans une poche ou vésicule, sous la forme d'une liqueur plus ou moins verte, plus ou moins liquide; qu'elle a une odeur désagréable, et qu'on se la procure chez les bouchers. Le *fiel de bœuf* se corrompt facilement; alors il ne peut être d'aucun usage; et comme l'on pourrait bien en manquer au moment où l'on en aurait besoin, il est important de connaître les moyens de le purifier, afin de le préserver de la putréfaction, de lui enlever sa mauvaise odeur, et de le décolorer parfaitement.

Les peintres à l'aquarelle, les enlumineurs, les dégraisseurs, et beaucoup d'autres personnes, emploient le fiel de bœuf; mais, lorsqu'il n'est pas purifié, la couleur verdâtre qui lui est propre fait changer les couleurs, ôte de leur vivacité et contrarie beaucoup les artistes. Il est donc important de faire connaître ce qu'on a fait jusqu'ici pour obtenir cette substance limpide et diaphane comme de l'eau pure.

M. Richard Cathery a publié, en Angleterre, la préparation suivante, qui fut approuvée par la Société d'Encouragement de Londres.

« Prenez, dit-il, le fiel de bœuf au moment où l'on vient de tuer l'animal; après l'avoir laissé reposer dans un bassin pendant douze à quinze heures, versez-le dans un vase de terre propre, avec la précaution de ne pas laisser passer les sédimens dans le vase; mettez ensuite le vase dans un poêlon plein d'eau, et vous le ferez bouillir ainsi au bain-marie, en ayant soin que l'eau ne puisse point entrer dans le vase. Faites bouillir jusqu'à ce qu'il s'épaississe; ensuite étendez-le sur un plat que vous placerez devant le feu pour achever l'évaporation. Après l'avoir débarrassé, autant qu'il est possible, de son humidité, on le met dans de petits pots, que l'on recouvre de papier, attaché de manière à en fermer l'entrée à la poussière. Il conserve ainsi, pendant plusieurs années, toutes ses propriétés. »

Plusieurs artistes, qui essayèrent ce procédé sur l'invitation de la Société, attestèrent, par des certificats, qu'ils s'étaient servis avec avantage du fiel préparé de cette manière, tant pour les couleurs que pour le dégraissage des étoffes. Le fiel de bœuf

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi préparé est sous forme solide ; aussi, porte-t-il le nom de *fiel de bœuf concentré*. Lorsqu'on veut s'en servir, il ne s'agit que d'en délayer une quantité de la grosseur d'un pois dans une cuillerée à soupe d'eau ; opération qui n'exige que quelques minutes.

Peu de temps après, M. Tomkins, graveur en taille-douce, artiste distingué de Londres, communiqua à la même Société d'Encouragement un nouveau procédé plus parfait que celui que nous venons de décrire. Cette Société, après s'être convaincue par des expériences des avantages que ce nouveau mode d'opérer présentait, a décerné à l'auteur la petite médaille d'or, comme un témoignage de sa satisfaction. Des attestations des premiers artistes de Londres confirment la bonne opinion que la Société en a conçue. Voici ce procédé, qui conserve le fiel à l'état liquide :

« A une pinte de fiel de bœuf frais, bouilli et écumé, ajoutez une once d'alun en poudre fine ; laissez la liqueur sur le feu jusqu'à ce que la combinaison soit parfaite ; lorsqu'elle est refroidie, versez-la dans une bouteille que vous boucherez légèrement.

» Prenez ensuite une pareille quantité de fiel de bœuf, bouilli et écumé ; ajoutez-y une once de sel commun, et continuez de la laisser sur le feu jusqu'à ce que le tout soit combiné ; après quoi vous le mettrez, lorsqu'il sera refroidi, dans une bouteille qui devra être légèrement bouchée.

» Cette préparation se conserve sans altération et sans dégager de mauvaise odeur, pendant plusieurs années.

» Lorsqu'on l'a laissée, pendant trois mois environ, dans une chambre où règne une température modérée, elle dépose un sédiment épais et s'éclaircit ; alors elle est propre aux usages ordinaires ; mais comme elle contient encore beaucoup de matière colorante jaune, faisant virer au vert les couleurs bleues et salissant le carmin, on ne peut pas l'employer pour les couleurs en miniature.

» Pour obvier à cet inconvénient, il faut, continue l'auteur, décanter séparément chacune des liqueurs sus-mentionnées,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

après les avoir laissés reposer jusqu'à ce qu'elles soient parfaitement claires, puis les mêler ensemble par portions égales. La matière colorante jaune que retient encore le mélange, se coagule aussitôt, se précipite, et laisse le fiel de bœuf parfaitement purifié et incolore. Si l'on désire l'avoir parfaitement limpide, on peut le verser à la fin sur un filtre de papier joseph.

» Cette préparation s'éclaircit en vieillissant; elle ne dégage jamais d'odeur désagréable, et ne perd aucune de ses qualités utiles. »

Propriétés du fiel de bœuf purifié.

Outre les avantages que nous venons d'indiquer, le fiel de bœuf purifié possède celui de se combiner très facilement avec les couleurs, et de leur donner plus de solidité, soit lorsqu'il est mêlé avec elles, soit lorsqu'on le passe sur le papier après que les couleurs ont été appliquées. Il augmente l'éclat et la durée de l'outremer, du carmin, du vert, et généralement de toutes les couleurs fines, et contribue à ce qu'elles s'étendent plus facilement sur le papier, l'ivoire, etc.

Combiné par la gomme arabique, il épaissit les couleurs sans leur communiquer néanmoins un vernis désagréable; il empêche la gomme de se gercer, et fixe tellement les couleurs, qu'on peut appliquer dessus d'autres nuances, sans qu'elles se combinent avec les premières.

Mêlé avec du noir de fumée et de l'eau gommée, on en obtient une couleur qui peut remplacer l'encre de la Chine.

Lorsqu'on place le fiel de bœuf sur des dessins faits au crayon ou à la plombagine, les traits ne s'effacent plus, et l'on peut ensuite les enluminer avec des couleurs dans la préparation desquelles il est entré une petite quantité de cette liqueur.

Les peintres en miniature trouvent un grand avantage à l'employer; en la passant sur l'ivoire, elle lui enlève complètement la matière onctueuse dont la surface est chargée; mêlée avec les couleurs, elle les rend propres à s'étendre plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

facilement et à s'y fixer si solidement, qu'on dirait qu'elle les fait pénétrer dans l'ivoire.

On s'en sert aussi pour les transparens. On la passe sur le papier verni ou huilé, qu'on laisse sécher ensuite; les couleurs préparées avec un peu de fiel de bœuf, s'y appliquent très également, et résistent à tous les moyens qu'on pourrait employer pour les enlever.

En un mot, les précieuses qualités de cette préparation la rendent également utile aux dessinateurs, aux peintres en miniature et à l'aquarelle, et pour les estampes gravées au lavis, et imprimées en couleur. Comme elle est parfaitement incolore, on peut la mêler sans inconvénient avec toutes les couleurs dont elle augmente l'éclat, et l'appliquer sur toutes sortes de matières.

Les excellentes qualités que nous lui avons reconnues pour enlever les taches graisseuses, nous ont engagé à en recommander l'usage au mot DÉGRAISSEUR, T. VI, page 400. Nous venons de recevoir à ce sujet une lettre d'un de nos amis pour qui nous avions purifié, il y a environ trois ans, un demi-litre de fiel de bœuf, par le procédé de M. Tomkins, et qui justifie les excellentes qualités de cette substance. Cet ami vient de faire un voyage de long cours dans l'intérêt des Sciences, et surtout de l'Histoire naturelle, et voici ce qu'il nous écrit : J'ai usé avec beaucoup de parcimonie le fiel de bœuf que vous m'avez préparé; il a parfaitement conservé tous mes dessins, tandis que d'autres que j'avais fait doubles exprès et sans fiel, ont entièrement disparu dans une traversée de 32 jours. Il m'a été très utile pour enlever des taches de graisse et d'huile qui ont disparu en un clin d'œil sans altérer les couleurs. J'en ai conservé une petite quantité que j'ai rapportée; il est aussi beau, aussi diaphane, aussi bon que le premier jour; il ne s'est point épaissi, et n'a pas la plus légère odeur. Je ne connais pas de substance plus utile dans tous les cas où on l'emploie.

L.

FIFRE. Instrument à vent qu'on joue comme une FLUTE. (*V.* ce mot.)

FR.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FIGUE, FIGUIER, FIGUERIE (*Agriculture*). Le figuier est, ainsi que l'olivier et la vigne, l'objet de grandes cultures dans les contrées méridionales, parce que les figues sont une partie essentielle de la nourriture des habitans, et sont la matière d'un commerce assez étendu. L'Égypte, la Syrie, les îles de l'Archipel, l'Italie, les côtes d'Afrique et de la Provence, etc., en font d'abondantes récoltes. On sait que ce fruit consiste en une bourse en forme de poire, contenant une multitude de petites fleurs, dont la plupart ont chacune leur graine et sont charnues et succulentes. Nous laisserons au naturaliste le soin de caractériser cette production singulière, et d'en indiquer les principales espèces et variétés. Nous nous bornerons à traiter ici de la manière de cultiver le figuier, et d'en récolter et conserver les fruits.

Quoiqu'on puisse semer les graines de figuier, on préfère à ce procédé incertain de multiplication, les plants enracinés, les marcottes et les boutures. On trouve souvent des rejetons qui partent des racines, et qu'il faut enlever pour ne pas laisser l'arbre s'épuiser : ces plants enracinés donnent du fruit à l'âge de cinq à six ans. Pour faire des marcottes, on couche en terre, au printemps, les pousses inférieures qui ont deux ou trois ans : elles ne tardent pas à prendre racines, et l'année suivante on peut les sevrer et les transplanter. Quant aux boutures, on coupe des rameaux d'un pied de long ; on les enterre dans un sol humide et consistant, placé sous l'ombrage ; l'année suivante on peut transplanter les brins qui ont pris racine. Comme le bois de figuier est tendre et moelleux, on préfère les branches qui ont deux ou trois ans, contre les usages suivis pour toute autre espèce d'arbres à marcotter, parce que sans cela le bois du figuier ne serait pas assez formé et pourrirait.

On a soin d'enlever les fruits qui viennent avant quatre ou cinq ans, pour ne pas épuiser la vigueur des jets.

On se sert rarement de la GREFFE ; celle dite en *sifflet* est alors préférée : on peut aussi, avec des soins, greffer en *écusson*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le figuier aime les terres légères et voisines des lieux humides ; mais on le cultive de préférence dans les sols arides et chauds, parce que les fruits ont plus de saveur. On est, dans ce cas, exposé à voir la sécheresse attaquer les figues et perdre la récolte. Cet arbre craint le froid, et ne veut pas être taillé : le suc âcre et laiteux qui découle des plaies est une cause d'affaiblissement, outre que l'air et l'eau, en s'insinuant dans les moelles, font ordinairement périr la partie amputée.

Pour faire une *figuerie*, on choisit un terrain dans une exposition convenable, on le défonce à 2 ou 3 pieds de profondeur ; on le fume, et l'on y dispose des boutures ou plants enracinés en QUINCONCE, à 12 ou 15 pieds de distance, plus ou moins. On est dans l'usage d'y transporter une tige de figuier sauvageon qu'on appelle *un figuier mâle* ; c'est une opinion reçue que, sans ce pied d'arbre, les autres seraient stériles. Nous ne nous arrêterons pas à combattre un préjugé aussi ridicule, puisque chaque figue contient, outre une multitude de fleurs femelles, quelques fleurs mâles, placées près de l'œil, qui suffiraient à la fécondation si cette opération était nécessaire : mais on n'attend pas qu'elle ait lieu, et l'on a soin de cueillir le fruit avant l'époque où il s'ouvrirait pour être fécondé. Ces amas de fleurs charnues constituent, par leur masse, le fruit qu'on récolte, avant que la graine de chacune ait reçu l'influence fécondante des organes mâles.

Au bout de deux étés après la plantation, durant l'hiver, on coupe toutes les tiges au ras de terre, pour que les racines poussent des jets vigoureux, ou du moins on enlève les branches inutiles : on façonne ensuite le figuier en buisson ; toujours avec la précaution de couper son bois le moins souvent possible, ainsi que nous l'avons déjà dit. On n'aime pas laisser à l'arbre le pouvoir de beaucoup s'élever, parce que la cueille devient moins facile : il est cependant des localités où les figuiers sont hauts de 30 pieds ; les branches inférieures sont ôtées, et l'on cultive la terre sous leur ombrage. Dans les premières années, quelques labours, et même, s'il se peut, des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

arrosemens, sont fort utiles. On peut, entre les tiges, faire diverses cultures, jusqu'à ce que les branches se touchent : ce procédé donne plus d'activité à la croissance, indemnise d'une partie des frais, et empêche le sol d'être desséché par la chaleur. Quand la figuerie est en rapport, on se contente de quelques labours de cinq ans en cinq ans, et d'un peu de fumier consommé : mais on sent qu'il est fort utile de rapprocher ces opérations.

Au printemps, on récolte les *figues-fleurs ;* c'est ainsi qu'on nomme ces fruits précoces : à l'automne, viennent les figues, qui sont dans le Midi l'objet principal de la culture, parce que cette récolte est la plus abondante, et qu'elle se conserve mieux, n'ayant pas à subir la chaleur de l'été. Cette dernière récolte est nulle dans les contrées septentrionales, qui ne réussissent à faire croître le figuier que par artifice, comme nous le dirons bientôt. Les figues sont, dans certains pays, aussi précieuses que les raisins et les olives ; on attend qu'elles soient mûres avec excès, et même fanées, pour qu'elles soient plus sucrées : la cueille se fait chaque jour, en passant en revue tous les pieds.

On expose les figues aux ardeurs du soleil sur des claies ; on les aplatit et on les retourne souvent, pour en opérer la complète dessiccation ; on les rentre la nuit et durant les temps humides et couverts. Lorsque la saison ne se prête pas à cette opération, on est réduit à la nécessité de mettre les claies dans le four un peu échauffé ; mais ce procédé est plus coûteux, et ôte au fruit beaucoup de valeur. Le commerce préfère les figues blanches aux violettes ; il les fait passer dans toutes les parties du monde, entassées dans de petites corbeilles, lit par lit, entremêlées de feuilles de laurier ou de longues pailles : quelquefois on en fait des sachées. La récolte dure ordinairement tout le mois de septembre. La figue, surtout desséchée, est un fruit très sain et fort agréable ; elle se présente, en hiver, sur les tables, réunie avec les noisettes, les amandes et les raisins, sous le nom de *quatre-mendians ;* mais elle est bien plus agréable à manger fraîche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le figuier, quoique produisant des fruits moins savoureux dans les contrées voisines de Paris, y est cependant cultivé, et même donne un assez bon produit. Il lui faut une exposition chaude, près d'un mur qui l'abrite des vents de bise et d'ouest, et qui lui rende la chaleur du soleil. On le tient en buisson de 4 à 6 pieds; vers le mois de décembre, on entoure ses branches de paille qu'on lie en fagot, afin de garantir les pousses de la gelée. On butte de la terre à son pied, et même on enterre les rameaux inférieurs. Si l'hiver est sec et froid, ceux-ci résistent mieux que les autres; et s'il est humide, les branches empaillées reproduisent celles qui, ayant été enterrées, se sont pourries. On conçoit que les figues provenues de ces arbres, mûrissent mal sous la froide température de nos nuits, ou du moins ont peu de sucre; d'ailleurs, les étés froids ne permettent pas au bois lui-même d'acquérir la maturité qui ferait l'espoir de l'année suivante. Quand on débarrasse les branches de leurs enveloppes, il faut le faire peu à peu et avec précaution, parce qu'elles sont extrêmement sensibles au froid et au soleil.

Dans le Levant, on est persuadé que la *caprification* hâte la maturité des figues d'automne : on nomme ainsi un procédé qui consiste à placer sur les arbres des figues précoces qui ont été piquées par un insecte (*diplolepis*). Cet usage, universellement reçu, est fondé sur ce fait bien reconnu, qu'un fruit attaqué mûrit plus vite : mais il est visible qu'outre que cette précaution est inutile pour obtenir la maturité, qui se fait parfaitement dans tous les lieux où la caprification n'est pas admise, c'est un étrange moyen d'y arriver que d'abandonner les fruits aux attaques d'un insecte qui les altère plus ou moins. Ainsi, l'on doit regarder cet usage comme un préjugé.

Le bois du figuier est tendre et léger; les ouvriers en fer s'en servent pour recevoir l'émeril et l'huile dont ils frottent leurs ouvrages pour les polir. Desséché, ce bois acquiert beaucoup de force; on fait, de ses gros troncs, des vis de pressoir. Il existe à Gênes des fabriques de tasses et de divers vases de bois de figuier qu'on a laissé long-temps baigner dans un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vernis chaud de gomme laque, tenant du noir d'ivoire en dissolution. Ces tasses sont fort légères, et, quoique d'un bois très mince, laissent si peu passer la chaleur, qu'on peut les tenir à la main remplies de liqueur bouillante. FR.

FIL, FILAGE, FILATEUR, FILATURE. Nous comprenons dans cet article, l'art de filer toutes les matières filamenteuses. Ainsi, nous allons expliquer, le plus brièvement possible, et autant que nous le permet un article de Dictionnaire technologique, les divers modes employés pour filer le CHANVRE ou le LIN, la LAINE, le COTON et la SOIE, dont la contexture et les propriétés physiques diffèrent essentiellement. (*V.* ces mots.)

La fabrication des fils métalliques sera expliquée au mot TRÉFILERIE.

L'art de filer les fils à tissu et à coudre, remonte à la plus haute antiquité, du moins pour ce qui concerne le filage au fuseau. Beaucoup de nations réclament l'honneur de cette invention. Les Égyptiens l'attribuent à Isis; les Chinois à leur empereur Yao; les Lydiens à Arachné; les Grecs à Minerve; les Péruviens à Mamacella, femme de Manco-Capac, leur premier souverain; les écrivains grecs et romains l'attribuent à leurs nations, surtout le filage au moyen de broches, ainsi que l'art de filer la soie et d'en tisser les étoffes. Il convient d'observer que beaucoup d'écrivains de diverses nations, font honneur au beau sexe de la découverte de l'art de filer, ainsi que de l'art de tisser et de coudre. S'il n'en est pas l'inventeur, du moins est-il certain que les anciens regardaient ce travail comme appartenant exclusivement aux femmes, et comme indigne d'occuper les hommes. C'est sous les habits de femme qu'Hercule filait aux pieds d'Omphale. Nos opinions à cet égard ne ressemblent guère à celles des anciens. Nous ne regardons pas comme dignes de mépris, les hommes qui exercent le métier de filateur; mais aussi quelle énorme différence dans les résultats! Hercule, avec toute sa force, ne filait probablement qu'un fil, tandis qu'avec les machines inventées par les modernes, un homme en file jusqu'à 3 ou 400 à la fois.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quoi qu'il en soit, l'art de filer consiste, en général, à former un cylindre à base circulaire, plus ou moins gros ou fin, d'une longueur indéterminée, flexible en tous sens, avec les élémens ou brins très divisés d'une des matières filamenteuses dont nous avons parlé au commencement de cet article, qu'on distribue le plus également possible à côté et à la suite les uns des autres, en même temps qu'on les tortille ensemble pour en faire un faisceau continu. On peut faire ainsi, avec des brins d'une longueur finie et quelquefois très bornée, comme dans le cas de la laine et du coton, du cachemire, un fil d'une longueur infinie, qui a toute la force que comporte la somme des brins réunis et entrelacés ensemble par l'effet de la torsion. Sa grosseur ou son numéro se mesure par l'aire de la section perpendiculaire à la longueur de ce même fil : cette section diffère peu du cercle, et doit être, si le fil n'est pas défectueux, égale dans toute la longueur. On reconnaît qu'un fil est défectueux, quand, en comparant des longueurs égales, elles ont des poids différens. Un fil exactement cylindrique donne, pour des longueurs égales, des poids égaux. Les personnes habituées au commerce des fils, en reconnaissent les défauts à la simple vue.

L'examen d'un fil ne se borne pas à la forme ; on a encore égard, vu l'usage qu'on veut en faire, à sa couleur, à sa blancheur, à sa force. Cette dernière qualité du fil se mesure par le poids capable de le rompre. On a remarqué qu'un fil bien confectionné se casse sous le même poids, quelle que soit sa longueur.

On apprécie la finesse d'un fil au moyen d'une opération qu'on appelle *numérotage ;* il est différent pour chaque espèce de fil, c'est-à-dire qu'on ne numérote pas de la même manière les fils de chanvre, de laine, de coton, etc. ; mais, en général, on l'exprime par le rapport du poids à la longueur du fil contenu dans ce poids, une livre par exemple. Ainsi, on dit qu'un fil de telle espèce, est de tel numéro, quand, dans une livre, on compte tant de mètres ou d'aunes de fils. (*V. numérotage des fils.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons actuellement passer à l'explication du mode spécial employé au filage de chacune des quatre matières filamenteuses que nous avons mentionnées en tête de cet article. Nous commençons par le chanvre et le lin, matières indigènes que nos climats produisent en abondance et de bonne qualité, et que nos filateurs trouvent préparées dans le commerce. (*V.* CHANVRE, LIN, CÉRANSAGE et PEIGNAGE.)

Filage du chanvre et du lin. Ces deux substances ont tellement d'analogie, qu'on ne met aucune différence dans les moyens de les filer; cependant, le lin étant plus souple, et se prêtant mieux que le chanvre à une extrême division, se file plus facilement et à des numéros beaucoup plus élevés. C'est avec des fils de lin qu'on fabrique la dentelle, la toile connue dans le commerce sous le nom de *batiste*, et une infinité d'autres tissus plus ou moins fins. Le chanvre est plus particulièrement employé à fabriquer les cordages, les toiles à voile, les filets et autres tissus qui exigent de la force.

Les moyens de filage sont au nombre de quatre, savoir : au *fuseau*, au *rouet de la bonne femme*, au *rouet du cordier*, et aux *machines d'invention moderne*.

Filage au fuseau. Tout le monde connaît la manière de filer au fuseau; nous n'en dirons ici qu'un mot. La matière filamenteuse étant roulée et liée mollement autour d'une quenouille placée verticalement au côté de la fileuse, celle-ci emploie une de ses mains à tirer et à distribuer également les brins qui doivent composer le fil, et l'autre à faire tourner le fuseau sur lui-même, pour donner le tors convenable à ce même fil. L'aiguillée étant faite, c'est-à-dire le fuseau étant arrivé à terre, la fileuse l'envide autour de ce fuseau, et recommence comme précédemment; elle a soin, pour unir ce fil, de le mouiller soit avec sa salive, soit avec de l'eau contenue dans un petit gobelet de fer-blanc placé convenablement pour qu'elle puisse y tremper les doigts, l'index et le pouce de la main qui file.

La pointe du fuseau par laquelle on lui imprime le mouvement de rotation, est en fer; son extrémité est sillonnée en vis

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alongée, et se termine par un petit crochet, sous lequel passe et s'arrête le fil, où il éprouve un léger frottement qui suffit pour soutenir le fuseau en l'air.

Ce mode de filage n'est pas expéditif : aussi n'est-il plus pratiqué que par quelques vieilles femmes des montagnes, par des bergères ; mais il procure un très beau et très bon fil, qu'on emploie plus particulièrement à coudre. C'est au fuseau qu'on file le fil à dentelle, qui se vend depuis deux jusqu'à trois mille francs la livre.

Filage au rouet de la bonne femme. Il existe des rouets à filer de différentes formes ; ils ont tous une roue très légère, de 15 à 18 pouces de diamètre, qu'on fait tourner soit avec le pied, soit directement à la main. Cette roue met en mouvement, au moyen d'une ficelle ou d'une petite courroie, une broche horizontale garnie d'une petite poulie ou noix placée dans le plan vertical de la roue. Cette broche est simple, c'est-à-dire que le fil s'envide directement dessus par aiguillée, comme dans le cas du fuseau ; ou bien elle porte une bobine et des ailettes, comme les broches des machines à filer le coton par mouvement continu. Ces rouets sont si connus, que nous ne pensons pas qu'il soit utile d'en donner une plus longue explication. Néanmoins, nous allons décrire, avec figures, le rouet continu anglais de M. *Spence*, qui a un avantage marqué sur les nôtres, en ce que le fil se roule également sur toute la longueur de la bobine, à mesure que la fileuse le produit, et qu'elle n'a pas besoin de s'arrêter pour changer le fil d'*épinette*. (*V. Arts mécaniques*, Pl. 20, fig. 1 et 2). Il est dessiné sur une échelle d'un douzième : nous le tirons du Traité des machines à filer de M. Gray, publié à Édimbourg en 1819.

AB, plateau horizontal en bois, sur lequel sont fixés les deux montans C, D, E, F, qui portent vers leur milieu l'axe à manivelle PV de la roue GH, et vers leurs sommets la broche CD, qui tourne dans des oreilles de cuir.

I, poulie fixée sur la broche, dans le même plan vertical que la roue GH.

K, bobine placée librement sur la broche, dont une des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

têtes porte une gorge comme la poulie, mais d'un diamètre plus petit d'environ un quart. Une même corde les embrasse l'une et l'autre; et, d'après leur diamètre, la bobine tourne avec une vitesse d'un quart plus vite que la broche. On sent qu'on obtiendrait le même résultat par un mouvement retardé de la bobine, c'est-à-dire en donnant à sa poulie un diamètre plus grand que celui de la noix de la broche.

L, ailette qui a la faculté, tout en tournant avec la broche, de se mouvoir dans le sens de sa longueur, de manière à distribuer le fil sur toute la longueur de la bobine. A cet effet, le levier N articulant au point O, et embrassant à fourchette la tête de l'ailette, reçoit un mouvement de va-et-vient, au moyen de l'excentrique M attaché à une roue d'engrenage que mène la vis sans fin Q. Un ressort R tient toujours le levier N appliqué contre l'excentrique.

Les têtes de la broche et de l'ailette sont forées, et c'est par ce trou que le fil passe et arrive sur la bobine, où il s'enveloppe par l'effet de la différence de vitesse qui existe entre la broche et cette même bobine.

S est la pédale avec laquelle on fait tourner la roue.

T est la quenouille.

On a fait des rouets à deux broches conduites par la même corde. La fileuse y emploie ses deux mains; mais son attention étant partagée, elle ne produit plus un fil aussi égal que quand elle n'en forme qu'un à la fois. Il n'y a et ne peut y avoir aucun avantage dans cette combinaison, qu'un Romain a pourtant présentée, il y a deux ans, comme une invention très utile.

Filage au rouet du cordier. Nous avons, au mot CORDAGE, décrit ce mode de filage, qui ne s'applique qu'au fil de carret. Nous ajouterons seulement ici que le rouet continu que nous venons de décrire, construit sur des proportions beaucoup plus fortes, et donnant à la roue de la masse, pour qu'elle tienne lieu de volant, peut très bien servir à filer le fil de carret.

Filage aux machines d'invention moderne. Le succès ob-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tenu pour filer par mécanique le coton et la laine cardée, avait justement fait penser qu'il ne serait pas impossible d'obtenir le même résultat pour le chanvre et le lin. Un grand nombre de mécaniciens, nationaux et étrangers, et même beaucoup de personnes qui n'avaient aucune idée de la Mécanique, furent vivement excités à s'occuper de cet objet, par l'offre que Napoléon fit, en 1805, d'un million de récompense pour celui qui trouverait le meilleur système de machines à filer, à de hauts numéros, le chanvre et le lin. Beaucoup entrèrent en lice, et se livrèrent à des recherches et à des essais d'abord peu satisfaisans, mais qui le sont devenus par la suite. A la vérité, on n'est pas encore parvenu à filer les numéros très élevés qu'on semblait exiger pour avoir droit au prix, parce qu'en effet il y a des limites qu'on ne saurait dépasser. Il est certain, par exemple, qu'on ne saurait obtenir un fil très fin d'une matière qui ne serait pas très divisée. Un fil se compose nécessairement de plusieurs brins filamenteux; on ne peut donc pas avoir un fil aussi fin qu'un de ces brins. Nous avons fait remarquer que le chanvre se prêtait peu à une extrême division, du moins tous les moyens employés jusqu'à présent l'ont prouvé; mais il n'en est pas de même du lin; le fil à dentelle qu'on fait avec cette matière filamenteuse nous le démontre. Il n'est pas comme le coton, la laine, la soie, naturellement fin; sa division est le produit de l'art: c'est donc cet art qu'il faudra découvrir avant qu'on puisse le filer extrêmement fin (1).

Le projet qui parut le plus approcher du but, fut celui de

(1) On sait que le moyen employé en Flandre pour diviser et adoucir le lin destiné à faire le fil de dentelle, est de le rouler en petites masses quand il est bien sec, et de le battre pendant quelque temps sur un billot de bois, avec une batte également de bois. On annonce qu'un moyen très efficace d'opérer cette division à un très haut degré, sans affaiblir la force de la matière filamenteuse, est de l'exposer à l'action vive et répétée de deux brosses dures, en soies de sanglier, qu'un agent mécanique fait agir l'une sur l'autre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Girard frères, qui, depuis, ont quitté leur patrie pour aller s'établir en Autriche. Leurs peignes continus, modifiés de beaucoup de manières, agissant entre deux paires de laminoirs étireurs, forment la base sur laquelle repose le filage du chanvre et du lin à toute longueur. On a renoncé à l'idée de découper ces matières filamenteuses à la longueur du coton ou de la laine, pour les traiter ensuite comme ces matières. On a senti le ridicule d'un pareil procédé, qui ôte au chanvre et au lin un de leurs plus grands avantages, la force; car le tortillement, dont l'objet est de lier successivement les filamens en un seul faisceau, et de les rendre ainsi solidaires les uns des autres, sera bien plus efficace sur des brins d'une certaine longueur que sur des courts, surtout quand il s'agit d'une matière lisse, comme l'est en effet le lin et même le chanvre.

Dans tous les systèmes de filage à la mécanique, une des choses les plus importantes est d'obtenir une mèche de grosseur uniforme, peu tordue, dans laquelle tous les brins soient amenés à une direction parallèle entre eux. On arrive à ce résultat de diverses manières; c'est ce qui constitue les différens systèmes en usage aujourd'hui.

Les machines à filer le lin se composent :

1°. Ou d'un tambour étaleur, ou d'un système de peigne continu, ou de ces deux machines jointes ensemble;

2°. Des machines à doubler et à étirer le ruban;

3°. D'un boudinoir;

4°. D'un bobinoir;

5°. Des machines à filer en fin.

Les peignons de chanvre ou de lin destinés à être filés à la mécanique, doivent être du même poids : le peigneur est muni, à cet effet, d'une balance sur laquelle il les pose tous avant de les livrer au fileur; celui-ci les prend et les place à la suite les uns des autres, en les faisant un peu chevaucher dans l'auge *a* du *tambour étaleur*, Pl. 20, fig. 3. Cette auge précède un laminoir *b* à trois cylindres inférieurs et deux de pression, en bois, ayant tous le même diamètre (3 pouces) et la même vi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tesse. De là la matière filamenteuse descendant le long du plan incliné *c* qui est recouvert de fer-blanc, se rend dans le laminoir *d*, dont le dernier cylindre fait pression en même temps contre la surface extérieure du tambour *e*, auquel il donne le mouvement dans le sens indiqué par la direction d'une flèche. Des roues d'engrenage établissent les relations de vitesse entre les cylindres de devant et de derrière, de manière que le laminoir *d* tourne trois ou quatre fois plus vite que le laminoir *b*. Il en résulte que les peignons sont alongés dans la même proportion, et viennent, sous forme de ruban, s'appliquer sur le contour du tambour *e*, où les petits cylindres de pression *f* le maintiennent.

On a ainsi un premier ruban d'une grosseur irrégulière, mais dont la longueur et le poids sont constans. Le tambour a assez de longueur, 20 à 24 pouces, pour recevoir quatre rubans à la fois. Lorsqu'ils sont finis, on les rompt près de la lisière qui en fixe le bout, et on les introduit dans des pots de fer-blanc, pour être portés aux machines à étirer.

Peigne continu. Ces peignes ont été modifiés de plusieurs manières, mais on a conservé l'idée première qu'on doit, je crois, à feu M. de la Fontaine ou à MM. Girard. Des aiguilles plus ou moins fines, plus ou moins rapprochées les unes des autres (elles sont grosses et espacées d'environ 4 lignes dans le peigne à dégrossir), sont fixées avec du plomb sur une seule rangée, et ces peignes sont à leur tour fixés sur la circonférence d'un cylindre parallèlement à l'axe, ou bien sont disposés de manière à circuler comme une toile sans fin. Les premiers étant plus faciles à construire que les seconds, sont généralement préférés. Nous les prendrons également pour servir à notre démonstration. (*V.* Pl. 20, fig. 4.)

Ce peigne continu, ou, si l'on veut, ce hérisson circulaire qu'on voit en A, dont nous expliquerons le travail tout à l'heure, est placé entre les laminoirs doubles B et le laminoir triple C. Sa vitesse est moyenne entre ces laminoirs, c'est-à-dire que la vitesse des laminoirs délivreurs B étant 1, et celle des laminoirs retireurs C, 3, celle du hérisson A sera 2. Les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peignons étant placés devant les cylindres délivreurs dans une auge D, le plus régulièrement possible, sont amenés au peigne par les cylindres B, d'où les cylindres C les retirent sous forme de ruban, en les alongeant trois fois. Ce ruban, dont la régularité dépend de celle qu'on met à alimenter la machine, passe dans l'entonnoir E et ensuite dans le laminoir F, dont l'excès de vitesse sur les cylindres C n'est que très peu de chose. De là le ruban tombe dans un pot de fer-blanc G.

Mais il est évident qu'au lieu de faire tomber ce ruban dans des pots de fer-blanc, on peut le faire envelopper sur le contour d'un tambour étaleur, et avoir ainsi un ruban rendu beaucoup plus régulier par l'effet de la compensation.

Les filamens du chanvre ou du lin sont dégagés des dents du peigne, au moyen de petites barrettes *a* en bois, placées entre chaque rangée des dents *b*. Ces barrettes y sont maintenues par des broches *c* à tête, qui leur permettent de se mouvoir dans le sens du rayon, de manière que leurs surfaces extérieures dépassent l'extrémité des dents du peigne. Ce mouvement excentrique des barrettes est occasionné, soit par deux lames placées convenablement de côté et d'autre du tambour, ou de la chaîne de peignes, soit par des rainures excentriques portées par le bâti, dans lesquelles les bouts des barrettes qui dépassent le tambour, ou la chaîne, viennent successivement s'engager, immédiatement au-dessus de l'axe du tambour, et les conduisant toujours en les éloignant du centre, jusqu'en K, point où la nappe de filament prend sa direction vers le laminoir C; là les barrettes, abandonnées à elles-mêmes, tombent contre la tête des broches *c*, où elles restent pendant qu'elles font partie de la demi-circonférence inférieure du tambour; mais elles reviennent contre la surface de celui-ci aussitôt que le mouvement les ramène à la partie supérieure, où les dents des peignes ont et doivent avoir toute leur saillie.

M. Lagorsay, un de nos plus habiles constructeurs de métiers à filer le lin, établit ses peignes continus avec des chaînes sans fin composées de maillons en cuivre ayant la forme de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

voussoirs, dont la coupe est telle que le dessus et le dessous de cette chaîne ont une courbure elliptique, que deux cylindres cannelés placés aux deux extrémités du grand axe de l'ellipse, font circuler. Ces maillons, dont la hauteur est d'environ un pouce, portent un trou alongé vis-à-vis la rangée des dents, dans lequel trou une barrette double mise à cheval sur les dents, se meut. Deux plans inclinés fixes d'une excentricité convenable, placés à droite et à gauche de la chaîne, soulèvent successivement les barres à mesure qu'elles arrivent du côté du premier laminoir, et font sortir les filamens des dents du peigne.

Il y a long-temps, c'est en 1817, que j'ai fait construire moi-même un peigne à cérancer continu, à la suite d'une broie mécanique, où je faisais sortir la matière filamenteuse des dents du peigne, d'une manière analogue. Mon moyen est même plus facile à exécuter, puisque c'est un cercle dont le centre ne coïncide pas avec celui du tambour porte-peigne. Des vis de rappelle permettent de le fixer convenablement pour la saillie, et la disparition des dents au point où cela est nécessaire.

Étirage et doublage. Cette opération, qui a pour objet de rendre le ruban parfaitement égal de grosseur partout, et les filamens parallèles entre eux, se fait à des peignes continus semblables à celui que nous venons de décrire, mais dont les dents sont plus fines, plus rapprochées, et qui ont moins de saillie. On étire ordinairement quatre fois, et chaque tête d'étirage alonge le ruban de quatre fois; de sorte que si l'on faisait passer quatre rubans à la fois, le ruban final serait aussi gros qu'un des rubans primitifs : mais ce n'est qu'à la première tête qu'on en fait passer quatre, et trois seulement aux suivantes; d'où il résulte que le ruban final, réduit à moitié de grosseur, se compose de $4 \times 3 \times 3 \times 3 = 108$ rubans élémentaires. Ce redoublement successif établit une compensation entre le fort et le faible, qui amène une égalité parfaite.

Le peigne continu, employé pour former le premier ruban, conjointement avec le tambour étaleur, ou la caisse à dents

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de Girard, donne un travail satisfaisant. Mais il paraît que l'étirage se fait tout aussi bien avec les laminoirs étireurs, sans peigne intermédiaire. Il arrive, par certaine température peu favorable au filage, que le passage si répété des filamens dans les dents du peigne, occasionne des boutons qu'on ne saurait plus défaire, et qui reparaissent au filage en fin. Mais lorsqu'on supprime le peigne, les cylindres laminoirs de derrière doivent être beaucoup plus rapprochés de ceux de devant, et être placés sur un plan incliné à près de 45°; les filamens sont soutenus dans l'intervalle par deux ou trois paires de rouleaux, ou par de petites gouttières bien lisses de fer-blanc.

Boudinage. Le ruban final que donne la dernière tête d'étirage, a besoin, pour être mis sur une bobine, d'une légère torsion. A cet effet, on en passe deux ou trois à la fois au *boudinoir.* Cette machine ne diffère des étirages avec ou sans peigne, qu'en ce que, au lieu du pot immobile G (fig. 4) pour recevoir le ruban sortant des étirages, on le reçoit dans une lanterne tournant sur elle-même avec une vitesse médiocre, comme pour le filage du coton. (*V. Boudinoir,* dans cet article.)

Ce boudin, d'un numéro donné, et qui est composé, suivant qu'on a mis devant le boudinoir deux ou trois rubans, de deux ou trois fois 108, c'est-à-dire de 216 ou 324 rubans primitifs, est mis sur des bobines au moyen d'une petite machine qu'on nomme *bobineuse;* elle consiste en un petit banc (fig. 5), qui porte trois ou quatre cylindres A, du diamètre de 6 pouces, sur autant de longueur; ils sont montés sur le même axe en fer, qu'on fait tourner avec une manivelle. Des poupées, qui servent de soutien aux cylindres, se prolongeant jusqu'en haut, reçoivent les bobines B, dont le corps pose sur le contour des cylindres, de manière que quand on tourne la manivelle, toutes les bobines tournent aussi par l'effet du simple frottement. La mèche ou boudin *c* s'enveloppe à mesure sur le corps de la bobine, ou des bobines s'il y en a plusieurs. L'ouvrière employée à ce travail pousse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et tire alternativement la tringle D, sur laquelle passe entre des chevilles, le boudin, pour le faire enrouler également sur toute la longueur du corps de la bobine. Ce mouvement de va-et-vient est limité à cette longueur. Il y a des bobineuses où ce va-et-vient est produit par la rotation même de l'axe des cylindres, au moyen d'un excentrique double.

Machines à filer en fin. Les gros numéros sont filés sans passer la mèche au boudinoir; la machine alors n'est autre chose qu'un étirage ordinaire à peigne continu, mais dont on mouille les cylindres du laminoir F (fig. 4 et 6), soit en plaçant une auge de fer-blanc pleine d'eau sous le cylindre inférieur, comme nous l'avons figuré en pointillé, soit en ayant au-dessus de la machine un réservoir qu'on entretient plein d'eau au moyen d'une pompe mue par la machine même, et qu'on fait tomber ensuite goutte à goutte sur le cylindre de pression F, vis-à-vis chaque fil (*V.* fig. 6). Le laminoir C, qui retire les filamens du peigne, est placé de manière à pouvoir faire varier sa distance au laminoir F. On sait que cette distance doit toujours excéder un peu la longueur moyenne des brins filamenteux; car, s'ils se trouvaient pris en même temps sous l'un et l'autre, les cylindres dans chaque laminoir étant très fortement pressés l'un contre l'autre, il faudrait de toute nécessité que ces filamens fussent ou rompus, ou arrachés, par la raison que le laminoir F a une vitesse quadruple, plus ou moins, du laminoir C. Le reste de ce métier est absolument construit comme les métiers continus à filer le coton, qu'on nomme *the throtsle.* (*V.* cet article.) Le fil, à sa sortie du laminoir F, est tortillé et enveloppé au fur et à mesure, sur la bobine G, dont on rend le mouvement plus ou moins dur au moyen du poids H, suspendu à une ficelle qui embrasse la tête inférieure de la bobine creusée en gorge de poulie à cet effet. Le frottement de cette ficelle dans la gorge angulaire, qu'on est maître d'ailleurs de faire varier, joint à celui qu'éprouve la rondelle de la bobine sur la pièce de bois K où elle pose, donne à la bobine la résistance nécessaire pour envider le fil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La bobine G, en même temps qu'elle a un mouvement retardé de rotation sur elle-même, pour envelopper le fil à mesure qu'il se forme, en a un autre de va-et-vient dans le sens vertical, le long de la broche I, pour le répartir également sur toute sa longueur. Ce dernier mouvement lui est donné par un excentrique double L, qui, en tournant lentement sur son axe, fait aller et venir le levier à bascule M, et par conséquent la pièce de bois K sur laquelle posent toutes les bobines.

N, est un tambour qui règne dans toute la longueur du métier, et qui imprime le mouvement de rotation qu'il reçoit lui-même du moteur général de la filature, aux broches, à l'aide de ficelles sans fin O en coton, aux laminoirs C, F, avec des engrenages, et à l'axe des excentriques L avec une vis sans fin.

Je ne figure ici que les principales dispositions du métier. La forme du bâti, qu'on fait ou en bois ou en fer fondu, celle des supports des cylindres, des engrenages qui transmettent le mouvement, etc., tout cela se conçoit aisément. Les relations de vitesse du laminoir fournisseur C au laminoir délivreur F et aux broches, dépendent de la finesse du fil. Nous avons déjà fait remarquer que pour les gros numéros de 20 à 30, l'étirage était ordinairement de quatre fois. La vitesse des broches est proportionnée non-seulement à celle du laminoir délivreur, mais encore au numéro du fil et à l'usage qu'on en veut faire ; car il doit être plus ou moins tordu, suivant qu'on le destine à faire la chaîne ou la trame d'un tissu. La règle sur ce point est qu'un fil rendu libre, ne doit pas former de vrille, c'est-à-dire se commettre lui-même.

Si dans la machine représentée fig. 4, le pot G est remplacé par une lanterne à pivot, tournant sur elle-même ; cette machine prend alors le nom de *boudinoir*. Le ruban se transforme en boudin ou mèche, qui a un léger degré de torsion : on le roule ensuite sur des bobines, à l'aide de la bobineuse représentée fig. 5. Si, au lieu de lanternes, on y met des broches à ailettes en tuyaux, comme pour filer la laine peignée, d'après la méthode anglaise, on économise le bobinage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La mèche, dans cet état, peut être filée en fin, à la machine continue (fig. 6), en plaçant les bobines qui en sont chargées, dans un cadre, derrière les cylindres délivreurs C; mais nous allons donner la description d'une autre machine qui paraît présenter quelques avantages sur la précédente. (*V.* fig. 7.) C'est toujours une machine dans le genre des continues, qui n'a qu'un rang de 48 broches; elle fait partie du système très ingénieux de M. Lagorsay.

A, Disques en cuivre, de 4 pouces de diamètre et 6 lignes d'épaisseur; ils sont fixés, de 4 pouces en 4 pouces, par leurs centres, sur un axe en fer qui règne dans toute la longueur du métier, et qui se prolonge à droite en dehors du bâti, pour recevoir les poulies de mouvement, et les roues d'engrenage qui le transmettent au laminoir de devant, aux broches et au va-et-vient. Le contour des disques A est simplement moleté et non cannelé.

B, Cylindres en bois, de 2 pouces de diamètre, accouplés deux à deux sur un même axe en fer (fig. 8); ils sont pressés contre les disques A, par le moyen ou de ressorts C, ou d'une romaine à levier angulaire D. Ce dernier moyen paraît préférable au premier. Tout ce système de laminoir est assujetti sur des supports à coulisses, qui donnent la faculté de le rapprocher plus ou moins du laminoir de devant E, qui est fixe.

Le cylindre inférieur de ce dernier laminoir, est formé de disques en cuivre, de 18 lignes de diamètre, placés dans les mêmes plans verticaux que les disques A, et fixés comme eux sur un axe qui règne dans toute la longueur du métier : leur contour est moleté de la même manière.

F, Cylindres en bois de pression, semblables aux cylindres B, mais d'un plus grand diamètre. La pression est exercée sur eux par des leviers à romaine G, de manière à être quatre fois plus forte que dans le laminoir de derrière, parce qu'en général, la pression doit être proportionnée à la vitesse des laminoirs.

H, Réservoir ou auge, qu'on remplit d'eau et qu'on fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tomber goutte à goutte, par de petits robinets, sur chaque fil.

I, Bobines chargées de mèches, placées sur deux rangs.

K, Broches à ailettes, disposées comme dans la fig. 6. Mais ici, elles sont mues par des tambours verticaux, semblables à ceux qui font mouvoir les broches dans les mule-jennys. (*V. Filage du coton par mule-jenny.*)

Le filage en fin, dans toutes les espèces de filatures, ne présente pas, à beaucoup près, autant de difficultés que les préparations. Lorsqu'on est parvenu à mettre les matières filamenteuses sous la forme de mèche ou de torons très réguliers, on est sûr d'obtenir, par les machines que nous venons de décrire, un fil parfaitement égal, d'un numéro proportionné à celui des préparations. Les peignes continus de Girard, modifiés et perfectionnés par d'autres constructeurs, qui affinent la matière et en amènent les filamens à être parallèles entre eux; le doublage et l'étirage successif des premiers rubans, apportent sans doute dans la formation de la mèche finale une grande régularité; mais elle ne peut et ne sera jamais mathématique. Le meilleur moyen est celui qui en approchera le plus. On ne peut pas se dissimuler qu'il y a encore quelque chose à désirer à cet égard. Nous croyons que les bancs à broches, introduits depuis peu, et avec tant de succès, dans les préparations du coton, en remplacement des boudinoirs et des machines à filer en gros, pourraient très bien s'appliquer aux opérations analogues de la filature du lin. C'est aux constructeurs à chercher la solution de ce problème. Les Anglais filent le chanvre et le lin sans peignes continus; ils forment le ruban par trois ou quatre doublages et étirages successifs, et ensuite la mèche dans des lanternes. Le filage en fin est comme ici.

Filage des étoupes. On sait que les étoupes sont le rebut ou le déchet du chanvre ou du lin au peignage; les filamens qui les composent sont de diverses longueurs, et très mêlés ensemble. Le fil qui en provient est d'une qualité très inférieure; on l'emploie à faire des toiles d'emballage, de tenture et autres tissus grossiers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les Anglais ont imaginé des machines pour filer les étoupes, que M. Gray a décrites, en 1819, dans un ouvrage que nous avons déjà cité, ayant pour titre : *A Treatise on spinning machinery*. Les ayant vues nous-même en activité, et produire un très bon effet dans une grande filature de lin à Leeds, dans le Yonkshire, nous allons en donner la description avec figures. Ici les machines ne sont pas nombreuses ; elles se bornent à deux, une carde et une machine à filer.

Cardes à étoupes. (*V.* Pl. 20, fig. 9, 10 et 11.)

La fig. 9 est le plan de la carde sans les rouleaux supérieurs.

La fig. 10 est l'élévation d'un des côtés, avec les rouleaux.

La fig. 11 est l'élévation du côté opposé, où l'on a mis un recouvrement qui enveloppe tous les rouleaux.

Les mêmes lettres désignent les mêmes pièces dans les trois figures.

ABCD, Bâti en fonte de fer, sur et dans lequel sont placés les roues et les cylindres qui composent cette machine.

E, Grand tambour garni de très fortes cardes, dont les dents sont faites avec des pinces à la main, et de fil de fer beaucoup plus fort que pour les cardes à laine.

F, Tambour de décharge, moitié moins gros que le précédent, revêtu des mêmes cardes en rubans.

GHI, Petits cylindres placés en rond au-dessus du grand tambour, et garnis comme lui de cardes à grosses dents. Cette disposition ressemble beaucoup à celle des drousses à laine grasse. Toutefois, il convient d'observer que les garnitures de carde forment trois planches séparées par des intervalles qu'on voit en KL (fig. 9), qui donnent naissance à trois nappes ou rubans M, ayant soin de faire cette même séparation au-devant de la carde et sur les cylindres nourrisseurs.

NO, Poulies de mouvement et de repos, que porte l'axe du gros tambour prolongé en dehors du bâti.

Le mouvement à tous les autres cylindres est donné par une suite de roues d'engrenage et de poulies à courroies, dont on voit très bien les dispositions dans les figures, de manière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'une plus longue explication ici serait superflue. Nous ferons seulement remarquer que les cylindres alimentaires sont armés de dents très rapprochées, qui livrent la matière au gros tambour ; que le cardage se fait entre la partie supérieure de ce tambour et les petits cylindres GHI, qui sont alternativement peignes et débourreurs, comme dans les cardes à laine ; que la nappe est retirée du tambour de décharge F par deux cylindres P superposés et pressés l'un contre l'autre, comme un laminoir ; que les trois nappes 1, 2, 3, sortant du laminoir, sont reçues dans des guides à entonnoir de fer-blanc, qui les dirigent dans les laminoirs Q, d'où la matière tombe en ruban dans des pots de fer-blanc R placés en dessous. Pour que ces rubans soient d'une grosseur uniforme, il faut que les charges devant la carde soient non-seulement du même poids, mais encore de la même étendue. C'est ce qu'on obtient au moyen d'une auge qui sert d'étendoir.

Machine à filer les étoupes. C'est un métier continu dans le genre du *throstle*, mais avec quelques dispositions particulières. (*V.* Pl. 20, fig. 12 à 17.) Nous ne représentons qu'un système de deux broches ; ces métiers en contiennent 12, 18, 24 et plus, absolument semblables.

Nous nous servons des mêmes lettres pour désigner les mêmes pièces dans toutes les figures.

Fig. 12, plan de la disposition inférieure du métier.

Fig. 13, 14 et 15, élévations de face et des deux bouts.

Fig. 16 et 17, plan des cylindres et vue de face du côté des broches.

ABCD, Bâti en fonte de fer. On sent qu'on pourrait le faire tout aussi bien en bois.

E, Axe horizontal, par lequel on donne le mouvement à toutes les parties mobiles du métier, soit par engrenage de roues dentées, soit par des poulies et des courroies.

F, Axes verticaux qui, au moyen des poulies horizontales G et de courroies, font mouvoir les broches H. Il y a un axe semblable pour chaque deux broches. La poulie G et la roue conique inférieure qui lui est unie, peuvent glisser le long

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'axe F, ce qui donne la faculté de suspendre leur mouvement à volonté, à l'aide des leviers I.

KK'K", Laminoirs auxquels les axes F donnent le mouvement par une suite de roues d'engrenage dont on voit la disposition dans les fig. 13, 14 et 15. Le laminoir du milieu (*V.* fig. 15) peut changer de place, s'approcher ou s'éloigner du laminoir K". Celui-ci, indépendamment du cylindre supérieur de pression, est encore pressé latéralement par un plus gros cylindre L, qui fait prendre aux fils une direction verticale vers les broches.

Le va-et-vient qui fait monter et descendre les bobines le long des broches, est produit par deux excentriques M (*V.* fig. 13 et 14), placés aux bouts du métier intérieurement au bâti. C'est une vis sans fin de l'axe horizontal E prolongé en dehors du bâti, qui, au moyen de l'axe N et des roues coniques O, fait mouvoir les excentriques M fixés sur l'axe P.

Les pots de fer-blanc Q pleins de ruban sortant de la carde, sont placés devant chaque laminoir. Ce ruban y monte en glissant dans des guides de fer-blanc R, qui le dirigent entre la première rangée de cylindres K légèrement pressés l'un contre l'autre. De là le ruban passe au deuxième, et ensuite au troisième laminoir, qui l'étirent quatre, cinq ou six fois, suivant le degré de finesse du fil qu'on veut avoir; mais les étoupes ne peuvent donner qu'un fil très grossier. On ne mouille pas.

Filage de la laine grasse ou cardée. Nous supposons que la laine se trouve dans le commerce toute préparée pour subir immédiatement l'opération du filage, c'est-à-dire qu'elle a été lavée, épluchée et triée. (*V.* ces mots, ainsi que LAINE.)

Je ne m'arrêterai pas à décrire en détail les divers modes employés pour filer la laine cardée, avant l'introduction en France, vers 1802, des machines à filer par mécanique. On sait que la laine se cardait à la main, et qu'on en formait des petits boudins de la longueur de 8 à 10 pouces, à l'aide des cardes mêmes. La fileuse prenait successivement ces boudins dans sa main gauche, et les présentait au bout de la broche

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simple et sans bobine d'un rouet, tandis que de l'autre elle imprimait un mouvement alternatif à la roue, tantôt pour tordre et former l'aiguillée, et tantôt pour l'envelopper sur la broche, ainsi que cela a lieu dans la *jeannette*, dont nous parlerons plus tard. Les doigts de la fileuse faisaient les fonctions des cylindres cannelés ou de la presse, qui lâchent successivement la quantité de boudin nécessaire pour former une aiguillée.

Nous ferons ici la même remarque que nous avons déjà faite à l'article DRAPERIE; c'est que pour toutes sortes de tissus, il faut deux sortes de fils, les uns pour la chaîne et les autres pour la trame; ceux-ci doivent être plus moelleux ou moins tordus que les premiers, afin de se mieux prêter à l'opération du tissage.

Battage et démêlage de la laine. D'après les procédés actuellement employés pour le filage de la laine cardée, la première opération est de la passer à la machine à ouvrir, qu'on nomme dans les fabriques DIABLE, LOUP. (*V.* DRAPERIE, 7^e^ volume, pages 188 et suivantes, où nous l'avons décrite.) Au sortir de cette première machine, on fait subir à la laine un second battage ou démêlage, accompagné de ventilation qui l'ouvre encore davantage, et qui la débarrasse de la poussière. Cette seconde machine n'est autre chose qu'un grand coffre en bois, dont le fond, de forme cylindrique, est garni de toile métallique. Un axe en bois traverse ce coffre par le milieu dans le sens longitudinal, et dans ce même axe sont implantés, transversalement, un grand nombre de morceaux de bois aussi longs que le permet l'intérieur du coffre. Donnant à ce hérisson un mouvement rapide de rotation, après avoir introduit la laine dans le coffre par un des côtés qui s'ouvre, elle s'y trouve parfaitement démêlée au bout de quelques instans.

Huilage de la laine. La laine, de quelque espèce qu'elle soit, a besoin, pour être cardée et filée, d'être huilée. A cet effet, au sortir de la dernière machine, on la pèse, et puis on la porte dans une caisse doublée de plomb ou de fer-blanc. Mettant dans un arrosoir de l'huile d'olive de médiocre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qualité, un poids égal au quart de la laine, on la répand sur celle-ci, et ensuite, à l'aide d'une fourche ou d'un râteau, on la remue jusqu'à ce que toute la masse de la laine en soit également imprégnée : alors elle prend le nom de *laine grasse*, qu'elle conserve dans toutes les opérations subséquentes du filage (1).

Droussage de la laine. C'est le nom qu'on donne au premier degré de cardage. (*V.* CARDE A LAINE.)

Carde en fin ou à loquettes. (*V.* ce mot.)

Filage en gros de la laine cardée. Les loquettes ou boudins provenant de la carde en fin, n'ont qu'une longueur très bornée, égale à la longueur du cylindre de décharge. Des enfans sont employés à les souder bout à bout, et à les placer dans des pots de fer-blanc, derrière la machine à filer en gros, ou en doux. Ces machines sont de plusieurs espèces, bien que le principe, dans toutes, soit le même. C'est toujours une longueur déterminée de boudin primitif qui doit former une aiguillée de fil ou de mèche d'une longueur également déterminée, six ou huit fois plus, suivant le numéro du fil ou de la mèche qu'on veut obtenir. Ordinairement, les gros fils destinés à la fabrication des draps communs, se trouvent faits par cette première opération; mais s'il s'agit de draps fins, on file le boudin en deux fois; on forme d'abord une mèche peu tordue, qu'une seconde machine analogue à la première réduit en fil. Ainsi, pour filer très gros, une seule machine qu'on nomme *jeannette*, suffit; mais il en faut deux pour filer fin; elles sont ordinairement de 48 à 60 broches, qu'une seule personne conduit. Il faut un ou deux enfans derrière la machine en gros, pour souder les boudins, et un autre auprès de la fileuse, pour rattacher les fils qui cassent. Dans la machine en fin, un seul rattacheur suffit.

Dans les jeannettes du système de Douglas, les broches sont

(1) Nous avons dit, au mot DRAPERIE, que la proportion d'huile n'était que la dixième ou douzième partie de la laine : c'est une erreur à corriger; il faut lire *un quart*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

portées par un chariot qui se meut comme dans les mule-jennys, mais que le fileur ou la fileuse pousse avec la main. Cockereill a rendu les broches fixes, et ce sont les autres parties du métier qui se meuvent (1).

Bellanger de Darnetal, près Rouen, a substitué des cylindres cannelés à la presse, pour fournir la mèche nécessaire à chaque aiguillée. Ce métier, dont la propriété était assurée à son auteur par un brevet d'invention, fut trouvé, par le jury de l'exposition de 1819, assez important pour mériter de sa part, non-seulement une mention honorable, mais encore la manifestation du désir de le voir adopté dans toutes nos fabriques. Le gouvernement approuva la proposition qui lui fut faite de l'acquérir, et d'en rendre l'usage libre. Beaucoup de fabricans ont, en effet, changé leurs jeannettes pour des métiers à la Bellanger.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire complètement le système fort ingénieux de James White, anglais, qui avait prétendu carder et filer en même temps la laine grasse, par une seule opération. Les essais qu'il fit, hôtel de Bretonvilliers, île Saint-Louis, à Paris, vers l'année 1808, avaient donné une idée très avantageuse de ce système; mais lorsqu'on voulut l'appliquer en grand, il n'eut point de succès, et attira à son auteur des désagrémens, qui lui firent prendre le parti de retourner à Manchester, sa ville natale. Ce système consistait à filer immédiatement les rubans étroits et continus que fournissait une carde garnie convenablement à cet effet.

Métier à filer en gros ou en doux. Ce métier est celui que James Hargreaves inventa en 1767, pour filer le coton, auquel il donna le nom de *spinning-jenny*, et que nous appelons simplement *jeannette*. (*V.* Pl. 22, fig. 1.) Nous n'en représentons que les dispositions principales dont nous avons besoin pour démontrer le principe de ce mode de filage, qui n'est plus appliqué aujourd'hui qu'à la laine grasse. Il est facile d'ima-

(1) C'est la première idée de James Hargreaves, inventeur de la jeannette. (*V. Filage du coton.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

giner le mécanisme supplémentaire au moyen duquel on imprime le mouvement au tambour des broches au chariot qui les porte, et à la presse qui serre et lâche le boudin à l'instant convenable.

AB représente une coupe verticale et transversale du chariot. On voit qu'il est porté par quatre roues *c*, deux à chaque bout; elles sont en métal et à gorge, pour rouler sur des barres de fer mince bien dressées, fixées sur la partie immobile du métier, parallèlement entre elles, dans les mêmes plans verticaux que les roues. Ce chariot doit être tout-à-la-fois solide et léger.

D, Broches du métier, au nombre de 48 à 80. On les fait ordinairement en acier, et on les tourne d'un bout à l'autre: elles sont placées dans un même plan, susceptible de s'incliner plus ou moins, au gré du fileur.

E, Tambour horizontal, qui transmet le mouvement aux broches à l'aide de ficelles sans fin, qui embrassent en même temps ce tambour et la noix des broches.

F, Pièce de bois maintenue dans le chariot par deux écroux, et qui porte les collets dans lesquels passe et tourne l'axe du tambour E; cela donne la faculté de tendre ou de lâcher les ficelles des broches.

G, Baguette portée en avant du chariot par des fourchettes, où elle tourne facilement, environ un quart de tour. Un fil de fer ou de cuivre passé par les extrémités des leviers H, fortement tendu et qui règne tout le long du métier, sert à faire envider tous les fils à la fois sur leurs broches respectives.

I, Tasseau en bois fixé sur la planche de recouvrement du chariot. Nous en verrons tout à l'heure l'usage.

K, Mâchoire inférieure et fixe de la presse.

L, Mâchoire supérieure et mobile de cette même presse. Elles ont l'une et l'autre toute la longueur du métier. On voit qu'elles ont des dents qui se chevauchent réciproquement, pour mieux tenir le boudin ou la mèche qui passe entre elles.

M, Tourniquet à levier qui, au moyen des pièces de fer à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charnière N, soulève la mâchoire supérieure L, au moment où le tasseau I du chariot vient à passer sous la roulette du tourniquet.

O, Laminoir en bois qui fournit le boudin au métier ; une toile sans fin embrasse le cylindre inférieur et circule sur la planche P, où des enfans soudent les boudins venant de la carde à loquettes.

Tout étant ainsi disposé, le fileur porte sa main droite sur la manivelle de la grande roue du métier que nous n'avons pas figurée, et la main gauche sur la baguette G du chariot ; il tire celui-ci, et l'éloigne de la presse qui est fermée. Alors chaque fil s'alonge d'une quantité égale à l'espace que le chariot parcourt, et cet alongement se fait avec la portion de loquette x que la presse a précédemment livrée. L'aiguillée finie et tordue, le fileur l'envide sur les broches, en ramenant le chariot vers et tout près de la presse. Le tasseau I en soulève la mâchoire supérieure, qu'un arrêt tient élevée, jusqu'à ce que le chariot, par un mouvement rétrograde, ait fait passer la quantité de boudin nécessaire pour former une nouvelle aiguillée. Dans ce moment, une détente fait partir l'arrêt, la presse se ferme, et le chariot continuant son mouvement rétrograde, achève son aiguillée comme tout à l'heure, ainsi de suite.

Étant maître de faire partir la détente à un point quelconque de la course du chariot, et par conséquent, d'avoir plus ou moins de boudin pour chaque aiguillée, qu'on fait toujours de la même longueur, on peut, de cette manière, régler le numéro du fil, si on le fait directement, ou de la mèche si on file en gros. Dans ce dernier cas, la torsion doit être fort peu de chose ; on n'en donne que la quantité nécessaire pour que la mèche se soutienne et ait assez de consistance pour supporter l'envidage sans se rompre.

Métier en fin. Ce métier est absolument le même que celui que nous venons de décrire, excepté qu'il est alimenté par de la mèche préparée à la machine en gros, qu'on place sur le derrière du métier, dans un cadre et sur des broches disposés à cet effet, comme on le voit en R dans le métier en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gros. Le laminoir O est supprimé et remplacé par une barre de bois, dans laquelle sont plantés des guides par où passent les mèches pour arriver dans la presse vis-à-vis les broches.

Métier de Bellanger pour filer en fin. (*V.* fig. 2, Pl. 22.) C'est un mule-jenny à un seul laminoir A, dont le cylindre inférieur est en fer et cannelé, comme pour le coton, et le cylindre supérieur en bois avec axe en fer. La pression a lieu par le moyen de ressorts B. Ce laminoir, par un mécanisme particulier que fait agir la grande roue du métier, délivre, à chaque voyage du chariot, la quantité de mèche nécessaire pour une aiguillée, ainsi que le fait la presse de la jeannette.

Le chariot CD est organisé comme ceux des mule-jennys; les broches E reçoivent leur mouvement des tambours verticaux F. Le fileur n'a pas à s'occuper ici de donner le mouvement rétrograde au chariot, pour former l'aiguillée. C'est le mouvement général du métier qui le lui donne, comme nous le verrons à l'article *Coton*. L'envidage se fait comme à la jeannette.

On a depuis long-temps ajouté un mécanisme aux jeannettes en fin, qui fait rétrograder également le chariot, même avec une vitesse uniformément retardée vers la fin de sa course; ce qui donne un fil plus égal. (*V. Filage de la laine peignée.*)

Filage de la laine peignée. Les étoffes qui doivent être feutrées, et qui forment l'article Draperie, sont fabriquées, comme nous l'avons vu, avec des fils de laine grasse et cardée; mais les flanelles, les étoffes rases, légères, non feutrées, connues dans le commerce sous le nom de *mérinos*, employées plus particulièrement à l'habillement des femmes, sont fabriquées avec des fils de laine peignée. (*V. Peignage de la laine.*) Ce filage s'exécute par des procédés qui diffèrent essentiellement de ceux qu'on emploie pour filer la laine grasse ou cardée. Le fil provenant de cette dernière sorte de laine n'a pas besoin d'être d'une égalité parfaite; mais il doit présenter une surface hérissée de poils qui garnissent et recouvrent le tissu, tandis que le fil de laine peignée doit être uni et formé de brins parallèles, ainsi que le fil de coton et de lin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au sortir de la main du peigneur, la laine se présente sous la forme d'un ruban d'environ un mètre de long, gros au milieu et effilé par les bouts. On leur donne, autant que possible, le même poids. C'est ce qu'on appelle un *peignon;* il ne contient que de la laine très pure, sans nœuds, sans ordures; ses filamens sont dirigés dans le sens de la longueur, mais imparfaitement.

Avant l'invention des machines modernes, au moyen desquelles on file aujourd'hui la laine peignée, machines que nous allons décrire le plus brièvement possible, mais avec assez de détail pour les faire comprendre par les gens de l'art, on la filait au rouet, de la même manière que le chanvre ou le lin, excepté qu'on ne mouillait pas le fil. Ce n'est, toutefois, qu'après de nombreuses tentatives, des essais dispendieux, qu'on est enfin parvenu à trouver, ainsi que pour le chanvre et le lin, et le coton, un système complet de machines, tant pour les préparations que pour le filage en fin.

La Société d'encouragement avait proposé, en 1807, un prix de 3000 fr. pour cet objet. Ce prix ne fut décerné qu'en 1815, à M. Dobo, de Paris, qui prouva que ses machines à filer la laine peignée avaient été mises en activité dès l'année 1811, à la manufacture de Bazancourt, près Reims, et à celle de Bonsecours, faubourg Saint-Antoine, à Paris. Depuis cette époque, d'autres mécaniciens, tels que MM. Declanlieux, Laurent, John Collier, etc., ont pris rang parmi les bons constructeurs de ces sortes de machines à Paris.

Les machines préparatoires sont au nombre de six, savoir: 1°. le défeutreur; 2°. le tambour en gros; 3°. le tambour en fin; 4°. la machine à réduire; 5°. la machine à réunir plusieurs rubans; 6°. le bobinoir ou filature en gros. Toutes ces machines ont pour objet de former un boudin d'une régularité parfaite, où tous les filamens de la laine se trouvent placés parallèlement entre eux. La machine à filer enfin n'est autre chose que le mule-jenny employé pour filer le coton, avec une légère modification, que nous ferons remarquer lorsque nous décrirons cette machine à l'article *Filage du coton.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les peignes continus, gradués de finesse à mesure que le travail avance, forment la base de la filature de la laine peignée, comme celle de la filature du chanvre et du lin. Ceux de Girard ont été employés, et le sont même encore par quelques filateurs, pour les premières préparations; mais aujourd'hui, il paraît qu'on préfère ceux de M. Vieville Declanlieux; étant doubles, leur travail est en effet plus efficace, et leur construction ne nous paraît pas devoir être aussi dispendieuse que celle des premiers. Il y a donc double raison de les préférer.

La fig. 3, Pl. 22, en représente la coupe verticale dans le sens de la longueur. Je n'y fais point figurer les axes, les roues d'engrenage, les poulies, les leviers de pression, et beaucoup de petites pièces accessoires, faciles à imaginer et à établir. Mon objet ici est particulièrement de démontrer le principe, sans entrer dans les détails de construction.

ABCD, Bâti sur lequel posent les machines, car il y en a ordinairement quatre absolument semblables à côté l'une de l'autre, dont la largeur est de 4 à 6 pouces.

E, Premier laminoir. Les cylindres sont en bois, et ont 3 pouces de diamètre; ils sont médiocrement pressés l'un sur l'autre. C'est le laminoir nourrisseur.

F, Peigne continu inférieur; il se meut dans le sens indiqué par la flèche *a*.

G, Peigne supérieur, tournant avec la même vitesse que le peigne inférieur, dans le sens de la flèche *b*. Il faut remarquer que les rangées de dents légèrement inclinées en avant, sont alternées de l'un à l'autre peigne; c'est-à-dire que la rangée de l'un correspond au milieu de deux rangées de l'autre. Nous en expliquerons plus loin la construction et le jeu.

H, Cylindres cannelés qui font circuler les peignes.

I, Contre-cylindres également cannelés. Les supports à fourchette dans lesquels ils tournent, sont fixés de manière à pouvoir tendre les peignes.

K, Petits cylindres de tension, pour faire prendre la direction convenable à chaque peigne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L, Deuxième laminoir, qui retire la laine des peignes. Les cylindres sont en bois, et portent 3 pouces de diamètre ; l'inférieur est entretenu net par une brosse ; c'est par son axe prolongé qu'on donne le mouvement à toute la machine. Le cylindre supérieur est à *papillon*, c'est-à-dire que son contour se recouvre successivement de petites feuilles de parchemin tenues par un de leurs bords avec de petites clefs, dans des cannelures pratiquées longitudinalement à la surface dudit cylindre. (*V.* fig. 4.) Ce même cylindre est fortement pressé sur l'inférieur par des romaines.

Le rapport de vitesse du premier au deuxième laminoir, est :: 1 : 4 ; la vitesse du peigne est moyenne géométrique entre ces deux nombres, c'est-à-dire 2. Une trop grande vitesse nouerait et feutrerait la laine. On ne leur fait parcourir que 4 à 6 pouces d'espace par seconde environ.

M, Lunette ou entonnoir en cuivre, à travers lequel passe le boudin sortant du deuxième laminoir.

N, Troisième laminoir, dont l'excès de vitesse sur le deuxième est fort peu de chose ; ils ont la même vitesse angulaire ; mais on donne aux cylindres du laminoir n° 3, un peu plus de diamètre.

Actuellement, je reviens à la construction des peignes, qui demande à être expliquée pour bien comprendre leur jeu. Nous avons vu que pour retirer les brins filamenteux des dents du peigne à lin, les petites barrettes placées entre chaque rangée sont poussées en dehors, dans l'endroit qui convient, par des plans ou ressorts excentriques qui leur font dépasser la pointe des dents. Ici le peigne est formé d'une suite de petites plaques rectangulaires de fer-blanc, unies les unes aux autres à charnière et à recouvrement à peu près à moitié, comme les ardoises d'un toit. (*V.* fig. 5 et 6, où je les ai représentées sur une échelle double.) Ces plaques sont découpées à un emporte-pièce, qui ménage aux quatre angles des petits disques, qu'on replie ensuite d'équerre, et qui servent à faire les charnons qui unissent les plaques les unes aux autres. Pendant que cette chaîne se meut en ligne droite, les dents ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soudées à la plaque inférieure, présentent toute leur saillie moins l'épaisseur de la plaque supérieure, qui, à cet endroit, est fendue ; mais à mesure que ces plaques arrivent sur les cylindres cannelés H (fig. 6), qui les font circuler, ces plaques, en raison de la convexité des cylindres, cessent d'être appliquées l'une sur l'autre. La partie *n*, percée à jour pour le passage des dents, s'éloigne et finit par dépasser les extrémités des dents *m*, et à en dégager les filamens que le laminoir n° 2 saisit de suite. De cette manière, chaque plaque fait la fonction de peigne et de barrette en même temps. On voit que les deux peignes supérieur et inférieur, cheminant parallèlement pendant quelque temps, et ayant leurs rangées de dents alternées et se croisant, font d'un seul coup un peignage double, sur les peignons, qu'on présente deux à deux au laminoir n° 1.

D'après les relations de vitesse que nous avons supposées aux laminoirs et aux peignes, le ruban sortant du dernier laminoir sera réduit à moitié de la grosseur du peignon primitif, puisqu'on en fournit deux de ces derniers à la fois.

Tambour en gros. Le ruban sortant du défeutreur, au lieu d'être reçu dans des pots de fer-blanc, est de suite dirigé vers un grand tambour de 6 pieds de diamètre, tournant sur son axe, et sur le contour duquel il s'enveloppe successivement sur lui-même, jusqu'à ce que toute la pesée, une livre, plus ou moins, mais toujours la même quantité, soit entièrement passée. Ce tambour est le même que celui dont nous avons donné la description à l'article *Filage du lin.*

Tambour en fin. Il est semblable au précédent; son objet est d'égaliser encore davantage le ruban, en le doublant, l'étirant et le repliant encore une fois sur lui-même. La machine à peigne, placée devant ce deuxième tambour, a des dents un peu plus fines et plus rapprochées que pour le défeutreur.

Machine à réduire ou étirage. Elle est construite comme le défeutreur ; mais ses peignes sont beaucoup plus fins, et l'étirage est plus considérable.

Machine à réunir. Le ruban sortant des étirages, étant déjà

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

très fin, il est nécessaire, pour le passer au boudinoir, d'en réunir plusieurs ensemble, six par exemple; et comme l'étirage à cette dernière machine n'est que de quatre fois, il s'ensuit que le ruban se fortifie. Les dents des peignes ici sont très fines et très rapprochées les unes des autres. La largeur des machines est aussi beaucoup moindre.

Boudinoir ou machine en gros. Toutes les opérations précédentes ont eu pour objet de former un ruban parfaitement égal; mais on ne peut pas le présenter aux machines à filer en fin sous cette forme; il faut qu'il soit roulé en boudin et enveloppé sur des bobines.

Le boudin n'est pas tordu et ne doit pas l'être; il est seulement roulé sur lui-même, afin de lui donner de la consistance en rapprochant les filamens les uns des autres.

A cet effet, une machine à peignes d'une grande finesse, mais plus étroits que dans les machines précédentes, est placée devant le boudinoir, que nous décrirons tout à l'heure. Il en existe de plusieurs sortes : M. Dobo en avait imaginé qu'on voit encore dans les fabriques organisées par lui. Ce sont deux espèces de bancs rembourrés, placés l'un sur l'autre, dont le supérieur a un mouvement de va-et-vient et de balancement dans le sens de sa longueur, qui les rapproche et les éloigne alternativement l'un de l'autre. Les rubans de laine venant du peigne et passant perpendiculairement entre ces deux coussins, y éprouvent un tortillement tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, qui, en résultat, ne donne point de torsion aux boudins, mais qui les arrondit et les resserre. Cette machine, à la suite de laquelle se trouve le bobinoir, est volumineuse et lourde à mener. Nous pensons qu'on n'en établit plus de cette manière; elle a d'ailleurs l'inconvénient d'arrêter la marche progressive des boudins, au moment où le coussin oscillant est le plus rapproché du coussin immobile. Le boudinoir qu'a adopté M. Vieville nous paraît bien préférable. Nous expliquerons aussi celui qu'a imaginé M. Lagorsay, pour boudiner la mèche dans la filature du lin, et qui nous paraît de nature à être employé pour la laine peignée. (*V.*, pour le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

premier boudinoir, Pl. 22, fig. 7 et 8, et pour le deuxième, fig. 9.

La fig. 7 est une coupe verticale suivant la ligne *ab*.

La fig. 8 est le plan d'un des quatre systèmes qui composent le boudinoir.

A, Cylindres en bois, qui ont des têtes ou rebords B comme des bobines; ils sont enveloppés l'un et l'autre par un manchon en cuir C, qu'ils font circuler avec une vitesse égale à celle du ruban D venant du peigne.

E, Cylindre également en bois, mais recouvert de cuir, placé au-dessus et vis-à-vis le milieu des deux cylindres A, qui reçoit en même temps deux mouvemens à la fois, l'un de rotation égale à celui du cuir C, et un autre très rapide de va-et-vient dans le sens de son axe. Il laisse entre lui et le cuir un intervalle un peu moindre que le diamètre du boudin. Je n'explique pas ici le mécanisme qui produit tous ces mouvemens; ce sont des roues d'engrenage combinées de manière à donner les vitesses convenables. Le mouvement de translation du cylindre E est produit, soit par un axe à manivelle et des leviers angulaires de renvoi, soit par une rainure ou des plans inclinés. Le boudin ainsi roulé à son passage entre le manchon de cuir C et le cylindre E, se rend au bobinoir F qui a, comme le cylindre E, deux mouvemens, l'un de rotation, pour faire envelopper le boudin sur la bobine G, et l'autre de va-et-vient, mais uniforme, pour répartir également le boudin sur toute la longueur du corps de la bobine.

La fig. 9 représente le boudinoir employé au lieu des lanternes, dans le filage du lin ou du chanvre; c'est un tube en cuivre, tournant sur deux collets en AB, par le moyen d'une ficelle ou cordelette sans fin, qui passe dans la gorge *cd*.

m, Est une petite poulie très libre sur son axe.

La mèche traversant ce tube passe sur la poulie *m*, et s'en va être roulée sur la broche à ailette d'une continue, ou par le moyen d'un bobinoir. Donnant à cet instrument une dimension convenable, je ne doute pas qu'on ne pût l'employer utilement au boudinage de la laine peignée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machine à filer en fin. Les bobines étant pleines de boudin au niveau de leurs têtes, sont apportées derrière les machines à filer en fin, qui ne sont autre chose que des mule-jennys pour filer le coton. (*V. Filage du coton à la mule-jennys.*) Il y a néanmoins une grande différence entre le rapport de vitesse des cylindres et des broches. Le fil de laine, à numéro égal, n'est pas à beaucoup près aussi tordu que le fil de coton.

Quand on veut filer très fin, aux numéros 80 à 100, on fait des mule-jennys à quatre laminoirs (*V.* fig. 10, Pl. 22), qui étirent jusqu'à 10 ou 12 fois. On ne presse que les laminoirs extrêmes AB, au moyen d'une selle C et d'une romaine D. Les laminoirs intermédiaires EF ont des vitesses moyennes entre les extrêmes. Les cylindres de pression de ces deux laminoirs sont en plomb et recouverts de peau; ils n'agissent que par leurs poids. Le cylindre de pression du laminoir A de devant est à *papillon*, c'est-à-dire recouvert de feuilles de parchemin, qui s'appliquent successivement sur son contour. Les distances respectives des laminoirs sont variables, afin de pouvoir les placer convenablement, suivant la longueur des brins filamenteux. On obtient un fil beaucoup plus égal en donnant au chariot un mouvement rétrograde retardé. Webber obtenait ce résultat en faisant envelopper la corde qui tire le chariot sur une fusée conique; John Collier l'obtient par une vis dont le pas diminue du commencement à la fin, et qui, en tournant uniformément sur elle-même, entraîne le chariot à l'aide d'un moutonnet qui entre dans le pas de la vis.

On file, aux machines que nous venons de décrire, non-seulement toute sorte de laine peignée, mais encore la laine de Cachemire, la bourre de soie mêlée à la laine, et tout autre mélange de matières filamenteuses peignées ensemble ou séparément.

Filage de la laine peignée en Angleterre. Les métiers dont les Anglais font usage pour filer la laine peignée, n'ont rien de compliqué.

Le premier métier, qui n'est que de deux broches (*V.* Pl. 22, fig. 11), se compose de deux laminoirs A, B, dont les deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindres inférieurs sont en fer et cannelés, et les supérieurs en bois revêtus de cuir comme pour la filature du coton. La pression s'exerce directement par des poids C, D et des crochets mis à cheval sur le milieu des axes des cylindres supérieurs. La relation de vitesse du laminoir A au laminoir B, est comme 1 : 2,5 ou :: 1 : 3, suivant la nature des laines. Le laminoir A est porté par un support mobile qui permet de l'approcher ou de l'écarter du laminoir B.

E, Cylindre armé de pointes, tournant très lentement sur son axe et livrant au laminoir A, dont la vitesse à la circonférence est triple, les peignons de laine placés dans l'auge F.

G, Broche à ailette en tuyau ouvert, pour la conduite du boudin sur la bobine. Cette broche tourne très lentement ; on ne donne au boudin qu'une torsion capable de le soutenir pour son envidage sur la bobine.

Le mouvement de va-et-vient de la bobine s'opère par les excentriques ordinaires qu'on connaît déjà.

Le deuxième métier est de quatre broches à ailettes en tuyau comme dans le premier métier (1) ; mais il se compose de trois laminoirs A,B,C (*V.* Pl. 22, fig. 12) ; les deux premiers sont portés par des supports mobiles qui permettent de les écarter plus ou moins entre eux, et du laminoir C, suivant la longueur des brins de laine. Le rapport de vitesse des deux laminoirs extrêmes A,C, est comme 1 : 4. Le laminoir du milieu B n'est là que pour maintenir le ruban ; sa vitesse est moyenne entre les laminoirs extrêmes. Le cylindre de pression est en plomb recouvert de peau, et n'agit que par son poids.

Les bobines pleines de boudins formés au premier métier, sont placées en D derrière le laminoir A, de manière que trois de ces boudins réunis viennent passer dans la lunette E, placée

(1) Nous voulons dire qu'une des branches de l'ailette est façonnée en tuyau presque fermé, laissant une fente d'environ 2 lignes dans toute la longueur par laquelle on introduit la mèche. Cette fente est sur la partie antérieure qui, dans le mouvement de rotation, frappe l'air; de sorte que la mèche étant ainsi protégée, ne se détourne pas de sa direction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vis-à-vis le milieu de ce laminoir. Ce métier contient quatre broches tournant, comme dans le premier, très lentement. Ne mettant que trois torons derrière et étirant quatre fois, il en résulte un boudin un peu plus fin que le premier.

La troisième machine est composée de la même manière; mais elle contient six broches.

La quatrième, qui est encore de même, en contient huit.

La cinquième en contient dix ; et comme cette suite de doublage et d'étirage donne à cette dernière machine une mèche déjà très fine, les bobines et les broches sont un tiers plus petites que dans les premières.

La sixième est la machine à filer en fin; elle est double, et porte de chaque côté cinquante broches. Les laminoirs sont au nombre de quatre; ils sont disposés comme dans la fig. 10, Pl. 22. Les deux extrêmes seuls sont pressés par des poids suspendus à des crochets, comme dans les machines précédentes. Les cylindres supérieurs des deux laminoirs du milieu sont en plomb, et ne pressent que par leurs poids. Le rapport de vitesse des cylindres extrêmes est ici de 6, 8, 10, suivant la finesse de la mèche et le numéro du fil qu'on veut obtenir. Il n'y a plus dans la filature en fin de doublage ; on met derrière la machine autant de bobines pleines venant de la cinquième, qu'il y a de broches, c'est-à-dire 100. Les ailettes des broches sont comme dans les métiers continus à coton.

En supposant qu'on mette toujours trois boudins derrière chaque machine à étirer, on voit que le boudin final ou le fil en fin, est composé de $3.3.3.3 = 81$ boudins primitifs.

Filage du coton. C'est de l'Orient, et particulièrement des Grandes-Indes, pays où le cotonnier est indigène, et où le climat demande un habillement léger et absorbant, que nous avons appris à faire usage du fil et des toiles de coton. Il nous semble curieux de rappeler ici les procédés que les Indiens emploient pour les fabriquer ; ils sont si simples, qu'il est permis de croire qu'on n'y a rien changé depuis leur invention ; mais, d'après les habitudes de ce pays, que les enfans embrassent nécessairement l'état du père, les ouvriers acquiè-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rent de bonne heure une adresse extrême, qui supplée à la perfection des instrumens; ceux-ci d'ailleurs sont si peu nombreux, qu'on peut, pour quelques pièces de monnaie, se les procurer tous. Il n'y a que le métier à tisser qui mérite le nom de *machine*.

C'est à la quenouille et au fuseau que les Indiens filent le coton, et cela avec une telle habileté, qu'il est impossible, même avec nos machines les plus perfectionnées, d'atteindre au même degré de finesse.

Leurs métiers à tisser se composent de quelques bâtons ou roseaux, que les tisserands emportent avec eux aux champs, où ils les montent à l'ombrage de quelques mangotiers ou tamariniers. Ils creusent sous ces arbres un trou assez profond pour contenir leurs jambes et la partie inférieure du métier; la châsse et les lisses sont attachées aux branches de l'arbre placées au-dessus de leurs têtes; deux étriers en corde, dans lesquels ils introduisent les orteils des pieds, tiennent lieu de pédales. La navette est une baguette de bois, dont la longueur excède un peu la largeur de la toile; le métier n'a pas d'ensouple; la chaîne traîne par terre dans toute sa longueur.

La supériorité des mousselines de l'Inde sur celles qu'on fabrique en Europe, avait fait supposer que les Indiens employaient des cotons d'une qualité supérieure à celle qu'on importe. C'est une erreur; ils n'ont même pas une qualité de coton qu'on puisse comparer à celui qu'on tire de la Géorgie en Amérique, que les Anglais nomment *best sea island*. La supériorité des mousselines de l'Inde est due à l'extrême adresse des ouvriers dans les moyens qu'ils emploient pour filer et pour tisser.

Les plus belles mousselines sont fabriquées à *Dacca*, dont le pays environnant produit le plus beau coton : mais ces marchandises, que les poëtes comparent à l'*air tissé*, doivent être plutôt considérées comme des articles de curiosité que de commerce; elles sont d'ailleurs exclusivement destinées aux usages des princes et des souverains du pays, qui entretiennent des agens dans chaque village ou bourgade, pour en surveiller

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et activer la fabrication. Les mousselines ordinaires se font dans toute la péninsule ; les toiles longues et fines dans la présidence de *Madras ;* les grossières à *Surate ;* les plus beaux calicots à *Mazulipatam,* et le linge de table d'une qualité supérieure à *Patua.*

Il paraît que c'est en Italie, dans les États de Venise, qu'on a commencé en Europe à fabriquer des toiles de coton ; c'est ensuite dans les Pays-Bas que cette fabrication prit un grand accroissement, d'où les protestans exilés la portèrent en Angleterre, vers le commencement du dix-septième siècle. On filait alors le coton non pas au fuseau, mais au rouet, comme la laine et le lin. Le fil qui en provenait n'était pas regardé comme capable de faire les chaînes des toiles ; il n'était employé que comme trame. C'est dans les environs de Bolton et de Manchester que cette fabrication s'était fixée et même beaucoup agrandie, sans cependant perfectionner ses moyens. Les fileurs et les tisserands résidaient dans des villages, à la campagne, où ils possédaient autour de leur petite maison, un petit terrain, un jardin potager, qui, avec le produit de leur travail qu'ils portaient toutes les semaines au marché de la ville, leur fournissaient le moyen d'entretenir leurs familles. A considérer philosophiquement cet état de choses, comparé à ce qu'il est aujourd'hui, on trouverait peut-être dans le premier, pour les ouvriers, une vie plus heureuse que dans le système actuel, qui les a forcés à quitter la campagne pour venir habiter les villes.

Ce fut vers l'année 1760 que *James Hargreaves*, fileur et tisserand à *Stanhill*, près *Church*, dans le *Lancashire*, homme sans éducation et même sans instruction, imagina une espèce de cardes qu'il nomma *stoch-cards*, cardes à bloc, parce que l'une d'elles était fixée sur un bloc, tandis que l'autre était mise en mouvement au moyen de cordes qui passaient sur des poulies. Un cardeur faisait ainsi le double d'ouvrage qu'avec les cardes à mains, dont il se servait auparavant.

Ce fut là le premier pas qui fut fait pour perfectionner les procédés du filage du coton ; mais cette première invention ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tarda pas à être remplacée par un autre moyen de carder infiniment plus avantageux ; je veux dire les cardes à cylindres. Le nom de l'inventeur de cette excellente machine est resté ignoré ; mais on sait très bien que le père de sir *Robert Peele*, ministre actuel de l'intérieur d'Angleterre, fut un des premiers à en faire usage, et que dans l'année 1762, avec l'assistance de James Hargreaves, qui demeurait dans le voisinage, il établit à Blackburn une carde de cette espèce ; elle ne différait pas beaucoup de celles qui sont en usage aujourd'hui ; elle n'avait pas le peigne qui détache le coton du cylindre de décharge. Cette opération était faite par des femmes, au moyen de cardes ordinaires à mains.

A peu près à cette même époque, un nommé *Kay*, de Bury, inventa la navette volante, qui a apporté une si grande amélioration dans les procédés du tissage. Nous consignons ici ce fait, que nous reproduirons avec plus de détail dans l'article NAVETTE.

Jusque-là on n'avait pas trouvé de meilleurs moyens de filer que le rouet à main ou à pédale, à un seul fil. Le coton cardé à la main était, à l'aide de ces mêmes cardes, roulé en petits boudins, que la fileuse présentait par un de ses bouts, à la pointe de la broche horizontale de son rouet, dirigée vers elle. Fixant quelques brins de ce coton sur la broche en même temps qu'elle imprimait un mouvement de rotation à la roue, et par conséquent à la broche, elle formait en éloignant sa main gauche, non pas dans la ligne de direction de la broche, mais suivant un angle d'environ 45°, une aiguillée de fil, qu'elle façonnait entre le pouce et l'index, en lâchant ou retenant convenablement la laine du coton. Le fil obtenu de cette manière était assez égal, et avait toute la solidité possible ; mais il était extrêmement barbu. Les toiles qu'on fabriquait avec présentaient une surface couverte de duvet cotonneux qu'on ne savait pas alors enlever, comme on le ferait très bien aujourd'hui si cela devenait nécessaire, soit par le tondage, soit par le grillage au fer rouge ou au gaz hydrogène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On estime qu'une fileuse au rouet pouvait filer une demi-livre de coton, au n° 35 à 40, par jour.

En 1767, le même James Hargreaves, dont nous avons déjà parlé, inventa *the spinning-jenny,* que nous nommons simplement *jeannette.* On dit que l'idée de cette invention lui vint en voyant un rouet à filer ordinaire, renversé par accident, s'éloigner de la fileuse à une assez grande distance, sans cesser de filer. Cette circonstance lui révéla sans doute qu'il pourrait rendre le point de filage fixe et changer la direction des broches, tout en leur donnant un mouvement de translation horizontale de va-et-vient, sans suspendre leur mouvement de rotation sur elles-mêmes. Mais ce fut probablement à d'autres observations qu'il dut l'idée de faire agir plusieurs broches à la fois. Quoi qu'il en soit, après plusieurs essais infructueux, il parvint à faire un métier de huit broches, qu'une courroie sans fin horizontale faisait tourner; il leur présentait autant de boudins de coton cardé, tenus entre deux morceaux de bois qu'il serrait avec ses deux mains, en faisant en même temps un mouvement rétrograde pour former les aiguillées de fil. Ce premier succès obtenu, il perfectionna très promptement sa jenny, à laquelle il fit produire un travail égal à celui de trente à quarante fileuses au rouet.

On comprit que cette innovation, qui augmentait le produit du travail de l'ouvrier dans une si forte proportion, ne manquerait pas de se propager. La population manufacturière, qui croyait alors que la quantité de produits devait rester stationnaire, et qui était loin de sentir que la consommation est toujours en raison du bas prix que les nouveaux procédés devaient amener, conçut de vives alarmes pour son existence future; elle s'insurgea et pénétra de force dans la maison de Hargreaves, où elle détruisit ses machines, croyant sans doute anéantir l'invention; mais celle-ci, véritable phénix qui renaît de ses cendres, se répandit de toutes parts dans le pays. Le peuple se souleva de nouveau, et détruisit encore non-seulement les jeannettes de Hargreaves, mais encore toutes les cardes qu'il trouva dans les divers éta-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

blissemens qui s'étaient déjà formés. L'inventeur, se voyant menacé dans sa personne et dans ses propriétés, quitta le pays; il alla s'établir à Nottingham, où il éleva une filature sous la protection de l'autorité. Son système se propagea, de sorte qu'en très peu de temps les rouets ordinaires ne furent plus employés que pour filer la chaîne des tissus, les jennys de Hargreaves ne pouvant faire que les fils à trames.

L'invention de Hargreaves, qu'on commençait à adopter malgré la résistance de la population ouvrière, se trouva tout-à-coup arrêtée et remplacée par l'invention bien autrement importante, du principe des machines à cylindres, par Arkwright (qu'on prononce *Arkrey*), qui vint se fixer également à Nottingham, vers cette même époque. Hargreaves en éprouva un tel chagrin, qu'il mourut quelques années après, dans la plus grande misère.

L'homme extraordinaire à qui l'on doit le filage aux laminoirs, naquit, en 1732, à Preston, dans le Lancashire, de parens pauvres; il était le cadet de treize enfans. Il exerça d'abord le métier de barbier de village, qui le fit subsister jusqu'à l'époque de 1768, où il mit au jour son admirable invention. Quoique son esprit en fût bien pénétré, il trouva une grande difficulté à se faire comprendre, à cause de son extrême ignorance dans les Arts mécaniques et dans l'art du Dessin. Ne trouvant personne qui voulût risquer les capitaux dont il avait besoin, sa découverte était à la veille d'être perdue pour le monde. Heureusement il eut assez de caractère pour ne pas se décourager. Son pays natal ne lui offrant point de ressource, et ayant d'ailleurs sous les yeux les désagrémens qu'avait éprouvés Hargreaves, il transporta, comme nous l'avons dit, son domicile à Nottingham, où il obtint de MM. Wrights, banquiers, les fonds nécessaires pour continuer ses expériences, à condition que si son plan réussissait, les bénéfices seraient partagés. Au bout d'un certain temps, ces banquiers trouvant que leurs avances montaient à une somme plus considérable qu'ils ne s'y étaient attendus, croyant du reste que cette invention n'aurait aucun succès en pratique, ils informè-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rent Arkwright que cette entreprise étant hors du cours ordinaire de leur commerce, ils seraient bien aises qu'un autre bailleur de fonds leur fût substitué, en leur remboursant leurs avances. Ils désignaient en même temps M. Need, de cette même ville, comme étant dans le cas de les remplacer, parce que ce particulier s'était engagé dans des entreprises de ce genre, et qu'il avait d'ailleurs les connaissances nécessaires pour les suivre.

M. Need entra volontiers dans cette affaire, mais à condition qu'elle serait soumise auparavant à l'examen de M. Strutt, de Derby, son associé dans le brevet pour la fabrication des bas. Arkwright se soumit à cette condition; il porta son modèle à M. Strutt; celui-ci, qui avait de grandes connaissances en Mécanique-pratique, aperçut d'un coup d'œil tout le mérite de l'invention d'Arkwright, à laquelle il ne manquait, pour être parfaite, que quelques roues d'engrenage, que l'inventeur, ignorant les premiers principes de Mécanique, n'avait pu y adapter. Il écrivit de suite à M. Need qu'il pouvait en toute sûreté terminer avec Arkwright.

Dans le printemps de 1769, Arkwright prit un brevet d'invention, auquel furent associés MM. Need et Strutt, pour le filage du coton par le moyen de cylindres. Il construisit un premier métier en grand à Nottingham, où il le fit travailler par un cheval ou une mule; mais, trouvant que ce moteur était trop dispendieux, il transporta, en 1771, son établissement à Cromfort, dans le Derbyshire, auquel l'eau donnait le mouvement.

En 1772, on lui contesta son brevet d'invention; mais il sortit triomphant de cette attaque. En 1775, il prit encore un brevet pour des additions et des perfectionnemens dans différentes parties de son système de filature. Ayant mêlé ses propres inventions avec quelques-unes qui appartenaient à d'autres, il fut déchu de son brevet en 1785, après dix ans de procès.

Nous allons maintenant donner l'explication des diverses machines inventées tant par Arkwright que par d'autres, no

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas dans l'ordre où elles furent connues du public, mais dans celui où on les emploie aujourd'hui dans les procédés de la filature du coton. Nous ne ferons pas mention de celles qui n'ont pas eu un succès durable.

Cette industrie étant moderne et d'invention anglaise, notre langue manque de mots propres à spécifier ces machines et leurs fonctions d'une manière précise ; aux mots que nous avons créés pour cela, je joins les mots anglais, qui sont bien plus expressifs. En voici la liste :

Moyens de préparation.	La machine à battre, Le batteur-éplucheur, Le batteur-étaleur	*The batting machine.*
	La carde en gros ou à nappe	*The carding machine.*
	La carde en fin	*Card finishing.*
	Têtes d'étirage	*Drawing Frame.*
	Boudinoir ou lanternes	*Roving Frame.*
	Bobinoir	
	Machine en gros ou en doux	
	Ces trois dernières machines sont remplacées aujourd'hui par les bancs à broches, gros et fin, dont nous parlerons.	
Filage en fin.	Mule-jenny de Crompton	*Crompton's mule-spinning.*
	Machine continue d'Arkwright	*Sir R. Arkwright's spinning Frame.*
	La machine continue à tambour horizontal	*The throstle.*
	Le dévidoir, le peson et la presse à paquet.	

Le coton en laine est tellement comprimé dans les balles, qu'il faut commencer par l'ouvrir et l'éparpiller grossièrement à la main, et ensuite le battre à la baguette, sur une claie en cordelettes bien tendues. Après cela, il est livré aux éplu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cheurs, qui ont soin d'en retirer toutes les ordures et d'ouvrir les nœuds durs qui pourraient s'y trouver encore. Celui qui est destiné à faire des numéros élevés, doit être battu et épluché avec la plus scrupuleuse attention.

Ce travail préparatoire du coton avant de le faire passer à la carderie, se fait actuellement, quand il s'agit de numéros peu élevés, jusqu'au numéro 100, par exemple, à des machines qu'on nomme *batteurs-éplucheurs* et *batteurs-étaleurs*. On en doit l'invention aux Anglais : c'est M. Dixon de Cernay qui nous les a importées.

Dans la première de ces machines, le coton, tel qu'il est déballé, est jeté par poignées sur une toile sans fin qui circule au-devant de deux cylindres alimentaires qui le présentent à l'action extrêmement vive d'un volant à deux battans, faisant 8 à 900 révolutions par minute, lequel volant, après avoir commencé à ouvrir le coton, le jette à son tour à un second batteur placé à la suite du premier, mais dont la vitesse est la moitié moindre. Le coton, dans ce trajet, se trouve déjà parfaitement ouvert et dépouillé de la poussière et des ordures qu'il pouvait contenir. Recueilli et pesé, il passe à la seconde machine, où il éprouve un second et dernier battage, après quoi, par l'effet d'un ventilateur qui produit une espèce de vide dans un cylindre de toile métallique, le coton va d'abord s'appliquer contre cette toile, et ensuite se rouler en nappe sur un cylindre fortement pressé sur un autre cylindre, qu'on nomme *retireur*.

Nous donnons une idée de la composition de ces batteurs par une coupe verticale dans le sens de la longueur. (*V.* Pl. 2, fig. 1 et 2.)

A, Toile sans fin qui circule dans le sens indiqué par des flèches, sur laquelle on jette le coton par poignées le plus régulièrement possible.

B, Cylindres alimentaires en fer et cannelés, fortement pressés l'un sur l'autre par des poids; ils saisissent le coton que leur amène la toile sans fin A, et le présentent au premier batteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C, Premier batteur tournant sur son axe dans le sens de la flèche, avec une vitesse de 8 à 900 tours par minute. La fig. 2 est le plan du volant.

D, Grillage en tringles de fer, de forme circulaire concentrique à l'axe du volant, placé au-dessous de celui-ci, à travers lequel s'échappent les ordures et une partie de la poussière qui tombent dans un coffre.

E, Autre grillage faisant suite au premier, mais dont les baguettes sont placées dans un sens perpendiculaire à la direction des premières.

F, Autre toile sans fin, qui remplit à l'égard du deuxième batteur la même fonction que la toile A du premier batteur.

G, Cheminée par où s'échappe une partie de la poussière qu'on conduit hors de l'atelier. Le bas *x* de cette cheminée est garni d'une toile métallique en cuivre, afin d'arrêter les flocons de coton que pourrait entraîner le courant d'air.

H, Deuxième batteur, disposé comme le premier, mais dont la vitesse est la moitié moindre.

I, Toile sans fin qui amène le coton hors de la machine en *y*, où il tombe sur un grillage en bois, incliné K, qu'on fait agiter dans le sens vertical, par les cames que porte à ses deux bouts le cylindre *y*.

Le coton ainsi ouvert et battu une première fois, est posé et étendu en nappe sur une toile à rouleau, qu'on place derrière le *batteur-étaleur* : on l'appelle ainsi, parce que le coton, après avoir passé encore à deux batteries successives, mais moins vives que dans le premier batteur, se trouve étalé, ou pour mieux dire roulé en nappe assez régulière sur un cylindre qu'on porte derrière la carde en gros.

Pour former régulièrement cette nappe, il fallait réunir les brins de coton extrêmement éparpillés par le dernier batteur. On a fait habilement usage pour cela d'un cylindre tournant lentement sur son axe, dont l'enveloppe est en toile métallique. Soutirant l'air de l'intérieur de ce cylindre, au moyen d'un ventilateur placé dans la cheminée par où s'échappe la poussière, il en résulte une espèce de vide, vers lequel tous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les brins épars de coton se précipitent et viennent, en s'appliquant sur la toile métallique, former la nappe, qui se roule ensuite sur un cylindre de pression (1).

Nous répétons que le coton travaillé de cette manière n'est destiné qu'à de gros numéros; celui qu'on doit filer fin, est battu à la baguette sur des claies, et ensuite épluché par des femmes et des enfans avec le plus grand soin.

Carde en gros ou à nappe. Le coton battu et épluché, soit à la main, soit aux machines, est apporté à la première carde. (*V.* ce mot.) Mais, pour ne pas interrompre la série des opérations, nous croyons devoir décrire ici les cardes, dont les bâtis sont en fer fondu, comme les bons constructeurs les font aujourd'hui. (*V.* Pl. 24, fig. 3.) C'est une coupe verticale perpendiculairement aux cylindres de la carde en gros ou à nappe.

A, Cylindre chargé de la nappe préparée par les opérations précédentes.

B, Toile sans fin qui circule au moyen de deux cylindres, avec une vitesse égale à celle des cylindres alimentaires C, qui présentent le coton au grand tambour D; celui-ci a son contour garni de plaque de carde d'un numéro plus ou moins fin, 24 par exemple. L'essentiel est que ce tambour tourne extrêmement rond : il doit être construit de matériaux nullement susceptibles de se déformer; son diamètre est de 3 pieds, et sa vitesse d'environ 100 tours par minute.

E, Chapeaux dont la face tournée vers le tambour D est garnie de cardes; ils sont soutenus dans une direction parallèle à l'axe du tambour, et de manière à pouvoir régler leur distance à ce même tambour. Le bout des dents de cardes qui gar-

(1) Nous publierons très incessamment, M. Leblanc et moi, le système complet des machines actuellement en usage dans les meilleures filatures de coton, tant en Angleterre qu'en France, où les deux batteurs, ainsi que le banc à broches dont nous parlerons tout à l'heure, seront décrits et gravés avec soin. Le Dictionnaire Technologique ne peut pas admettre tant de détails.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nissent les uns et les autres, doit être aussi près que possible, mais nullement se toucher.

F, Autre tambour dont la surface est également garnie de cardes, mais en rubans roulés autour en hélice (*V.* fig. 5 et 6), afin d'obtenir une nappe continue. Le diamètre de ce tambour, qu'on appelle *délivreur,* est ordinairement de la moitié de celui du grand tambour, et sa vitesse d'un dixième, c'est-à-dire de dix tours par minute.

G, Peigne qui détache le coton du tambour délivreur. Ce peigne, dont la longueur est égale à celle du tambour, est fait comme une scie à dents très aiguës, rondes et bien polies. Il reçoit un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical, de la part d'un axe à deux coudes *a*, qu'une corde sans fin *b*, qui embrasse à la fois une poulie que porte l'axe du grand tambour, et cet axe à deux coudes, lui donnent, au moyen de deux bielles *c*, dont le prolongement au-dessus du peigne passe dans des guides *d*.

Nous ferons remarquer que ces deux dispositions très ingénieuses, de garnir le tambour délivreur de cardes en ruban pour avoir une nappe continue, et le peigne qui la détache, sont dues au génie inventif de R. Arkwrihgt. On se souvient qu'avant lui des femmes retiraient le coton du tambour délivreur en loquettes, au moyen de cardes à mains.

H, Gros tambour, sur lequel s'enveloppe la nappe de coton à mesure que le tambour délivreur la fournit.

I, Cylindre en bois, dont le diamètre et la vitesse sont calculés de manière à donner au tambour H, sur lequel il presse de tout son poids, le mouvement convenable pour débiter la nappe.

La quantité de coton que porte le cylindre A, étant toute passée et enveloppée sur le tambour à nappe H, on enlève cette nappe en la rompant dans un endroit parallèlement à l'axe, et puis on la porte à la carde *finishing* ou à ruban, que nous allons décrire.

Carde à ruban. (*V.* Pl. 24, fig. 4, 5 et 6.)

Fig. 4. Élévation de la carde, vue du côté des engrenages.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 5. Plan de la carde.

Fig. 6. Élévation vue de bout du côté du peigne.

La nappe venant de la carde précédente, étant formée d'un certain nombre de nappes simples, redoublées sur elles-mêmes et pressées par le cylindre supérieur, a assez de consistance pour être prise et entraînée par les cylindres nourrisseurs de cette dernière carde, sans la faire conduire par une toile sans fin cheminant simultanément. Elle est mise au-devant de ces cylindres, tout bonnement sur une table assez longue pour la recevoir.

C, Cylindres alimentaires formant laminoir comme dans la carde en gros.

D, Tambour formé de deux cercles en fonte et de douves en bois bien sec de chêne ou d'acajou, fixées avec des boulons sur les cercles. C'est la pièce importante de la carde. Il faut qu'il tourne exactement rond. M. Collier a essayé de les faire en stuc, en mettant des morceaux de bois seulement vis-à-vis les endroits où se clouent les plaques. On les a abandonnés, parce que les dents des cardes étant à chaque instant ébranlées par le travail, finissaient par entamer la surface du stuc et s'y enfonçaient Les tambours en douves de fonte recouvertes d'un mastic à l'huile, présentent le même inconvénient. Enfin, il paraît que le mieux et le plus économique, est de les faire en bois. M. Calla, un de nos meilleurs constructeurs, a fait des tambours dont les douves en bois étaient de la largeur des plaques, et il les rendait mobiles sur leurs cercles, de manière qu'il pouvait les rapprocher et les écarter du centre. Cette combinaison avait pour objet de pouvoir remplacer les plaques de carde usées ou qui éprouvaient quelques accidens qui les mettaient hors de service, par des plaques neuves dont les dents, quoique du même numéro, sont toujours plus longues : mais cela avait le grave inconvénient de ne plus donner extérieurement une courbure uniforme. Les douves qu'on faisait mouvoir après les avoir tournées dans une position, n'appartenaient plus au même cercle ; elles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étaient ou trop plates, ou trop convexes, suivant qu'on les rapprochait ou qu'on les éloignait du centre.

E, Chapeaux de la carde; ils sont au nombre de 9, 11 ou 13, placés isolément au-dessus du tambour D, de manière à pouvoir les en approcher ou les en éloigner à volonté. A cet effet, leurs deux extrémités posent sur des têtes de vis engagées dans des courbes placées de côté et d'autre, qui leur servent de support. La surface inférieure de ces chapeaux est garnie de cardes.

F, Cylindre de décharge dont le diamètre est la moitié de celui du grand tambour; il est construit avec les mêmes soins que celui-ci; mais, comme il est garni d'un ruban de carde qu'on ne cloue qu'aux deux bouts, on peut faire son contour en métal, en cuivre, par exemple. C'est ainsi que les fait M. Calla. Son axe tourne dans des collets mobiles, qui permettent de l'approcher ou de l'écarter, au moyen de vis de rappel, du gros tambour.

G, Peigne qui, par son mouvement de va-et-vient, détache le coton cardé du cylindre de décharge. Tout cela s'exécute comme dans la carde en gros, par l'axe coudé *a* et la corde sans fin *b*, qui embrasse à la fois les deux poulies *c*, *d*, fig. 5 et 6.

H, Entonnoir en cuivre dans lequel passe le coton à mesure que la carde le fournit.

I, Laminoir en cuivre qui retire ce coton. Le diamètre du cylindre inférieur de ce laminoir doit avoir une vitesse telle, que le ruban soit légèrement étiré.

K, Pot de fer-blanc dans lequel on reçoit le ruban.

Le mouvement est donné à la carde par une courroie sans fin, que le moteur général de l'établissement fait circuler, et qui passe sur la poulie L fixée sur l'axe du gros tambour, en dehors du bâti. Une autre poulie M, placée à côté de la précédente, mais qui tourne librement sur l'axe du tambour, sert à suspendre le mouvement de la carde, en faisant, à l'aide d'un levier *guideur*, passer la courroie de l'une à l'autre poulie.

La transmission des mouvemens est établie par une suite de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roues d'engrenage direct, qu'on faisait autrefois en cuivre, mais qu'on fait actuellement très bien en fonte de fer. Plusieurs mécaniciens ont cherché des moyens plus simples ; moi-même j'ai fait établir des cardes où j'avais remplacé cette suite de roues par un axe de couche qui, recevant le mouvement de l'axe du gros tambour, à l'aide de deux roues d'angle, le portait à son tour par une vis sans fin au cylindre alimentaire inférieur et au petit tambour, par un pignon engrenant de côté une roue fixée sur l'axe de ce tambour. Cette même roue avait des dents directes qui transmettaient le mouvement par le moyen de roues intermédiaires, comme ici, au laminoir I, qui retire le coton de la carde. Mais ce mécanisme qui, au premier coup d'œil, a l'air plus simple que les rouages directs, ne donne pas autant de facilité que ceux-ci quand il faut changer, suivant la nature des cotons, les relations de vitesse entre les cylindres alimentaires, le gros et le petit tambour. On en est revenu aux engrenages directs, comme je les indique, et je pense qu'on a bien fait. On faisait autrefois des cardes en fin à deux rubans ; mais alors on était obligé de donner 40 pouces de longueur aux cylindres, ce qui les rendait par trop sujets à se déformer. A présent on les fait à un seul ruban.

Les cylindres et les chapeaux étant garnis de leurs cardes, on affûte celles-ci avec de l'émeri en gros grains fixés avec de la colle, sur des morceaux de bois bien dressés. Ces meules artificielles sont disposées sur le bâti de la carde, de manière qu'en faisant tourner les tambours en sens inverse, le bout des dents soit graduellement usé jusqu'à ce que tous, ou presque tous se trouvent sur la surface du cylindre. Le chapeau à émeri, c'est ainsi qu'on nomme cette meule artificielle, peut non-seulement se rapprocher des tambours à mesure que les dents des cardes se raccourcissent ; mais on lui donne encore un mouvement de va-et-vient dans le sens de sa longueur, afin de faire varier les points de contact.

Le premier affûtage d'une carde exige le plus grand soin, et dure quelquefois un ou deux jours entiers ; mais ce travail

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étant bien fait, si les cylindres ne se déforment pas, les affûtages suivans qu'on est obligé de donner de temps en temps, se font en une heure ou deux.

Les chapeaux pouvant s'enlever séparément, sont affûtés à une machine particulière composée d'un tambour égal en diamètre et en longueur au gros tambour de la carde, et dont la surface est garnie d'émeri. Ce tambour tournant sur lui-même, en même temps qu'il a un mouvement de va-et-vient dans le sens de son axe, agit sur la carde du chapeau fixé entre des vis de rappel, qui permettent de l'en approcher plus ou moins, et qui donnent à cette carde étroite, clouée sur le chapeau, une surface concave, dont la courbure est égale à celle du gros tambour, sur lequel, pour le travail, les chapeaux sont placés.

Étirage, drawing Frame. Le coton amené à l'état de ruban par la carde en fin que nous venons de décrire, est apporté devant la machine que nous nommons *étirage*, dont l'objet est de doubler, de redoubler et d'étirer en même temps le ruban, afin d'obtenir, par des compensations multipliées un grand nombre de fois, et par des alongemens dans une proportion un peu plus forte, un beau ruban final de grosseur uniforme, où tous les filamens du coton ont une direction parallèle. (*V.* Pl. 24, fig. 7 et 8.)

A, Pots de fer-blanc, dans lesquels sont les rubans venant de la carde en fin.

B, Premier laminoir, composé d'un petit cylindre inférieur en fer cannelé, et d'un cylindre de pression garni de drap et d'une enveloppe extérieure de cuir égal et uni.

C, Deuxième laminoir, composé de même, mais dont les cylindres sont d'un quart plus gros.

D, Troisième laminoir, composé comme ce dernier.

E, Laminoir de décharge, dont la vitesse à la surface est la même qu'au troisième laminoir D.

F, Pot en fer-blanc, dans lequel on reçoit le ruban.

G, Corde ou courroie sans fin, par laquelle on donne le mouvement, à l'aide des poulies H et I, aux quatre têtes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'étirage semblables à celle-ci, dont se compose la machine.

La vitesse du premier laminoir étant 1, celle du deuxième est 3, et celle du troisième est 5; de sorte que l'étirage est de cinq fois; et comme le doublage n'est que de quatre, il s'ensuit que le ruban à sa sortie, dans chaque tête d'étirage, se trouve d'un cinquième plus fin qu'à son entrée. Ainsi, le ruban final donné par la quatrième tête, se compose de $4.4.4.4 = 256$ de rubans primitifs, ou la quatrième puissance de 4.

Le plan et la vue en élévation font voir la disposition des engrenages qui transmettent le mouvement.

Lanternes, Roving Frame. (*V.* Pl. 24, fig. 9, 10, 11.)

Les rubans sortant de la dernière tête d'étirage, sont encore mis deux à deux devant une cinquième tête d'étirage, composée seulement de deux laminoirs A, B, étirant dans le rapport de 1 à 3. Mais le ruban en sortant du dernier laminoir B, au lieu de tomber, comme dans les têtes d'étirage, dans des pots immobiles, tombe dans des lanternes C en fer-blanc, tournant lentement sur leurs pivots D, au moyen de cordes sans fin E; ce qui donne au ruban un léger degré de tors. Ces lanternes ayant la forme de cônes tronqués, ont une porte du haut en bas qui s'ouvre à charnière, pour en retirer le boudin quand elles en sont pleines. Ces portes sont fermées ensuite par une virole qui descend à moitié de la hauteur.

Ce boudin, qui se trouve actuellement composé de $2.256 = 512$ rubans primitifs, étant légèrement tortillé par son passage aux lanternes, a assez de consistance pour être mis sur des bobines, à l'aide d'une bobineuse, machine que nous avons déjà décrite à l'article *Filage du lin.* (*V.* Pl. 20, fig. 5.)

Filage en gros ou en doux. Les machines à filer en gros et en fin par les mule-jennys, *the mule-jennys*, de l'invention de Crompton, étant construites sur les mêmes principes, et ne différant que par la dimension de quelques pièces que nous ferons remarquer, nous allons, pour ne pas multiplier inutilement les figures, expliquer le filage en gros par le moyen du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

métier à filer en fin. (*V.* Pl. 24, fig. 12, qui représente en élévation le côté droit d'une mule-jenny.)

Les bobines chargées de boudins sortant des lanternes, sont placées verticalement en A sur le derrière du métier, dans un encadrement disposé à cet effet.

B, C, D, Laminoirs dans lesquels s'opère le filage. Les cylindres inférieurs sont en fer et cannelés; le diamètre des deux premiers est de 9 lignes, avec 45 cannelures; le diamètre du troisième est de 12 lignes, 60 cannelures. Le rapport de vitesse du premier au second, n'est que de $\frac{1}{13}$. Le rapport de vitesse du second au troisième, est ordinairement de 3, plus ou moins, suivant la finesse qu'on veut donner à la mèche. Ils sont placés sur des supports qui permettent d'écarter les deux premiers du troisième, de manière que la distance de leurs centres soit plus grande que la longueur de la soie du coton. Indépendamment de l'alongement donné par la différence de vitesse des cylindres, il y a encore celui qui résulte de la différence des diamètres. Dans la supposition que nous avons faite, nous aurions un alongement égal à

$$\frac{1}{13} + 3 + \frac{1}{4} = 3 + \frac{17}{52} = 3,33.$$

Les cylindres supérieurs ou de pression sont en bois, avec des axes en fer; ils sont recouverts de drap et ensuite de peau de basane à surface unie et tirée d'épaisseur. On coud ou l'on colle cette dernière enveloppe de manière à ne pas former de grosseur. La pression s'exerce par des romaines, de manière à être proportionnelle à la vitesse des cylindres; celui de devant ayant trois fois plus de vitesse que le second, doit être pressé trois fois plus. (*V.* cette disposition, fig. 13, Pl. 24.) Dans la filature en gros, chaque romaine presse deux fils, et dans la filature en fin, elle en presse quatre. Les métiers en gros sont ordinairement de 108 broches, et ceux en fin du double, sur une même dimension.

La mèche, à sa sortie du troisième laminoir D, vient se fixer sur les broches E que porte le chariot F, mobile sur ses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roues G, qu'un mécanisme mis en mouvement par la grande roue H du métier, fait reculer avec une vitesse égale à celle qui produit la mèche, et même un peu plus, 4 pouces environ sur une aiguillée de 5 pieds. Les deux principes de filage de Hargreaves et d'Arkwright ainsi combinés, donnent une mèche ou un fil plus égal, parce que l'alongement que produit le tirage du chariot se fait aux dépens des grosseurs toujours moins tordues que les endroits minces. Pendant ce temps la même grande roue H donne le mouvement de rotation aux broches, par le moyen de cordes sans fin, de poulies de renvoi et des tambours du chariot, et aux laminoirs par des engrenages d'angle et un axe incliné I. Le chariot arrivé au bout de sa course, dans la position que nous avons ponctuée, fait partir une détente. Alors son mouvement cesse ainsi que celui des cylindres. Le fileur, s'il trouve que la mèche n'est pas assez tordue, fait faire un ou plusieurs tours à la roue, et puis il envide l'aiguillée sur les broches, en ramenant le chariot à sa première position, près des cylindres, où une autre détente rétablit toutes les communications de mouvement, comme auparavant. Je n'ai figuré et décrit que les parties principales de ce mécanisme; le surplus se conçoit aisément, car il ne s'agit que de faire désengrener, quand le chariot arrive à la fin de sa course, la roue d'angle K qui transmet le mouvement aux cylindres, et de rétablir cet engrenage au retour du chariot; ce qui a lieu sans que le fileur s'en mêle. La roue L, qu'un pignon fixé sur le cylindre inférieur de devant fait tourner, et qui, au moyen d'une poulie à gorge angulaire qui lui est accolée, et qu'elle entraîne dans le sens de la flèche, laisse cette poulie libre de tourner dans le sens contraire, quand le chariot revient vers les cylindres. La corde M menée par cette poulie, et qui mène à son tour le chariot, est libre alors de rétrograder. Cette même disposition a lieu de l'autre côté du métier, pour maintenir le chariot dans toutes ses positions, toujours parfaitement parallèle à la ligne des cylindres.

Les broches, dans les métiers en gros, sont espacées de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3 pouces ; la partie supérieure aux collets est ordinairement en bois, avec une rondelle ou esquive, contre laquelle le fileur commence à envelopper la mèche. Les broches étant pleines, les fusées de mèche en sont retirées en les soulevant un peu au moyen de ces esquives, qu'on laisse retomber à leur place. Ensuite le fileur, pour s'éviter la peine de rattacher chaque fil, les amène tous, d'un seul coup de baguette, à s'envider sur le corps de la broche, entre l'esquive et la base de la fusée ; après quoi il fait sa levée et en recommence une autre.

Toutes les machines dont nous venons de parler forment le système des préparations ; il ne nous reste plus qu'à expliquer le filage en fin ; mais avant, nous croyons devoir indiquer ici une nouvelle machine dont on fait usage depuis quelque temps en Angleterre, et qui commence à s'introduire dans nos filatures, en remplacement des bancs à lanternes et de la machine à filer en gros. Les Anglais l'appellent *spindle and fly Roving Frame*, que nous traduisons par *banc à broches*. Il y a le banc à broches en gros et le banc à broches en fin ; leur construction ne diffère que par les dimensions et proportions de vitesse ; toutes les parties exigent une grande justesse dans l'exécution.

Le banc à broches est à trois laminoirs, disposés comme dans le mule-jenny en gros. On place derrière chaque broche deux rubans venant de la quatrième tête d'étirage, qui sont alongés dans le rapport de 1 : 3. Les boudins qui en sortent reçoivent un très léger degré de tors de la part des broches à ailettes, placées sur deux rangs parallèles, en avant des cylindres. Une des branches des ailettes est façonnée en tube, par où passe le boudin pour venir s'envelopper sur le corps de la bobine que porte la broche. (*V. Filage de la laine peignée en Angleterre*, Pl. 22, fig. 12.) Toute la difficulté est dans le mouvement varié, soit de rotation, soit de translation verticale qu'il faut donner à cette bobine, pour qu'elle débite juste le boudin à mesure qu'il est produit. On sent que le mouvement de translation de cette bobine, le long de la broche, doit être tel, que, quand les cylindres ont fourni assez de boudin pour faire un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tour, l'espace parcouru par elle doit être égal au diamètre de ce boudin ; et comme, à chaque voyage, cette bobine se charge d'une rangée de boudins qui en grossit d'autant le diamètre, il faut, par compensation, que son mouvement de rotation soit ralenti dans la même proportion, tandis que la broche tourne toujours avec la même vitesse. C'est par la combinaison d'un cône conduisant une courroie par ses différens diamètres, et d'une roue de friction appliquée plus ou moins près du centre d'une autre roue qui tourne uniformément qu'on obtient ces diverses variations de vitesse. Il y a plusieurs autres moyens d'obtenir ce résultat, et peut-être plus simples qu'un mécanicien peut facilement trouver. Les bancs à broches font partie du système de filature que M. Leblanc et moi publierons incessamment.

Filage du coton en fin. Il y a deux moyens de filer le coton en fin, par mule-jenny et par continue, *the throstle.*

Filage par mule-jenny. (*V.* Pl. 24, fig. 12, qui nous a servi à décrire le filage en gros.) Les bobines de mèches provenant des levées faites sur les broches de la machine en gros ou des bancs à broches, sont mises en A derrière le métier. Ces mèches, introduites entre les laminoirs B, C, D, y éprouvent un alongement de 5, 6, 8 fois, suivant le numéro qu'on veut avoir, et suivant le numéro de la mèche ; mais on calcule que l'étirage au métier en fin ne doit pas excéder 6 fois. Si l'on voulait filer du n° 48, il faudrait que la mèche fût du n° 8. Nous avons expliqué ce qu'on entend par numéro du fil. Pour le coton, chaque 1000 mètres donne un numéro.

La conduite du métier est la même pour filer en fin comme pour filer en gros ; seulement, le chariot recule moins vite, afin de donner beaucoup plus de tors au fil pendant qu'il se forme ; et le fileur, à la fin de l'aiguillée, donne encore quelques tours de roue pour achever de le tordre au degré convenable, et l'envide sur les broches en repoussant le chariot vers les cylindres. Dans ce métier, les broches sont en acier, tournées et polies ; elles sont deux fois plus rapprochées et plus nombreuses que dans le métier en gros. Un fileur, aidé d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rattacheur, mène facilement un métier de 216 broches. Actuellement tous les métiers, dans les grands établissemens où il y a un moteur général, soit à eau, soit à la vapeur, en reçoivent le mouvement; le fileur n'a d'autre soin que de renvider. Alors les métiers sont plus grands; ils sont de 360 broches, et il en conduit deux placés vis-à-vis l'un de l'autre : il s'arrange de manière à faire le renvidage à l'un, pendant que l'aiguillée se forme à l'autre. Il existe même aujourd'hui, dans l'établissement d'Ourscamp, près Noyon, des métiers où le renvidage se fait tout seul, de sorte qu'il ne faut que des rattacheurs; mais nous devons dire que ces métiers sont très compliqués, et fort sujets à se déranger. Si l'on ne parvient pas à simplifier ce mécanisme, il est probable qu'il ne sera pas adopté par les autres fileurs. C'est à M. Eaton aîné qu'on en doit l'importation; on les nomme *métiers-patentes*, parce qu'ils sont brevetés. D'autres avaient eu cette même idée il y a long-temps; mais il paraît qu'on n'en avait obtenu aucun résultat avantageux. MM. Risler et Dixon de Cernay ont pris, l'année dernière, un brevet pour un mécanisme qui a le même objet.

C'est à Samuel Crompton de Bolton qu'on doit l'invention du mule-jenny; il fit connaître cette machine dès l'année 1775; mais, comme il faisait usage des laminoirs pour lesquels Arckwright était patenté, le *mule-spinning* ou *the mule-jenny* ne fut introduit dans les fabriques qu'en 1786, après l'expiration de la patente de sir R. Arkwright. Sir Crompton n'ayant point pris de privilége pour sa machine, le parlement lui accorda, quelques années après, une gratification de 5000 livres sterling, qui font cent mille francs.

Dans les commencemens, ainsi que cela se pratique encore dans les petits établissemens, le mule-jenny était mû par le fileur, à l'aide d'une manivelle fixée sur l'axe de la grande roue. Mais, dans l'année 1792, William Kelly de Glasgow, entrepreneur des filatures de *Lanark*, prit une patente pour un mécanisme propre à le faire aller par un moteur quelconque. Cette addition, perfectionnée et simplifiée depuis, a augmenté

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

considérablement le produit du mule-jenny, qu'on a pu faire alors d'une plus grande dimension, ainsi qu'on l'a vu plus haut.

Filage par continue, Arkwright's spinning Frame. La première machine à cylindres, inventée par Arkwright, était une continue, dont on a fait plus tard la *throstle*. Dans la machine originale, qui est le type de toutes celles qui ont été imaginées depuis, Arkwright plaçait la mèche sur des bobines A (*V.* Pl. 24, fig. 14); de là elle descendait entre les laminoirs B, C, D, où elle éprouvait un alongement de 5, 6, et jusqu'à 10 fois; et puis, cette mèche ainsi amincie, recevant le tors par le moyen d'une broche E à ailette, était transformée en fil qui allait s'envelopper sur la bobine F, qui avait en même temps un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical. Un axe G portait en même temps le mouvement par engrenage d'angle, aux laminoirs, et par des poulies et des courroies aux broches, avec les vitesses requises pour chacun de ces choses, suivant les numéros du fil. On appela le fil produit de cette manière *water twist*, parce que les machines étaient mues par la puissance de l'eau. Par la même raison, on devrait appeler celui qu'on obtient par la puissance de la vapeur, *steam twist*.

Peu de temps après, on remplaça les axes verticaux G et les poulies horizontales qui donnent le mouvement aux cylindres et aux broches, par un axe incliné H (*V.* fig. 15), qui porte le mouvement au troisième laminoir au lieu de le porter au premier, comme Arkwright l'avait fait, et par un tambour horizontal I parallèle à la ligne des broches. On a fait aussi des throstles doubles, c'est-à-dire ayant des broches des deux côtés menées par le même tambour. Toutes les autres parties du mécanisme sont restées telles que Arkwright les imagina, ce qui prouve qu'il avait bien médité son invention avant de la mettre au jour.

On ne peut pas filer aux throstles des fils très fins, c'est-à-dire au-delà du n° 100; mais ils sont excellens pour les chaînes des tissus, pour la bonneterie et pour coudre. C'est au mule-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jenny qu'on file les numéros élevés; mais encore faut-il pour cela des fileurs habiles et très soigneux. Les Anglais sont parvenus à un très haut degré de perfection, que nous n'atteignons pas en France, quoique nous ayons des machines aussi parfaites. Manchester est le centre de cette grande industrie en Angleterre; il y a dans cette ville des établissemens composés de soixante mille broches, mises en mouvement par la puissance de la vapeur. On y file jusqu'à 20,000 livres de coton par semaine, au n° 40 à 50.

Dévidage et empaquetage du coton. Le fil sortant des métiers en fin, est porté à l'atelier des dévideuses, où il est mis en écheveaux sur un dévidoir dont le contour de l'aspe est égal à 1 mètre. Chacun de ces écheveaux contient dix échevettes de 100 fils, et par conséquent 1000 mètres. Passés au peson, on met ensemble tous ceux qui ont le même ou à peu près le même poids, et leur nombre pour former une livre ou un demi-kilogramme, donne le numéro de ce fil. On en fait ensuite, à une presse à cric ou hydraulique, des paquets de 10 ou 5 livres, qu'on maintient au volume réduit par la presse, avec trois ligatures faites au milieu et aux deux extrémités. C'est ainsi que le fil de coton est livré au commerce.

L'invention d'Arkwright, qui nous semble simple aujourd'hui, n'en est pas moins une de ces créations originales des plus fécondes en résultats, et qui font le plus d'honneur à l'esprit humain. Son mode de filage par des laminoirs successifs tournant avec des vitesses différentes, n'est point un perfectionnement de ce qui existait alors; c'était un art tout nouveau pour faire un travail d'une meilleure manière. Ce ne fut pas non plus le produit du hasard; car il l'avait tellement bien médité, qu'il n'eut rien à y changer quand par la suite il forma d'immenses établissemens pour son compte, qui ont servi de modèles à tous les autres érigés depuis. On voit avec plaisir que la fortune et ses concitoyens ne furent pas ingrats envers lui. Son industrie lui procura de grandes richesses; et dans l'année 1786, ayant été chargé, en sa qualité de grand

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

shérif du comté de Derby, de présenter une adresse au roi, il eut l'honneur d'être nommé chevalier.

On peut se faire une idée des progrès de la filature du coton en Angleterre, par le prix de façon qu'on y payait par livre aux ouvriers, pour les nos 100, et le prix de vente de ce même numéro.

En 1786, après l'expiration de la patente de sir R. Arkwright, la façon se payait 10 shellings la livre, et se vendait 38 shellings.

En 1790, la façon ne se payait plus que 4 shellings, et se vendait 30 shellings.

En 1792, la façon fut réduite à 3 shellings 1 pence, et se vendait 15 shellings.

En 1795, lorsque les mule-jennys furent mis en mouvement par des moteurs, d'après l'invention de Kelly, la façon fut réduite à 8 pences, prix qu'on paie encore aujourd'hui. La vente a varié entre 4 et 6 shellings. Ce qu'il y a de remarquable dans cette progression décroissante du prix de façon et de vente du fil, c'est qu'il devenait de plus en plus perfectionné, et que les ouvriers, devenus plus habiles, gagnent autant actuellement qu'autrefois.

Parmi les causes qui ont amené ces résultats, il faut faire entrer les perfectionnemens qu'on a introduits dans la culture du coton, et l'art avec lequel on a su le faire servir aux usages auxquels sa qualité le rend plus propre. Avant 1793, on le tirait presque en totalité des Indes, du Levant et des Antilles françaises et anglaises : il était en général mal récolté. Le Brésil et l'île de Bourbon en fournissaient de petites quantités, qu'on employait à fabriquer les plus belles toiles.

En 1790, les planteurs des états méridionaux de l'Union Américaine commencèrent la culture du coton; ils réussirent si bien, que leurs exportations annuelles, qui ne s'élevaient avant 1792, qu'à 138,328 livres, se montent à présent à plus de soixante millions de livres pesant. Le plus beau et le plus fin est celui qui croît sur les côtes de la mer, appelé *sea jsland cotton*. C'est avec cette laine qu'on file les numéros

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

élevés. *The upland cotton*, qu'on cultive dans l'intérieur, est d'une qualité comparable à celui qui vient de l'île de Bourbon. La graine s'en sépare difficilement. Ce ne fut qu'en 1795 que M. Whitney, habitant l'état de Massachusets, imagina une machine à égrener ce coton avec succès et promptitude (1).

Les cotons du Levant, dont la soie est courte, ne peuvent se filer qu'à de gros numéros ; mais mêlés avec d'autres à longues soies, on le file très bien, soit au mule, soit au throstle.

L'application à la filature du coton des machines à vapeur perfectionnées par M. Watt, eut lieu en 1785 ; jusque-là, on n'avait eu pour moteur, dans ces établissemens, que l'eau et les chevaux. Dans le premier cas, les emplacemens étaient par trop dispersés et par trop isolés ; dans le second, la force était par trop bornée. La première machine à vapeur rotative fut montée à la filature de M. Robinson, à Paplewick, dans le Nottinghamshire. En 1787, M. Watt en fournit quatre pour autant d'établissemens de coton, à Nottingham et à Warrington. Ce ne fut qu'en 1789 que Manchester eut des machines à vapeur. Arkwright, avec tout son génie, ne fut pas un des premiers à apprécier les machines de Watt ; il avait préféré celles de *Newcomen* : mais il ne tarda pas à reconnaître son erreur ; il les fit remplacer, dans tous ses établissemens, par celles de Watt. On peut voir, par le tableau des prix de façon que nous avons rapporté, que ce fut précisément à cette époque qu'ils commencèrent à descendre d'une manière fort remarquable, sans que pour cela le salaire des ouvriers fût diminué.

Nous devons dire, pour être justes, que dans tout ce qui concerne la filature du coton, nous n'avons rien imaginé en France qui puisse être préféré aux inventions anglaises. Ce ne fut qu'en 1800, sous le ministère de M. le comte Chaptal, que

(1) Nous croyons que c'est la machine à hérisson qui est décrite et gravée dans un des Bulletins de la Société d'encouragement, et dont un modèle en grand se trouve au Conservatoire des Arts et Métiers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lieven Bowans, de Liége, nous fit connaître le véritable système de filature en usage en Angleterre depuis plus de dix ans. Alors de grandes manufactures de coton s'élevèrent à Rouen, à Lille, à Mulhausen, et partout où l'on pouvait trouver une chute d'eau et des bâtimens. Cet isolement des fabriques a ralenti les perfectionnemens. Le gouvernement d'alors, dans la vue de les accélérer, avait formé au Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris, sous la direction de M. *Fergusson*, anglais, une école de filature. Il en sortit quelques élèves instruits qui ont rendu des services à cette branche d'industrie; mais c'est dans les manufactures que les ouvriers se forment.

Ce n'est, toutefois, que depuis 1816, lorsqu'on a pu aller librement en Angleterre, et en tirer des ouvriers, tant pour la construction que pour la conduite des métiers, qu'on a obtenu des résultats comparables à ceux des Anglais. La puissance productive des machines à vapeur est sentie par tous nos manufacturiers. Ceux qui ne peuvent pas s'en procurer en France assez promptement, en vont chercher en Angleterre, malgré le droit de 30 p. 100 mis sur ces machines. Déjà plus de 30 sont employées à donner le mouvement dans des filatures de coton, à Rouen, à Saint Quentin, à Roubais, à Lille, à Mulhouse, à Bar-le-Duc, etc. Un établissement garni de machines les plus parfaites tirées récemment d'Angleterre, s'est élevé à *Ourscamp*, près de Noyon, département de l'Oise, où une magnifique machine à vapeur, de la force de 54 chevaux, fournie par les ateliers de M. Watt fils, à Soho, près de Birmingham, met en mouvement 25,000 broches (1). Ce sont les machines qui composent cette filature, que M. Leblanc dessine et grave en ce moment, et que nous publierons incessamment. Cet établissement, sous la direction de M. Rougemont, a déjà produit une grande amélioration dans nos constructions mécaniques. Nos plus habiles constructeurs de

(1) Le célèbre M. Watt est mort en 1820. On sait quels honneurs les Anglais lui ont rendus. Une souscription a été ouverte, en 1824, pour lui élever un monument dans l'église de Saint-Paul, à Londres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la capitale, tels que MM. Calla, Pihet, Saulnier, etc., ont adopté tous les perfectionnemens qui s'y trouvent. L'élan est donné non-seulement pour le travail du coton, mais encore pour celui de la laine, du chanvre, du lin, du cachemire, de la soie. Pour peu que ce mouvement progressif vers les améliorations de nos fabriques se soutienne, nous serons bientôt en position de ne plus mériter les reproches que nous ont adressés, peut-être avec raison, les Anglais, dans les enquêtes faites en 1825, par le parlement d'Angleterre, sur l'industrie française.

Filage, ou pour mieux dire dévidage de la soie. Pour compléter le tableau des opérations mécaniques employées pour le filage des matières filamenteuses, resserrées toutefois dans des limites peu étendues, que nous avons dû nous prescrire ici, il ne nous reste qu'à indiquer comment se fait le *filage* de la soie.

Les cocons de VERS A SOIE (*V.* ce mot.) sont composés comme une pelote, d'un fil unique, glutineux, qui le rend très adhérent à lui-même. Cette gomme, que l'insecte fournit en même temps que le fil, étant soluble à l'eau bouillante, c'est dans des bassines, ou baches pleines d'eau élevée à cette température, qu'on plonge les cocons pour les dévider. Alors le fil, dont on découvre le bout à l'aide d'un petit balai de bouleau, se déroule aussi facilement que celui d'une pelote. Plusieurs de ces fils, vingt par exemple, provenant d'autant de cocons mis dans la même bassine, qu'une seule ouvrière surveille, sont réunis ensemble pour former un seul fil, qui va s'envider soit sur des bobines, soit sur des dévidoirs, pour en faire des écheveaux. On voit que nous avons eu raison d'appeler cette opération *dévidage* plutôt que *filage*. C'est le vers à soie qui est le véritable fileur.

Avant qu'on connût l'usage de la vapeur pour chauffer l'eau des bassines, on avait dans un atelier autant de petits fourneaux, et par conséquent autant de foyers que de bassines, qui devaient être alors en métal.

M. Gensoul a été le premier à faire adopter à Lyon les ap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pareils à vapeur pour cet objet : ils sont décrits et gravés dans le 8e volume des brevets. Nous allons en donner une idée. (*V.* Pl. 24, fig. 16.) C'est une coupe transversale de l'atelier, vis-à-vis le milieu duquel est placée la chaudière à vapeur.

A, Chaudière à vapeur placée en dehors de l'atelier; elle est en bois, avec un fourneau en tôle, ayant une cheminée en serpentin, un tube de niveau, une soupape de sûreté.

B, Réservoir d'eau et tube d'alimentation.

C, Tuyau à vapeur en fonte de fer, conservant une pente vers la chaudière, afin d'y ramener l'eau de la vapeur condensée.

D, Tuyaux verticaux en cuivre, qui apportent la vapeur dans autant de bassines E qui sont alors en bois.

F, Robinet qu'on ouvre ou qu'on ferme suivant qu'on veut prendre ou arrêter le mouvement de la vapeur dans chaque bassine.

G, Dévidoir sur lequel est envidée la soie; ce dévidoir est mu par un moteur général; mais chaque dévideuse peut suspendre à volonté le mouvement du sien.

Fig. 17 et 18, plan et vue en élévation d'une bassine et du dévidoir.

a, Bassine dans laquelle on met vingt cocons, plus ou moins groupés par cinq.

b, Barbins dans lesquels passent successivement les fils pour n'en former à la fin qu'un.

c, Endroits où les fils se tortillent deux fois pour s'épurer.

d, Mouvement de va-et-vient horizontal qui fait envelopper en zigzag le fil sur le dévidoir *e*.

f, Poulies au moyen desquelles et d'une corde sans fin, on transmet le mouvement du cylindre *d* au dévidoir.

g, Levier de pression pour faire tendre ou tenir la corde lâche, suivant qu'on veut faire tourner ou arrêter le dévidoir.

Ce mécanisme peut s'établir de différentes manières : un de ces moulins est gravé et décrit dans les Bulletins de la Société d'encouragement, pour l'année 1825.

Nous avons dit que la fileuse trouve les fils des cocons au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyen d'un petit balai de brins de bouleau ; ce qui donne un déchet : c'est la bourre de soie, qui se file comme la laine peignée. La soie mise en écheveau se nomme *soie grège ;* on la décruse ensuite, c'est-à-dire qu'on plonge les écheveaux dans de l'eau bouillante, pour enlever à la soie le restant de gomme naturelle qu'elle peut avoir encore.

Nous avons quelques établissemens, entre autres celui de MM. Didelot, rue Picpus, à Paris, où l'on coupe la bourre de soie par longueur de 16 à 18 lignes, et puis on la traite ensuite comme du coton longue soie. Le fil obtenu de cette manière est très beau ; mais assurément le fil serait plus fort si la bourre était filée à toute longueur.

Le procédé du découpage de la bourre de soie permet de faire des mélanges de coton et de laine ; ce qui donne naissance à de nouvelles étoffes extrêmement solides et durables. C'est sous ce point de vue que le procédé peut présenter quelques avantages.

Un Espagnol, M. Regas, qui paraît très versé dans la fabrique de soierie, conseille de faire bouillir les cocons en masse dans une grande chaudière, ou de les faire couler comme une lessive, dans un grand cuvier, et de les dévider après à l'eau froide, et même à sec. C'est à nos fabricans à juger si ce procédé est praticable. E. M.

FILAGRAMME (*Technologie*). Dans les papeteries on nomme ordinairement *filagramme* les lettres, les figures et autres ornemens que l'on fait sur la toile métallique, dont on compose les formes qui servent à faire le papier. Ces sortes de dessins se font avec du fil de cuivre semblable à celui dont le reste de la forme est fabriqué. Comme ce dessin s'élève un peu au-dessus de la toile métallique, la feuille de papier est plus mince dans cette place que dans tout le reste de la surface, et le dessin se voit en regardant au travers. (*V.* PAPETIER et FILIGRANE.) L.

FILASSE (*Agriculture*). On donne ce nom aux fibres flexibles et résistantes qui adhèrent à la partie intérieure de l'écorce du chanvre, du lin et de quelques autres plantes. Ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fibres sont agglutinées à l'écorce par une substance qui participe de la gomme et de la résine, et on ne peut l'en détacher qu'après avoir décomposé cette matière. (*V.* CHANVRE et ROUISSAGE.) Cette filasse peignée, pour la dégager des brins qu'on a brisés dans cette opération (c'est ce qu'on nomme *étoupe*), sert à faire les fils qui entrent dans la composition des toiles, de la plupart des cordages, etc. (*V.* FIL et FILATURE.) FR.

FILET. Il existe, dans les Arts, beaucoup d'objets auxquels on donne le nom de *filet*.

Filet d'une vis ou d'un écrou. C'est le relief en hélice qui forme le pas angulaire ou carré d'une vis ou d'un écrou. (*V.* ces mots et FILIÈRE.)

Filet d'une bride. Ce sont les guides d'une bride de cheval qui correspondent directement au mors. On s'en sert pour guider un cheval dont la bouche est sensible.

Filet d'eau ou d'un liquide quelconque. Écoulement de l'eau ou d'un fluide par un très petit orifice, tombant presque goutte à goutte.

Filet, en terme d'Architecture, est une moulure plate et lisse entre deux moulures saillantes.

Filets, réseaux ou *rets*. Tissus à mailles nouées, fabriqués avec de la ficelle ou du fil retors, pour prendre des poissons, des animaux, des oiseaux, et pour beaucoup d'autres usages, tels que dans les jeux de paume, les voitures, pour la conservation des fruits, etc.

Duhamel a expliqué l'invention des filets de pêcheurs, par les circonstances suivantes : Il est naturel de croire, dit-il, que les personnes qui habitaient les bords des rivières et de la mer, apercevant un grand nombre de poissons réunis au même endroit, conçurent l'idée de les prendre tous à la fois; mais les paniers dont ils se servaient alors pour la pêche, n'étant ni assez grands, ni assez flexibles pour les envelopper de toutes parts, et les amener hors de l'eau, et les toiles ordinaires offrant trop de résistance à se mouvoir dans ce fluide, ils imaginèrent d'abord, sans doute, un tissu fort lâche, et ensuite le filet à mailles arrêtées ou nouées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le hasard, dans l'histoire des inventions, joue un grand rôle; mais il est probable, ainsi que le remarque Duhamel, que c'est à l'observation qu'on doit l'invention des filets pour la pêche.

On a jugé qu'il était important, à la conservation du poisson qui peuple les rivières et la mer, de ne prendre que ceux qui sont parvenus, ou à peu près, au maximum de leur croissance. Une ordonnance de 1681 a fixé, en conséquence, la grandeur des mailles dans toutes les espèces de filets destinés à la pêche. Leurs dimensions se mesurent par les côtés du carré qui forment chaque maille, ou par le nombre de nœuds contenus dans un pied courant du filet. A cet égard, on fait la remarque, avec raison, qu'il eût mieux valu fixer la dimension des mailles par celle des moules qui servent à les fabriquer, en faisant entrer en ligne de compte la retraite assez considérable que prennent le fil et la ficelle, par l'opération du tannage, à laquelle on soumet les filets, et par leur immersion dans l'eau.

Le nombre des diverses sortes de filets imaginés pour la pêche seulement, étant de plus de 72, portant des noms particuliers, tirés la plupart de ceux des poissons qu'ils sont destinés à prendre, ne me permet pas de les mentionner ici. Leurs mailles étant nouées de même, et ne différant que par leurs dimensions et la force du fil ou de la ficelle, je crois devoir me borner à expliquer la fabrication d'un de ces filets, et les instrumens en très petit nombre et bien simples, dont l'ouvrier a besoin pour cela.

Nous avons déjà fait remarquer que toutes les mailles d'un même filet doivent être égales et invariablement arrêtées, c'est-à-dire qu'il doit être impossible de les faire changer de forme et de dimension. Le fil ou la ficelle dont un filet se compose, n'ont pas assez de consistance pour qu'un simple entrelacement, à la manière des tissus ordinaires, donne ce résultat; il a fallu les nouer à chacun de leurs croisemens. Voici les outils nécessaires à l'exécution de ce travail :

1°. Des *ciseaux* ordinaires, dont l'extrémité des lames est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

arrondie, afin que les ouvriers ou ouvrières puissent les mettre dans leurs poches sans étui et sans se blesser.

2°. Des *aiguilles* en bois de diverses dimensions, de 7 à 8 et 13 pouces de long, sur 2 à 3 lignes d'épaisseur. (*V.* Pl. 28, fig. 1.) On les fait de bois léger, tel que le coudrier, le frêne, le peuplier, le saule. Un de leurs bouts est pointu et l'autre fourchu : tous les angles en sont arrondis. Ces aiguilles, du côté de la pointe, sont évidées à jour dans une longueur de 2 à 3 pouces, et l'on réserve au milieu de cette ouverture une petite languette qui ne s'étend pas jusqu'au haut du côté de la pointe. Dans beaucoup d'aiguilles, on ne ménage point cette languette, on en rapporte une en fer. Cette aiguille ressemble à la navette dont les Indiens se servent pour tisser les mousselines. On la garnit de fil en accrochant d'abord le bout de celui-ci à la languette, et puis le faisant passer dans la fourchette, on le ramène par l'autre côté de l'aiguille, vers la languette, où on l'accroche de même ; ainsi de suite, jusqu'à ce que l'aiguille soit pleine.

3°. Des *moules*. Pour que les mailles soient égales, on se fait sur ce qu'on appelle un *moule ;* il consiste, pour les petites mailles, en un cylindre rond d'un diamètre donné, et pour les grandes mailles, en un mandrin plat ou petite planchette, qu'on tient facilement entre ses doigts.

Le contour des mailles d'un filet est égal à la circonférence ou au contour du moule, dont le quart donne la grandeur d'un des côtés de la maille. Par exemple, supposons que la maille d'une seine (filet tendu verticalement dans une direction perpendiculaire au courant, est à demeure ou mobile ; mais, dans l'un et l'autre cas, la plombée tombe au fond, tandis que la tête flotte à la surface de l'eau, de manière que rien ne peut lui échapper que les petits poissons à travers les mailles), doive être d'un pouce carré, c'est-à-dire que chacun des quatre fils qui en forment le contour, a un pouce de longueur d'un nœud à l'autre ; le moule aura 16 lignes de diamètre, dont la circonférence sera d'environ 48 lignes, dont le quart est 12. Il ne s'agit pas ici d'une précision mathématique ; une approximation suffit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les petits moules peuvent servir à faire des filets à grandes mailles ; mais alors on fait deux ou trois tours de ficelle sur les moules, pour chaque maille.

Le haut d'un filet tendu verticalement se nomme la *tête*, qui est ordinairement garnie d'une corde et de morceaux de liége, qu'on appelle *flottes*. Le bas est pareillement garni d'une corde dans laquelle on enfile des bagues de plomb. C'est la *plombée*.

Le premier rang de mailles ou de demi-mailles par lesquelles on le commence, est la *levure*. *Lever* un filet, c'est le commencer ou former la levure. *Poursuivre*, c'est la continuation du travail.

L'élargissement d'un filet se nomme *accrues*. Cela se fait en transformant de simples boucles en mailles.

Enlarmer un filet, c'est le border d'une espèce de lisière formée de grandes mailles faites avec de la ficelle, une fois plus grandes que celles du filet; elles servent à le fortifier. On fait des *enlarmures* quelquefois plus petites, dans lesquelles on passe une corde, comme une tringle de rideau dans ses anneaux.

Border un filet, c'est l'entourer d'une corde qu'on y fixe de 3 pouces en 3 pouces, avec du fil retors : c'est, en terme de marine, une *ralingue*, qui sert à fortifier le filet quand on a à le traîner dans le fond de l'eau.

Monter un filet, c'est le garnir des cordes dont nous venons de parler, et de tous les apparaux qui le mettent dans le cas de servir.

Goulet, est l'embouchure d'un filet fait en forme d'entonnoir, dans lequel les poissons entrent aisément et n'en sortent pas de même; c'est une *nasse* en filet au lieu d'être en osier.

Les mailles d'un filet sont ou losanges ou carrées.

Il y a également deux espèces de nœuds; celui qu'on nomme *droit* ou du tisserand. Les fabricans de filets le nomment *sous le pouce*. (*V*. Pl. 26, fig. 2.) Ce nœud est celui qu'on fait le plus communément, parce qu'il est très aisé à faire, et qu'il ne coule pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'autre se nomme *sous le petit doigt;* c'est le nœud alterné : il n'est pas aussi fixe que l'autre ; mais lorsque le filet est mouillé, il coule très difficilement.

Diderot a dit quelque part, « que rien n'est plus simple qu'un nœud, et que cependant rien n'est plus difficile à expliquer. » J'en sens la vérité ; et, quoique je sache très bien faire les deux nœuds en question, il n'est pas certain que je puisse les expliquer assez clairement pour qu'on les comprenne sur une simple description ; j'emprunte le secours des figures. (*V.* Pl. 26 des *Arts mécaniques*, fig. 2.) Pour faire le nœud *droit* ou *sous le pouce*, l'ouvrier tient le moule entre le pouce et l'index de la main gauche, de sorte qu'un des bouts de ce moule, rond ou plat, s'appuie contre le pli que le pouce fait en s'articulant avec la main, et que l'autre bout du moule s'élève au-dessus de l'index, en le tenant très près des nœuds qu'on veut former.

Le moule étant saisi comme on vient de le dire, le lacoir passe d'abord le fil par-dessus, et puis il le rabat sous l'extrémité du pouce ; ensuite, portant le quatrième doigt en avant, il descend le fil pour le passer par dessous et derrière ce même doigt ; continuant la révolution du fil, il le remonte par derrière entre le moule et l'index, et puis il le rabat ensuite pour l'engager entre le moule et le pouce. Après quoi, faisant décrire à ce fil une ligne circulaire passant par-dessus l'anse de corde ou de la demi-maille correspondante, on l'amène sous le pouce, où, avec le secours de l'aiguille, on forme le nœud.

Pour faire le nœud *sous le petit doigt* (*V.* fig. 3), on passe dans un clou à crochet, un bout de ficelle qu'on noue pour en former une anse. On passe dans cette anse, le fil avec lequel on veut faire le filet ; alors on fait un nœud simple, qu'on ne serre pas beaucoup contre l'anse, de manière à avoir des demi-mailles par lesquelles on commence le filet.

Le gouvernement, dans la vue d'obtenir des filets plus réguliers et à meilleur marché que par le mode de fabrication ordinaire, avait, en 1802, proposé une prime de dix mille francs, pour qui inventerait un métier propre à fabriquer les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

filets. Cette prime fut adjugée à M. Buron, qui présenta une machine qu'on voit au Conservatoire des Arts et Métiers. Il paraît qu'elle n'a pas rempli l'objet qu'on s'en était promis; du moins, il n'est pas à notre connaissance qu'aucun établissement se soit élevé pour la faire valoir; ce qui n'aurait pas manqué d'arriver si l'on y avait trouvé quelque avantage. Nous dirons même qu'il est difficile qu'une fabrication mécanique pour cet objet, puisse présenter des bénéfices; car ce sont les pêcheurs eux-mêmes, ou leurs femmes, qui, dans leurs momens de loisir, font leurs filets; de sorte que la façon est comptée pour rien.

MM. Escallon et Raillard, de Lyon, viennent d'envoyer au Ministre de l'intérieur un échantillon de filet à nœuds droits, très bien fait, qu'ils disent avoir fabriqué sur une machine de leur invention. Ils ajoutent que leur métier est conçu de manière à pouvoir les faire de toutes sortes, à grandes ou petites mailles, avec du fil ou de la ficelle. Ils demandent, pour le communiquer au public, une récompense de *cinq cent mille francs*. Sans doute leur métier doit être fort ingénieux; et sous le rapport du mécanisme, il serait à désirer qu'on le publiât: mais nous pensons que sous le rapport de l'utilité, comme moyen de fabrication des filets, il aurait le même résultat que celui de M. Buron.

Le *tannage* est un moyen de conservation des filets; mais il faut qu'il soit fait avec soin. On met 2 parties de tan de chêne sur 5 parties d'eau. Ainsi, dans une chaudière qui tient trente barils d'eau, on met douze barils de tan. (*V.* TANNAGE.)

E. M.

FILIÈRES. Il y a deux espèces de filières, celles qui sont destinées au tirage des fils métalliques, et celles avec lesquelles on fait des vis: elles sont l'une et l'autre des outils fort importans dans les Arts technologiques.

Nous ne dirons ici qu'un mot des premières. Ce sont des plaques d'acier fondu ou du meilleur qu'on puisse trouver, trempé à toute sa force, percées d'une série de trous ronds ou carrés, en progression décroissante, à travers lesquels on fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

passer successivement les métaux qu'on veut filer. (*V.* TRÉFILERIE.)

Nous nous étendrons davantage sur la seconde espèce de filière, outil indispensable dans tout atelier de construction. Il existe des filières simples, doubles, et à bois de différens calibres, que nous allons expliquer.

Filières simples. Elles se composent d'une plaque d'acier trempé, dans laquelle sont percés des trous de calibres différens, et taraudés avec ce qu'on appelle une *mère,* c'est-à-dire avec un taraud cylindrique. Deux ou trois de ces trous formant une série décroissante, ont le même pas de vis, et servent à faire progressivement une vis, en la passant du plus grand au moyen et au plus petit. Un taraud se vissant exactement dans ce dernier trou, sert à faire l'écrou de la vis. Les filières simples portent ordinairement, pour chaque grosseur de vis, un trou non taraudé, qui sert de calibre à la vis qu'on se propose de faire.

Les filières à l'usage des horlogers, des bijoutiers, présentent un grand nombre de trous, depuis un jusqu'à cinq ou six millimètres. L'effort à faire pour pratiquer une vis sur de si petites dimensions, étant fort peu de chose, on ne leur donne qu'une très petite queue terminée par un bouton, qui sert à leur imprimer le mouvement alternatif de rotation nécessaire pour la confection de la vis, qu'on a soin d'humecter d'huile.

On a dans les ateliers des filières simples d'un plus gros calibre, avec lesquelles on peut faire des vis à pas angulaires, de 15 à 20 millimètres; elles ont plusieurs trous de calibres différens, mais taraudés avec le même pas de vis. On passe d'abord dans le plus grand, et ensuite dans les plus petits, jusqu'à ce que le pas soit bien formé. Les pièces à tarauder étant saisies verticalement dans un étau, on fait tourner la filière dessus à l'aide de deux manches, qu'elle présente dans une direction opposée. La vis ne se forme bien qu'autant qu'on a soin de l'entretenir mouillée d'huile; sans cela, la pression et le frottement qui ont lieu, développent un très haut degré de chaleur, qui fait gripper le fer et détrempe la filière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le relief d'un pas de vis se forme en partie du creusement qui a lieu dans le métal, par l'effet de la différence de calibre entre le trou de la filière et le diamètre de la pièce à tarauder, et par le renflement de ce même filet. Ce dernier effet est si bien connu, que les ouvriers ont soin, quand il s'agit de boulons, de tenir toujours la partie qui doit être taraudée, plus petite que la tige du boulon.

On pratique dans les trous des filières, deux ou trois *houches*, qui en rendent l'effet plus prompt, et donnent en même temps une issue aux débris métalliques que produit le creusement du filet.

Les filières simples ont l'avantage de donner des vis du même calibre, sur lesquelles les écrous faits avec le même taraud vont tous également bien ; mais il est difficile d'obtenir une vis droite, c'est-à-dire que le filet soit partout également incliné par rapport à la tige de la vis. Cela est pourtant nécessaire pour que le plan de l'écrou, quand celui-ci est vissé dessus, lui soit perpendiculaire.

Dans les ateliers où l'on a besoin d'un grand nombre de boulons ou de vis, on rend la filière fixe sur une poupée, vis-à-vis le nez d'un tour; et plaçant la vis à faire dans une pince à coulisse que porte le nez du tour, elle se trouve faite en trois ou quatre allées et venues, et parfaitement droite.

Les écrous se font de la même manière, en plaçant le taraud sur le tour, et les écrous vis-à-vis, dans des mors disposés pour les recevoir. Je n'ai pas besoin de dire que l'arbre du tour doit recevoir un mouvement alternatif de rotation, en même temps qu'il va et vient dans le sens de sa longueur.

Filières doubles. On les nomme ainsi, parce qu'elles se composent de deux coussinets placés vis-à-vis l'un de l'autre dans une ouverture ou coulisse, où des vis de pression les tiennent plus ou moins écartés, suivant la grosseur de la vis qu'on fait, et qu'on serre à mesure que le filet s'enfonce. Dans un atelier bien organisé, on a une série de ces filières, bien assorties de leurs coussinets et de leurs tarauds, ainsi que de leurs *mères*, depuis 4 jusqu'à 20, ou même 24 lignes de dia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètre, faisant les vis à droite, à gauche (1), angulaires ou carrées, suivant le besoin. C'est à l'entretien de ces outils indispensables qu'un chef de travaux doit le plus veiller, parce que rien n'est plus essentiel dans la construction des machines, des voitures, etc., que d'avoir de bonnes vis.

Les filières doubles sont en fer; elles portent deux manches plus ou moins longs, suivant la grosseur des vis qu'on veut faire avec. L'un de ces manches est ordinairement la vis à pression, qui serre l'un des coussinets contre l'autre placé d'une manière fixe, au fond de l'ouverture, du côté du manche immobile. Cette ouverture est alongée dans le sens des manches, et l'on pratique sur ses côtés des rainures ou coulisses dans lesquelles des languettes correspondantes, ménagées sur les coussinets, entrent très juste, de manière à les tenir exactement dans le même plan. Faisant alors à ces coussinets, vis-à-vis l'une de l'autre, des entailles circulaires, un peu moindres que la demi-circonférence de la vis qu'on veut faire, on les taraude avec la *mère*, qui la représente en grosse. Nous avons déjà dit, mais il est bon de le répéter ici, qu'on appelle *mère* le taraud cylindrique qui sert à tarauder les trous des filières simples et les coussinets des filières doubles. Il faut que ces mères soient d'acier fondu; après les avoir tournées, on les filète soigneusement sur une machine, afin d'avoir un beau pas de vis. On pratique, dans le sens longitudinal de cette vis, trois ou quatre rainures un peu plus profondes que le pas de la vis, et puis on la trempe. Alors on taraude les coussinets ajustés sur la filière, qu'on approche successi-

(1) On dit qu'un pas de vis est à droite, lorsque, pour enfoncer l'écrou on le tourne de droite à gauche, et qu'il est à gauche, quand pour l'enfoncer on le tourne dans un sens contraire. Les écrous placés aux bouts d'un essieu de voiture, pour empêcher les roues de s'échapper, sont taraudés l'un à droite et l'autre à gauche, afin que le frottement de la roue tende toujours à le visser: mais l'endroit fileté étant plus petit que le bout de la fusée de l'essieu, il s'ensuit que l'écrou ne peut pas s'enfoncer au-delà de la limite qui lui est marquée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vement au moyen du manche à vis, jusqu'à ce que le filet soit plein. Ces coussinets étant trempés, après qu'on y a fait des bouches comme dans les trous des filières simples, servent à leur tour à faire des tarauds dont on a besoin pour les écrous. Les tarauds sont légèrement coniques dans une partie de leur longueur, afin que le bout puisse s'engager dans le trou de l'écrou; le reste, environ le tiers, est cylindrique. Ces tarauds, ainsi que les mères, portent des têtes rectangulaires plus ou moins fortes, par où on les saisit, soit dans un étau, quand on taraude les coussinets, soit avec un tourne-à-gauche, quand on taraude l'écrou.

On fait des filières doubles, où la pression des coussinets s'exerce différemment. L'ouverture qui reçoit les coussinets, au lieu d'être dirigée dans le sens des manches, a sa plus grande dimension dirigée dans le sens transversal. Ils y sont placés à plans inclinés, et retenus par une plaque fixée avec des vis, ou qui, en glissant dans des rainures à queue d'aronde, les maintient dans leur position sans empêcher leur mouvement pour s'approcher ou s'éloigner; lequel mouvement leur est donné par deux vis latérales de pression. Cette disposition vaut infiniment mieux que celle où l'un des manches sert de vis. Le trou qui taraude est toujours au centre, et puis l'on n'a pas à craindre la dépression des coussinets, ainsi que cela arrive dans la première filière, par la poussée qu'on est obligé de faire à chaque instant contre la vis qui sert de manche. Nous ajouterons aussi que la façon en est moins dispendieuse, et que les coussinets, tenus d'une manière plus fixe, ne sont pas si sujets à manquer le pas de vis : mais, dans l'un et l'autre cas, on trempe toute la filière en paquet, pour la préserver des hachures, auxquelles elle est sans cesse exposée dans un atelier.

On fait usage, dans les ateliers, d'une autre petite filière double, fort commode pour faire des petites vis; elle se compose de deux plaques d'acier de 3 lignes d'épaisseur, 9 à 10 lignes de large, et 6 pouces de long. Ces deux plaques, tenues à ressort par un de leurs bouts, sont jointes par leurs bords et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

maintenues dans un même plan, par une bride à vis, placée au bout opposé au ressort. On perce une série de trous dans le joint, en mettant le plus petit du côté du ressort, qui fait ici fonction de charnière, et puis on les taraude et l'on trempe. On sent que pour que les filets soient toujours bien correspondans, il faut que la trempe ne dérange rien. On est alors obligé de tremper dans l'huile ou la graisse.

Quelque bien assorti qu'on soit de filières, on ne peut pas se dispenser d'avoir, dans un atelier où l'on se pique de bien travailler, une bonne machine à fileter les vis et les écrous; d'abord elle est nécessaire pour faire les mères; et puis, toute vis faite à la filière, soit à pas triangulaire, soit à pas carré, dont le diamètre n'est pas au-dessus de 10 à 12 lignes, s'allonge, par l'effet de la pression des coussinets. J'ai vu des vis d'un pied qui, après le taraudage, avaient un pied et six lignes. Il est certain que cet alongement ne peut se faire qu'aux dépens de la solidité. On a fréquemment besoin aussi de conserver les centres d'une pièce tournée; mais si une de ses parties doit être taraudée, on est sûr que les centres seront dérangés. Alors il faut que ce taraudage se fasse sur la machine. (*V.* Vis.) C'est à ce mot que nous décrirons la machine dont on se sert pour les faire.

Filières à bois. On fait des vis dans le bois aussi bien que dans les métaux, mais avec cette différence qu'il faut entièrement évider, par un outil tranchant, le creux du filet; tandis que dans les métaux une partie du relief hélicoïde est formée du renflement produit par la pression des coussinets.

Les filières à bois sont simples, c'est-à-dire qu'avec la même filière on ne peut faire qu'une même grosseur de vis. Il faut, par conséquent, en avoir autant qu'on veut faire de vis différentes. On prend pour cela un morceau de bois dur, comme du buis, du cormier, du sauvageon, d'une dimension convenable. On tourne les deux extrémités en forme de manche et dans le milieu, façonné en rectangle; on perce l'œil de la filière d'un diamètre égal au noyau de la vis qu'on veut que la filière fasse. On taraude ce trou, et puis, sur une des faces de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la filière, du côté qu'on destine à faire l'entrée, on loge un fer tranchant en forme de V, correspondant à un filet et dans une direction tangentielle au cercle extérieur de la vis. On le fixe dans cette position par un petit crochet en fer qui l'embrasse, et dont la tige traversant le bois de la filière, reçoit de l'autre côté un écrou. Une lumière analogue à celle d'un rabot, est pratiquée au-dessus du tranchant du V, pour donner issue aux copeaux de bois que cet outil enlève en formant le creux de la vis. Cela fait, on ajoute sur cette même face un morceau de bois qu'on y fixe avec quatre vis à bois, et puis on perce au travers un trou du diamètre extérieur de la vis, exactement concentrique au trou de la filière. Il sert en même temps de guide et de calibre à la vis qu'on veut faire.

Les filières avec lesquelles on taille les grosses vis de presse d'établis de menuisier ou d'autres, sont garnies de deux fers, l'un demi-circulaire, qui commence, et l'autre en V, qui finit.

Les tarauds des petites filières sont en acier, de forme quadrangulaire un peu conique; ceux des grosses sont tout bonnement un cylindre en bois armé d'un outil en grain d'orge, dont on gouverne la saillie par une vis de pression. Une trace en hélice pratiquée au moyen d'une scie sur son contour, et dans laquelle entre un bout de lame de fer, fixée sur le morceau de bois dont on veut faire l'écrou, sert de guide pour faire creuser le filet peu à peu, en faisant sortir le grain d'orge d'une très petite quantité à chaque voyage.

On se sert aussi, pour le même objet, de tarauds en fer, mais ronds et creux par le bout, à une profondeur correspondante au premier filet, qui ne commence qu'à 15 ou 18 lignes; là on perce un trou qui pénètre dans l'intérieur, par lequel s'échappe le copeau qu'enlèvent les bords du filet, qu'on a rendus tranchans à cet effet.

Ce que nous venons de dire des tarauds appartient à l'article Vis; mais l'explication des filières n'eût pas été complète sans cela. Nous dirons aussi que tous les bois ne sont pas propres à faire des vis. On choisit de préférence le charme, le frêne, le noyer, l'orme tortillard, à moitié sec. E. M.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FILIGRANE (*Technologie*). Le fabricant de *filigrane* emploie le fil tiré pour former de petits ouvrages à jour. Il commence par composer d'abord son ouvrage d'après le plan qu'il s'est tracé ; ensuite il soude délicatement toutes les parties qui, sans cette précaution, ne présenteraient pas assez de solidité ; mais il doit faire attention de ne pas former des masses de soudure, et de n'en employer que la moindre quantité possible, afin que les petits filets n'aient pas l'air d'avoir été soudés. Ce sont ces conditions bien observées qui, jointes à la beauté de l'ouvrage et à son précieux fini, donnent tout le mérite au filigrane, que l'on n'exécute guère qu'en or.

Aux deux dernières expositions au Louvre, M. Beaugeois, orfèvre-joaillier, à Paris, avait présenté, à l'admiration du public, un bouquet en or, dans une corbeille, pouvant former cassolette pour mettre des parfums. Cet ouvrage, de la plus belle exécution, a mérité l'éloge du Jury, qui s'est exprimé en ces termes : « Le bouquet de M. Beaugeois est tout ce qu'il est possible d'exécuter de plus gracieux, de plus vrai et de plus naturel. Il n'est personne qui ne puisse reconnaître et nommer les fleurs qui le composent ; elles présentent, toutes, leurs caractères particuliers, tant dans leur port que dans leurs feuilles et dans les organes de leurs fleurs. Ce magnifique bouquet, qui a été apprécié par tous les connaisseurs, suffirait à lui seul pour établir la réputation de l'auteur, et lui assurer le premier rang dans tout concours. »

M. Michel, de Paris, avait pris un brevet assez curieux pour faciliter la fabrication du filigrane. Son procédé est décrit dans le tome I des Brevets d'invention expirés, page 222 ; il consiste à souder sur une planche de fer-blanc, avec l'amalgame de D'Arcet, fusible à la température de l'eau bouillante, du fil de cuivre très fin argenté, contourné selon les traits du dessin qu'on veut exécuter ; on en forme ainsi une espèce de bas-relief. On le moule ensuite en terre, et l'on coule dans le moule du cuivre, de l'argent ou de l'or : on obtient l'image parfaite du dessin, et le grain même du filigrane dans toute sa pureté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On découpe ensuite les dessins, qu'on applique sur un fond pour leur donner plus de relief : on peut aussi mettre le filigrane à jour en ôtant le fond à la lime. Par ce moyen on évite le travail qu'il faudrait faire pour mettre à jour chaque pièce du filigrane en le découpant.

Pour avoir de plus grands détails, il faut consulter l'ouvrage que nous avons cité.

M. Michel a employé son procédé pour faire de très beaux filigranes pour la fabrication du papier. Les ouvriers papetiers ont tort d'appeler ces sortes de dessins FILAGRAMMES; le véritable nom est filigrane. Ce mot vient de l'italien *filigrana*, composé de *filum*, fil, et de *granum*, grain ; *filet à grain*, parce que les Italiens, qui nous ont apporté ce genre d'ouvrage, y enfilaient de petits grains ronds ou aplatis. L.

FILOCHE (*Technologie*). Petit ouvrage dont les femmes s'occupent, et dont elles faisaient autrefois des coiffes, des mouchoirs, etc., qui sont passés aujourd'hui de mode. Le procédé de cette fabrication est le même que celui qu'on emploie pour faire des *filets* (*V.* ce mot) ; la seule différence consiste en ce que la matière est moins précieuse dans les filets, et que les outils dont on se sert sont plus gros. A cela près la manipulation est la même. L.

FILON. Nom donné à un gîte de substances minérales formant un solide d'une forme généralement plane qui traverse les couches du terrain au milieu duquel il se trouve, et s'étend beaucoup dans deux sens.

Les minéraux qui composent les filons sont ordinairement entièrement différens de ceux qui constituent les roches dans lesquelles les filons sont enclavés.

La plupart des minéraux se trouvent dans ce genre de gisement; mais ce qui rend son étude intéressante pour les Arts, c'est qu'il nous fournit presque tous les métaux. Cette circonstance nous a décidé à donner dans cet ouvrage quelques détails sur leurs principaux caractères, qui, au premier coup d'œil, paraissent entièrement du ressort des sciences naturelles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les filons coupent toujours les couches du terrain au milieu duquel ils se trouvent ; position qui les fait regarder comme postérieurs à celles-ci, et comme le résultat d'une fente qui a traversé le terrain dans une certaine étendue. Cette hypothèse est pleinement justifiée par tous les caractères des filons. En effet, si l'on examine leur direction, on voit qu'elle est généralement perpendiculaire aux couches du terrain, ligne qui est celle de moindre résistance, et suivant laquelle les fentes doivent avoir lieu. Souvent les plans des couches du terrain à droite et à gauche du filon ne se correspondent plus ; ce dérangement dans la stratification peut s'expliquer par l'abaissement ou le soulèvement d'une partie du terrain, après que la fente a été effectuée.

La ressemblance entre les fentes qui se forment de temps en temps encore dans les montagnes, les fragmens de la roche environnante qu'on trouve dans les filons, etc., sont autant de circonstances qui nous prouvent que les filons sont de véritables fentes. Relativement à la cause qui a produit ces fentes, et à celle qui les a remplies, les géologues sont partagés entre deux opinions qui présentent presque également la solution des phénomènes que l'on observe. Dans l'une, émise par Werner, ce célèbre professeur allemand dit que la masse des couches était, au commencement, humide et peu solide, de sorte que lorsque l'accumulation est parvenue à une certaine hauteur, la masse des montagnes a dû céder à l'action de son poids, et par conséquent s'affaisser et se fendre.

Selon lui, le retrait que la masse des montagnes a éprouvé par la dessiccation successive des couches qui ont passé de l'état mou à l'état solide, peut aussi être la cause première des fentes.

Quant au remplissage, il regarde que les matières de filons étaient dissoutes dans les eaux, qui alors recouvraient les terrains où se trouvèrent des fentes déjà existantes, et qui étaient alors entièrement, ou en partie, vides et ouvertes à leur partie supérieure.

La seconde hypothèse mise en avant par Hutton, géologue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

écossais, consiste à supposer que les fentes ont été produites par des commotions violentes, dont le foyer était dans l'intérieur de la terre, et que ces fentes ont été également remplies par l'action de ces agens souterrains qui y auraient, pour ainsi dire, injecté les matières qui existent dans les filons.

Nous ne discuterons pas ces deux théories de l'origine des filons et des matières qui les composent, parce que nous serions obligés de faire une digression très grande sur les phénomènes géologiques qu'ils présentent; mais nous avons cru utile de les rappeler en peu de mots.

Les dimensions des filons paraissent limitées dans le sens de la direction. Ceux qui ont été suivis sur une longueur considérable, comme les filons de la Croix-aux-Mines, en Lorraine, des mines dites *Consolidatet-Mines*, en Cornouailles, et le filon principal de Schemnitz, en Hongrie, n'ont pas été reconnus sur plus de 12 à 15,000 mètres. Quant à l'étendue des filons dans le sens de l'inclinaison, les géologues qui adoptent la théorie de Werner, sur la formation de ces gîtes minéraux, les regardent comme ne s'enfonçant qu'à une très petite profondeur. Les partisans de la théorie huttonienne la supposent au contraire illimitée. L'impossibilité d'exploiter les mines, passé une certaine profondeur, à cause des frais énormes qui en résultent, laissera toujours cette question un sujet de doute.

Ainsi que nous l'avons annoncé plus haut, les substances minérales qui composent les filons sont de nature très différente. Les *minerais métalliques* qui s'y trouvent, y sont toujours accompagnés de substances étrangères qu'on appelle *gangue*. Lorsque les filons renferment une grande abondance de ces minéraux utiles, on dit qu'ils sont *riches* ou *nobles;* on les appelle, par opposition, *pauvres*, lorsque la quantité qui y est disséminée n'est pas assez considérable pour que l'exploitation en soit avantageuse. Enfin, ceux qui en sont entièrement dépourvus sont désignés par le mot de *stérile*.

Les filons, considérés en général, existent dans presque tous les terrains; mais si on se borne aux filons métallifères, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reconnaîtra bientôt qu'ils deviennent très rares dans les formations supérieures au terrain houiller ; il est même douteux qu'il existe de véritables filons métallifères au-dessus de ces terrains. Les dépôts métallifères plus modernes, comme les minerais de plomb, de calamine, de cuivre, etc., paraissent être plutôt disséminés en petits filets contemporains dans les roches au milieu desquelles ils se trouvent, qu'en filons postérieurs.

Les terrains où ces gîtes métallifères sont les plus abondans sont les terrains de transition, compris entre les terrains anciens qui forment la croûte primitive du globe et le terrain houiller, et qui forment, pour ainsi dire, un passage de l'un à l'autre.

Dans un groupe de montagnes, les filons sont rarement isolés, le plus ordinairement on en trouve un plus ou moins grand nombre à peu de distance les uns des autres. Ordinairement aussi la nature de plusieurs d'entre eux est à peu près uniforme. Aussi les mineurs disent-ils que c'est dans le pays où il y a déjà des filons exploités, qu'il faut en chercher de nouveaux.

En général, dans une même contrée, les filons de même nature sont à peu près parallèles entre eux, ou dirigés et inclinés dans un même sens. Cette circonstance prouve qu'ils ont tous été formés en même temps, et que la force qui a produit ces fentes, a agi dans la même direction.

Quant aux filons de nature différente, ils sont quelquefois parallèles ; mais le plus habituellement leur direction est différente, et ils se rencontrent. Dans ce cas, ou l'un d'eux cesse tout-à-fait, l'autre continuant sans changement dans son allure, ou ils s'unissent et marchent ensemble, ou ils se croisent.

Dans le premier cas, qui est fort rare, le filon qui se termine n'arrive pas toujours jusqu'à la paroi de l'autre filon ; mais, à son approche, il se divise en veinules qui se perdent dans la roche.

Lorsque deux filons se croisent, l'un d'eux, appelé *filon croiseur*, poursuit sa marche à travers l'autre, sans aucun

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

changement, et l'autre se retrouve au-delà du *filon croiseur;* ordinairement les deux parties du filon croisé ne sont pas en face l'une de l'autre, quelquefois même elles sont à une très grande distance. On dit alors que ce filon est *rejeté* par l'autre, et on appelle *rejet* ou *saut*, la distance qui sépare ces deux parties (1). Cette disposition indique d'une manière évidente que le filon croiseur a été formé postérieurement au filon rejeté. Nous ferons observer que, dans une contrée, les filons qui appartiennent à un même système, c'est-à-dire qui sont parallèles entre eux, et qui sont composés des mêmes élémens, sont contemporains, c'est-à-dire qu'ils sont tous coupés par les filons qui appartiennent au second système, ou qu'ils les coupent tous. Ainsi, pour donner un exemple, les filons d'étain de Cornouailles, dont la direction est N.-N.-E. S.-S.-O., sont coupés et rejetés par les filons de cuivre qui courent de l'est à l'ouest. Dans ce pays classique pour l'étude des filons, on en connaît jusqu'à sept systèmes différens, dont les plus modernes coupent et rejettent tous ceux qui leur sont antérieurs.

On remarque généralement que, lorsque deux ou plusieurs filons se rencontrent, ils sont beaucoup plus riches en minerai au lieu de leur réunion, qu'ils ne l'étaient séparément. Un exemple frappant de ce fait a eu lieu aux mines de cuivre et d'argent de Baigorry, dans les Pyrénées; à la réunion des filons des *Rois*, de *Sainte-Marie* et de Berg-op-Zoom, on a

(1) Ces rejets ou dérangemens de filons sont toujours préjudiciables aux exploitations, et il est nécessaire de retrouver la portion dérangée, pour pouvoir continuer l'exploitation. Au contraire, pour faire cette recherche, lorsque le filon croiseur est riche, on suit sa pente et sa direction; mais ces travaux deviendraient trop coûteux si le filon croiseur était stérile. Alors, il faudra se rappeler qu'il y a eu glissement suivant la ligne d'inclinaison du nouveau filon. En examinant les différentes espèces de ces rejets, on verra qu'il faut rechercher la partie rejetée du côté de l'angle obtus que fait la portion du filon ancien que l'on a suivi avec le filon croiseur que l'on rencontre; si les deux filons ont une pente analogue, on la recherchera du côté de l'angle aigu s'ils ont une pente opposée, ou si l'un d'eux est à pente inverse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rencontré des massifs de minerai de 40 mètres de longueur, qui ont donné des produits très considérables.

Recherche et indices des filons. La géologie est la seule science qui puisse nous guider sur la découverte des filons. Malheureusement elle ne donne jusqu'ici que des règles négatives qui bornent à certains terrains l'espérance de trouver des dépôts métallifères, sans jamais assurer que tel ou tel gîte se trouve dans une étendue déterminée de tel ou tel terrain. Il existe cependant quelques indices qui annoncent avec plus ou moins de probabilité le voisinage de certains gîtes de minerai. M. de Bonnard, dans un article très intéressant sur les filons, inséré dans le *Nouveau Dictionnaire des sciences naturelles*, les divise en *indices prochains, indices éloignés, et indices négatifs.*

Les premiers sont : 1°. l'existence d'autres filons déjà connus et exploités ; 2°. la rencontre de morceaux de minerai roulés par les ravins ; 3°. l'apparition au jour de la tête, ou l'affleurement d'un filon ; 4°. l'action de l'aiguille aimantée pour les seuls filons de fer oxidulé ; 5°. la rencontre de minerais qui existent ordinairement avec ceux que l'on cherche. Ainsi, le wolfram est un bon indicateur de l'étain, et son existence, à Puy-les-Vignes et à Vaulry (dans le département de la Haute-Vienne), a donné l'idée de faire des recherches qui ont conduit à trouver deux gîtes de minerai d'étain.

Les *indices éloignés* sont : 1°. les filons stériles ; 2°. la nature du terrain et la forme du sol ; ces indices très vagues le deviennent moins dans certaines localités, quand telle sorte de terrain y renferme ordinairement des filons, ou quand on sait que les filons s'y rencontrent habituellement dans tels rapports avec la configuration de la surface ; 3°. les eaux chargées de parties métalliques sont un indice de quelque valeur, quand elles sortent d'un filon en apparence stérile, ou d'une couche de terrains à filons ; cette circonstance n'annonce rien quand ces eaux proviennent d'un terrain d'argile ou de sable, etc.

Les *indices négatifs* sont nombreux, mais très difficiles à désigner, à l'exception de ceux qui naissent de l'espèce et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'âge des terrains. Ainsi, parmi les terrains anciens, les formations serpentineuses ont été reconnues jusqu'ici stériles ; les terrains volcaniques modernes paraissent exclure les filons. Enfin ils sont très rares dans les terrains supérieurs au calcaire alpin ; dans celui-ci même, les substances minérales y sont plutôt disséminées en petits filets contemporains, qu'en véritables filons.

Quand, par une réunion d'indices, on soupçonne l'existence d'un gîte de minerai, sans cependant en avoir des preuves positives, il faut tâcher d'en acquérir la certitude complète par des travaux de recherche, avant de commencer de suite une exploitation régulière qui entraînerait dans des dépenses considérables en pure perte, si par hasard le gîte était pauvre. On peut diviser en trois classes les travaux de recherche :

1°. *Recherches par tranchée ouverte;* 2°. *Recherches souterraines ;* 3°. *Recherches par le sondage.*

Les *recherches par tranchée ouverte* ont pour but de reconnaître l'affleurement des couches et des filons, c'est-à-dire de la partie qui se montre au jour. Pour les exécuter, on ouvre le long de cet affleurement une tranchée plus ou moins large, qui, en écartant la terre végétale, ainsi que les parties du rocher altérées par l'atmosphère, met à découvert les roches vierges, et permet de distinguer les couches et les filons qui les traversent. La tranchée doit toujours être conduite dans une direction perpendiculaire à celle du gîte à explorer. Ce mode de recherches est peu dispendieux, mais aussi donne peu de lumières.

Les *recherches souterraines* donnent des connaissances beaucoup plus étendues. Elles s'exécutent à l'aide de diverses espèces de percement : savoir, de *galeries d'alongement*, creusées dans la masse des couches ou filons, et suivant leur direction ; de *galeries de traverse*, menées perpendiculairement à la direction des couches ou filons ; de *puits inclinés*, suivant la pente des gîtes, et creusés dans leur masse, et de *puits verticaux*.

Si un filon se montre sur le flanc d'une montagne, on l'ex-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plore, suivant qu'il coupe la pente sous un angle plus ou moins aigu, au moyen d'une *galerie d'alongement*, ouverte dans sa masse, à partir de son affleurement, ou d'une galerie de traverse qui va le joindre en un certain point, à partir duquel on ouvre, soit une *galerie d'alongement*, soit un puits *sur la pente*.

S'il s'agit de reconnaître un filon dans un terrain plat, on y parviendra avec une exactitude bien suffisante, au moyen de puits de 8 à 10 mètres de profondeur, ouverts à 30 mètres les uns des autres, creusés dans la masse, et suivant la pente de la gîte.

Comme on ne peut savoir d'avance si les excavations faites pour des recherches seront dans la suite de quelque usage, on ne doit faire dans leur exécution que la dépense strictement nécessaire pour leur existence momentanée.

Pour un filon très peu incliné à l'horizon, on emploie avec succès le sondage pour en découvrir la direction, l'inclinaison et l'épaisseur. En effet, on conçoit que si on a pu le rencontrer en trois points, par des trous de sonde, tous les élémens que nous venons d'indiquer sont à peu près connus, puisque les filons sont ordinairement des masses alongées dans une direction, et suivant une inclinaison assez constante, comme elles seraient des surfaces sensiblement planes.

L'instrument appelé sonde est une espèce de grande tarière, avec laquelle on fait des trous cylindriques qui ont de $0^m,15$ à 0,30 de diamètre, et quelquefois jusqu'à 200 mètres et même plus de profondeur. On la décrira avec détail à l'article Sonde.

Lorsque, par ces recherches préparatoires, on a reconnu l'existence et la richesse d'un filon, il faut en faire l'exploitation par des travaux réguliers, et appropriés aux différentes circonstances; nous les décrirons avec quelque détail à l'article Mines. D.

FILOSELLE (*Technologie*). C'est le nom qu'on donne à la partie de soie qu'on rebute au dévidage des cocons. On la file et on la met en écheveaux comme la soie; on en fait des pa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dous, des ceintures, des lacets, du cordonnet, certaines étoffes dont nous parlerons plus bas. La filoselle porte aussi le nom de *bourre de soie* ou *fleuret*. Ces différentes dénominations signifient absolument la même chose ; mais l'une ou l'autre se trouve adoptée de préférence dans certaines manufactures ou fabriques.

C'est d'abord en Italie qu'on a su tirer parti de la bourre de soie ; ce n'est guère que depuis le commencement de ce siècle qu'on est parvenu à la travailler avantageusement en France. Avant cette époque, dans nos départemens méridionaux, faute de savoir employer la coque des vers, on la jetait sur les fumiers, après en avoir dévidé la soie. Cette matière est dure, sèche, tenace et cassante ; mais on remédie à ces inconvéniens en la laissant long-temps macérer dans l'eau qui dissout la grande quantité de substance gommeuse dont le ver l'avait imprégnée avant sa transformation en chrysalide ; on la soumet à la presse pour en faire sortir le plus d'eau gommée possible, et on la remet dans de nouvelle eau : c'est à force de renouveler ces opérations qu'on parvient à la dégommer parfaitement. Alors on exprime l'eau à la presse, on fait sécher la bourre, on la bat fortement, on l'enduit légèrement d'huile, seulement avec quelques gouttes qu'on prend dans la main, et on la carde.

Avant que l'usage des cardes mécaniques fût généralement adopté, on employait des cardes très fortes, peu larges pour leur longueur, qui est d'environ neuf à dix décimètres. L'une est fixée, de champ, au mur, en face et à la hauteur de la tête de l'ouvrier assis ; il la garnit suivant l'usage ; il tient l'autre carde par les deux extrémités, et tire avec beaucoup de force, ce qui est absolument nécessaire pour diviser et étendre les parties resserrées de cette matière, qui se déchirerait entièrement sans la macération qu'elle a éprouvée : insensiblement les parties trop durcies, trop tenaces, se détachent. En travaillant cette bourre à plusieurs reprises, on la met en état d'être filée, tissée ou tricotée.

On file cette substance soit au rouet et à la quenouille,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soit au fuseau, comme on file la laine peignée, le chanvre ou le lin. Au reste, de cette manière, la bourre n'est jamais filée qu'en gros; elle n'est point susceptible d'acquérir un certain degré de finesse, et ne peut former un beau fil; aussi ne l'emploie-t-on que dans les étoffes grenées, comme les moires, ou dans les petites étoffes connues sous les noms de *satinades*, *brocatelles*, etc.

La plupart des paysans de la Lombardie, qui nous ont enseigné ces procédés, sont vêtus, et leurs maisons sont meublées d'étoffes de filoselle.

Depuis que les cardes et les filatures mécaniques sont plus répandues, on est parvenu, en perfectionnant les procédés des Italiens, à dégommer très parfaitement la bourre, à la filer presque aussi fin que le coton, et à en faire de belles étoffes.

Les fabricans de Lyon et de Nîmes avaient présenté à l'exposition de 1819, et surtout à celle de 1823, des étoffes très belles et d'un excellent goût.

La filature de la bourre de soie n'est pratiquée en France que depuis peu d'années; et l'on sait que c'est en grande partie à l'impulsion donnée par la Société d'encouragement que les premiers succès en sont dus. Cette industrie, quoique bien connue en 1819, et déjà en possession des machines qui lui sont propres, ne fournissait encore que peu de produits. Depuis cette époque, plusieurs établissemens ont été créés, et ils prospèrent. M. Eymieu, à Saillans (Drôme), avait présenté des fils du n° 140; une médaille d'argent lui fut décernée. En 1823, il a encore présenté de plus beaux produits.

M. Ajac, de Lyon, a présenté, en 1823, une grande variété de schalls longs et carrés, en bourre de soie, imitant le cachemire; on remarquait surtout un schall ponceau grande guirlerie, et palmes variées. Tous ses produits sont d'une exécution parfaite; la variété d'imitation qu'on y remarque fait le plus grand honneur à ce fabricant, dont les travaux ont enrichi le commerce français d'une nouvelle industrie, par l'emploi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une substance qu'on rejetait, et qu'on ne prévoyait pas devoir jamais fournir d'aussi beaux ouvrages. L.

FILTRATION, FILTRE. La filtration est une opération purement mécanique, à laquelle on a fréquemment recours en Chimie et dans beaucoup d'Arts différens; elle a pour objet de séparer d'un liquide quelconque des molécules de corps étrangers qui y sont tenus en suspension. Le plus ou le moins de ténuité de ces molécules, la nature et la densité du liquide, sont autant de causes qui forcent de varier les moyens qu'on peut employer pour arriver à ce but.

Lorsqu'on a de grandes masses de liquide à filtrer, on se sert de tissus plus ou moins serrés, et l'on emploie du papier non collé quand on n'agit que sur de petites quantités. Pour les opérations délicates de la Chimie expérimentale, c'est au papier dit *joseph*, de Rouen, que l'on donne la préférence, comme étant le plus pur, et par conséquent le moins susceptible de céder de sa propre substance aux corps avec lesquels on le met en contact; encore faut-il, pour les liqueurs acides, avoir la précaution de laver les filtres avec de l'acide hydrochlorique affaibli, afin de leur enlever la petite quantité de carbonate de chaux et d'oxides métalliques qu'ils contiennent; autrement, ces corps viendraient s'ajouter à ceux déjà dissous, et modifier les résultats de l'analyse.

Cette opération, toute minime qu'elle peut paraître, est néanmoins une des plus difficiles à bien exécuter, en raison des précautions et des soins qu'elle exige, soit pour laver exactement le précipité, soit pour ne rien perdre des produits, soit enfin pour la faire marcher avec promptitude. La perfection du filtre et la forme de l'entonnoir influent singulièrement sur ce dernier résultat; il faut que les dimensions de ce vase soient telles, que son ouverture fasse environ les trois quarts de sa hauteur, mesurée depuis la sommité de son pavillon jusqu'à la naissance de la douille. Si l'entonnoir a plus d'ouverture, le plan des parois intérieures n'est point assez incliné, et le liquide, surtout s'il a un peu de viscosité, ne coule qu'avec une lenteur extrême. Chacun connaît la confi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

guration d'un filtre ordinaire ; on sait que c'est une espèce de cône, qu'on obtient en ployant d'abord un carré de papier en forme de fichu, puis en faisant une série de plis alternatifs disposés comme ceux d'un éventail. Plus ces plis sont multipliés, et plus le filtre a de débit, parce que, ne posant sur l'entonnoir que par les arêtes des plis, alors le liquide peut suinter par toute la surface du papier, tandis que, quand les plis sont trop larges, ils ne peuvent soutenir le poids du liquide ; ils s'appliquent contre les parties supérieures de l'entonnoir, et dans toute cette zone il n'y a point d'écoulement possible. Pour donner du soutien à un filtre, deux précautions sont nécessaires : la première est de repasser entre le pouce et l'index tous les plis, après avoir ouvert le filtre ; on rend ainsi les arêtes beaucoup plus vives et moins susceptibles de s'affaisser ; la deuxième est d'enfoncer le filtre très avant dans la douille de l'entonnoir, afin de diminuer autant que possible la base de la colonne, où le liquide pèse davantage, et où le filtre est plus exposé à se rompre.

Pour ne rien perdre des produits qu'on doit recueillir, il faut : 1°. proportionner la dimension du filtre à la quantité de précipité qu'il doit contenir ; car, quelque précaution qu'on prenne, on éprouve nécessairement un peu de perte, et elle se trouve toujours proportionnelle à l'étendue de la surface. Si au contraire le filtre est assez petit pour que le précipité le remplisse entièrement, le lavage devient très difficile à bien faire, et l'on est exposé à projeter au-dehors un peu du précipité. 2°. il est nécessaire encore d'apporter tous les soins possibles à bien laver le précipité, ce qui n'est pas toujours aisé, surtout lorsqu'il est plutôt floconneux que grenu ; car alors il jouit d'une sorte de compacité qui le rend presque imperméable à l'eau ; aussi, dans ce cas, doit-on le laver par simple décantation avant de le déposer sur le filtre. Ceux qui commencent l'étude de la Chimie-pratique s'imaginent ordinairement que le meilleur moyen de bien laver un filtre, c'est de l'inonder ; mais l'expérience leur démontre bientôt qu'il en est tout autrement, et que la seule manière d'aller vite, c'est de ve

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau pour ainsi dire goutte à goutte sur les bords du filtre, en parcourant successivement tous les points de la périphérie. Cette espèce de lavage à courant continu réussit parfaitement à déloger toutes les molécules étrangères que la capillarité du papier tend à faire remonter continuellement vers les bords. Il est toujours facile de s'assurer de l'exactitude du lavage, soit en promenant l'extrémité de la langue sur les bords du filtre, qui dans ce cas ne doivent laisser aucune saveur; soit en essayant par les réactifs le liquide filtré, qui doit sortir aussi pur que l'eau distillée qu'on emploie.

Des précautions d'un autre genre sont nécessaires pour retirer le précipité que contient le filtre. Ainsi, on ne doit jamais toucher un filtre que quand il est bien égoutté, sans quoi ce frêle tissu se brise entre les doigts, et il devient impossible d'enlever exactement sur ces lambeaux tout le précipité qui les recouvre. Il faut donc, de toute nécessité, 1°. attendre qu'il ne coule plus de liquide; 2°. mettre le filtre à égoutter sur plusieurs doubles de papier non collé, et même l'envelopper sans le déployer. On y parvient facilement en saisissant la douille de l'entonnoir dans la main droite, puis en roulant le pavillon dans la main ganche; en donnant de légères secousses, le filtre se sépare des parois de l'entonnoir, et quand il est complètement détaché, on pose le pavillon sur les doubles, et sans se dessaisir de l'entonnoir, on retire brusquement la main droite par un mouvement en arrière. Lorsque le filtre a ainsi séjourné pendant un certain temps sur ces doubles de papier, qu'on a dû renouveler au besoin, il devient très facile de le dérouler et de l'étendre sur une feuille de papier; c'est alors seulement qu'on peut, à l'aide d'une lame d'ivoire, enlever le précipité sans perte appréciable.

Les filtres de papier ne peuvent être employés, comme nous l'avons déjà observé, que pour de petites quantités de liquide; autrement il faut avoir recours à des moyens plus expéditifs. Dans le plus grand nombre de cas, on se sert de filtres en toile ou en étoffe de laine, et l'on en varie la forme suivant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'occurrence. Tantôt ce sont de simples carrés fixés par des pointes placées sur les quatre angles d'un châssis en bois; d'autres fois ce sont des espèces de cônes auxquels on donne le nom de *chausses*, qu'on adapte à des cercles en fer. Dans quelques circonstances, on recouvre les carrés de toile avec du papier non collé; mais cela ne peut avoir lieu que pour des liquides qui jouissent d'une grande fluidité et qui passent très vite. Dans le cas contraire, il faut nécessairement filtrer au nu, ce qui oblige à prendre des toiles d'un tissu très serré. On aussi préfère-t-on, pour cet usage, celles connues sous le nom de *treillis*, parce qu'elles sont fortes et croisées. L'emploi de ces tissus seuls exige cependant quelques précautions si l'on veut obtenir une liqueur parfaitement claire, attendu qu'elles ne sont point assez serrées pour retenir les molécules les plus ténues. Voici comment on doit s'y prendre : il faut commencer par mouiller la toile, afin de gonfler la fibre et resserrer le tissu; et, de plus, on doit avoir grand soin de verser de suite une grande quantité du liquide à filtrer, pour entretenir le filtre toujours plein. Par ce moyen, les molécules les plus grossières des corps étrangers tenus en suspension viennent se déposer entre les mailles et les oblitérer. Alors les autres ne peuvent plus pénétrer, et le liquide passe clair; à cette époque on change de récipient, et l'on verse sur la toile la portion déjà filtrée. Il est facile de prévoir que la marche de l'opération sera d'autant plus rapide, que le filtre sera mieux entretenu; car il est certain que non-seulement l'écoulement sera toujours en raison de la surface découverte, mais que de plus, si on laisse pendant quelque temps les bords du filtre vacans, le dépôt s'affaissera davantage et prendra de la cohésion, surtout si le liquide contient des corps en dissolution susceptibles de se concréter par la dessiccation. L'espèce de vernis qui en résultera s'opposera à l'imbibition de la toile lorsqu'on viendra à charger de nouveau. Ainsi, point de doute, le meilleur moyen d'aller vite, c'est de maintenir toujours le filtre bien plein; il y a même encore un autre avantage attaché à cette méthode, c'est d'en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

beaucoup moins exposé à troubler le liquide déjà filtré. En effet, on a beau prendre des précautions pour verser doucement, il arrive presque toujours, quand la couche du liquide est peu épaisse, et surtout si le dépôt est léger, il arrive presque toujours, dis-je, qu'en versant on atteindra jusqu'à la toile, et qu'après l'avoir ainsi débarrassée momentanément des impuretés qui l'obstruaient, le liquide passera trouble pendant quelques instans. Cet accident, qui n'a lieu que trop souvent, rend un autre soin nécessaire; c'est celui d'enlever la liqueur du récipient à mesure qu'elle est filtrée, autrement on est parfois obligé de recommencer. Il est utile, surtout en été, de couvrir les filtres, pour éviter une trop prompte évaporation, qui accroît la densité du liquide, et nuit par conséquent à sa filtration.

Tout ce que nous venons de dire s'applique également aux filtres en laine; leur tissu est ordinairement beaucoup plus lâche; aussi ne s'en sert-on que pour les liquides visqueux, tels que les sirops. L'épaisseur et le duveteux de ces étoffes suppléent au grand écartement des mailles de leur trame, parce que l'ensemble forme un tissu spongieux qui présente une série de couches successives, sur lesquelles le liquide dépose les molécules qu'il retenait en suspension.

Certaines substances, plus visqueuses encore que les sirops eux-mêmes, et qui contiennent d'ailleurs des impuretés plus grossières, exigent, pour leur clarification, des filtres plus épais et moins serrés. Les térébenthines sont dans ce cas; elles entraînent, pendant leur extraction, quelques débris de matières végétales, dont il est nécessaire de les débarrasser. On y parvient facilement en versant la térébenthine brute dans des caisses dont le fond est perforé d'un grand nombre de trous, qui sont recouverts d'une couche de paille assez épaisse. Cette première caisse est elle-même placée sur une deuxième à fond plein, qui sert de récipient, et tout l'appareil est exposé aux rayons solaires. La chaleur ramollit la térébenthine et en facilite l'écoulement au travers de la paille, sur laquelle viennent se déposer les ordures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les huiles se filtrent encore d'une autre manière : on a, comme dans le cas précédent, soit une caisse, soit un tonneau perforé dans son fond et superposé à un récipient quelconque, mais, au lieu de paille, on remplit chaque trou avec un tampon de coton peu foulé, qui se laisse pénétrer par l'huile, sans donner passage aux corps étrangers.

Les acides et autres matières corrosives ne peuvent être mis impunément, comme chacun sait, en contact avec des substances organiques ; et, lorsqu'on est obligé de les filtrer, on se sert assez habituellement, soit de verre pilé bien lavé et séché, soit de sable siliceux et non calcaire. On en met une couche un peu épaisse, et l'on a soin de placer les fragmens les plus grossiers à la partie inférieure. On voit donc qu'on peut varier à l'infini, et suivant le besoin, les moyens de filtration. Déjà nous en avons indiqué plusieurs à l'article Eau, et l'on en indiquera d'autres encore à l'article Fontaine.

Depuis quelques années on a proposé, en Angleterre et en France, de faire le vide sous les filtres, comme un moyen très efficace d'accélération ; et l'on conçoit en effet que cette soustraction de l'air inférieur doit déterminer une aspiration capable de forcer le liquide à se faire passage. Mais l'emploi de cette méthode doit être, à notre avis, sujet à de graves inconvéniens ; elle exige, par exemple, des appareils assez dispendieux et compliqués, dont on ne peut guère confier la manœuvre à des ouvriers ordinaires. Le temps qu'on peut gagner d'un côté, se trouve probablement compensé par les dépenses et l'embarras que cela nécessite. Il paraît que, de toutes les applications proposées, c'est le terrage du sucre qui a donné les meilleurs résultats ; et la raison en est toute simple. Cette sorte de filtration s'effectue au travers d'un corps poreux, mais solide, qui se trouve appuyé sur des parois capables de résister à l'action du vide ; et comme dans ce cas ce n'est qu'une espèce de lavage, on n'a point à craindre d'entraîner les impuretés par l'excès d'aspiration, puisqu'il n'en existe pas.

La première condition essentielle pour qu'on puisse faire le vide, c'est que la partie inférieure des filtres soit enfermée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entre des parois capables de résister à la pression extérieure qu'elles doivent supporter ; et il faut de plus que cette capacité où se fait le vide ne présente aucune ouverture par où l'air puisse pénétrer, et par conséquent qu'il n'y ait que le liquide seul des filtres qui puisse s'y introduire, pour remplacer l'air évacué. Telles sont les données indispensables qui doivent servir de bases à la construction de ces appareils. Mais on conçoit que, pour déterminer l'effet cherché, il ne s'agit, en dernière analyse, que d'exercer à la partie supérieure du filtre une pression plus forte que celle qui a lieu dans la capacité inférieure du récipient : or, on peut arriver à ce résultat de bien des manières différentes. Le moyen qui s'offre le premier, comme étant le plus simple, est celui qui a été proposé en août 1819, par M. Henry Tritton, et pour lequel il a pris en Angleterre un brevet d'invention, qu'on trouve inséré dans le n° 251 du *Repertory of Arts*, avril 1823. Ce moyen consiste à évacuer, à l'aide d'une machine pneumatique, une grande partie de l'air contenu dans la capacité inférieure ; mais on conçoit qu'on peut remplacer, et même très avantageusement, la machine pneumatique par une petite machine à vapeur. Il est encore possible de déterminer le vide en faisant communiquer le récipient avec un vase bien clos d'une grande capacité, qu'on remplirait entièrement d'eau ou d'un liquide quelconque, dont l'écoulement pourrait s'effectuer au moyen d'un robinet placé à la partie inférieure du vase. Alors, comme la partie supérieure du liquide n'est en communication qu'avec la capacité du récipient des filtres, il en résulte nécessairement une grande dilatation dans l'air contenu, et par conséquent un vide partiel. On peut encore, comme l'a proposé M. Derosne, dans son *Mémoire sur la fabrication du sucre dans les colonies* (pages 39 et 40), on peut, dis-je, obtenir le même résultat en déterminant à la surface du filtre un accroissement de pression, au lieu de faire le vide à la partie inférieure. Mais comme les avantages de ces appareils n'ont point encore obtenu la sanction de l'expérience d'une manière assez positive, nous n'en donnerons point ici les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

descriptions détaillées, et nous nous contenterons d'en avoir exposé les principes généraux. R.

FILTRE-PRESSE (*Technologie*). Le filtre-presse, inventé par feu M. le comte *Réal*, consiste dans un cylindre métallique monté à vis sur une base de même matière, qui sert de réservoir ou récipient, et porte un petit robinet d'écoulement. Le cylindre est séparé de la base par un diaphragme percé de petits trous, et qui, se vissant sur cette base, reçoit aussi à vis le cylindre dont il est surmonté. A la partie supérieure est adapté un chapiteau creux, dont le fond est criblé de petits trous, et qui reçoit une douille, sur laquelle on soude un tuyau de plomb communiquant à un réservoir plus ou moins élevé au-dessus de l'appareil; l'intérieur du cylindre est divisé en plusieurs compartimens par des diaphragmes mobiles, lorsque la nature de la matière ou la force de la pression établie l'exige. Toutes les séparations à vis sont garnies de rondelles de cuir gras, afin que les liquides ne puissent pas passer par les joints.

Lorsqu'on veut faire usage de cet appareil, on détrempe avec le dissolvant convenable, la substance sur laquelle il s'agit d'opérer, et qui doit être préalablement réduite en poudre très fine, et de manière à en former une espèce de pâte; on triture ce mélange, et on le laisse assez de temps pour que la dissolution soit complète; on le chauffe même si l'on juge que cela soit nécessaire; ensuite on le place dans le cylindre, et on foule de manière à serrer autant que possible le mélange; on place le chapiteau sur le cylindre, et l'on établit la communication de l'appareil avec le réservoir supérieur.

Cette communication établie, l'eau vient presser sur le mélange contenu dans le cylindre, avec une force due à la hauteur de son niveau au-dessus de l'appareil, et chasse devant elle le dissolvant chargé de la substance qu'on voulait dissoudre. Ce liquide remplissant les intervalles des molécules solides de la substance, est ainsi remplacé par l'eau, et, passant à la partie inférieure du cylindre, traverse le diaphragme inférieur et tombe dans le récipient. Cet appareil offre donc

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une application toute nouvelle de la pression hydraulique, et présente un principe auquel on n'avait point encore songé, qui consiste à substituer un liquide à un autre liquide disséminé entre les molécules ou parties très ténues d'un corps pulvérisé, et qui, par l'infusion ou la macération, s'est chargé des parties résineuses, gommeuses, ou colorantes d'un corps solide. L'effet produit dans cet appareil participe également de la pression hydraulique et de la filtration.

On pourrait peut-être craindre que le contact immédiat de l'eau et de la substance liquide dissolvante occasionât un mélange nuisible au résultat de l'opération; mais cette idée sera bientôt détruite, lorsqu'on aura examiné la manière entièrement mécanique dont l'eau agit dans cette circonstance. Tout le monde sait que, dans un tube capillaire, on peut faire succéder plusieurs substances liquides différentes, sans qu'il y ait mélange de ces substances, parce que la surface de contact est très petite, et que l'agitation nécessaire pour opérer ce mélange est impossible. Or, on peut considérer les intervalles entre les molécules solides du corps pulvérisé, comme des espaces capillaires dans lesquels le mélange ne peut s'opérer, mais qui sont susceptibles de recevoir un liquide tel que l'eau, et lui permettent de se substituer à un autre, de quelque nature qu'il soit.

Tous les liquides peuvent être employés comme dissolvans, et l'eau servira de liquide agissant : ainsi, on peut mettre en usage l'eau, l'alcool, les acides, etc., et n'employer pour chasser ces substances que de l'eau seule.

Nous pourrions rapporter une infinité d'expériences qui ont été faites pour prouver l'excellence de cet instrument; mais nous nous bornerons à citer l'expérience suivante, qui est singulière, et qui montre l'impossibilité du mélange des substances liquides destinées à la dissolution, avec le liquide de la colonne agissante.

M. *Réal* ayant extrait, au moyen de l'alcool, la résine contenue dans la poudre d'un bois résineux, voulut soumettre de nouveau le marc de la première opération à l'action du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

filtre-presse : il humecta cette poudre avec de l'alcool le plus rectifié qu'il eût alors à sa disposition ; mais n'en ayant pas une quantité suffisante de cette espèce, il détrempa le reste avec de l'alcool à un degré un peu moins élevé ; il plaça d'abord dans le fond de l'appareil la première portion, et versa l'autre par-dessus. La pression étant établie, il reçut, dans le récipient, l'alcool du plus haut degré, sans aucune altération de densité ni de transparence ; et lorsque cette première partie se fut écoulée tout entière, il vit arriver immédiatement l'alcool de la seconde partie aussi transparent que le premier, et conservant la même pesanteur spécifique ; enfin, succéda l'eau de pression, sans aucun indice de combinaison avec l'alcool.

M. Réal avait imaginé de donner la pression par le mercure, ce qui exige une colonne beaucoup moins haute ; mais après avoir réfléchi aux inconvéniens que pourrait entraîner l'emploi d'une grande quantité de mercure, M. Hoyau a proposé d'y substituer une pompe de la moitié de la capacité du cylindre. Cette pompe, placée au-dessus de l'appareil, est surmontée d'une cuvette qui sert à l'alimenter ; et un levier, tournant autour d'une charnière fixée au bord de la cuvette, presse sur le piston avec une force qui dépend de la distance à laquelle est placée la force sur le bras de levier, ainsi que de l'intensité de cette force.

La fig. 1 de la Pl. 28 représente en coupe l'appareil dont les parties sont détachées, et prêtes à être mises en place, à vis.

La fig. 2 montre, sur une plus petite échelle, l'appareil tout monté, tel que l'a proposé M. Hoyau.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans les deux figures.

La tubulure supérieure A est garnie de son robinet d'introduction du liquide de pression.

Le chapiteau B est creux ; son fond est un diaphragme criblé de trous.

Le cylindre C, dans lequel on place la matière dont on veut faire un extrait.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le diaphragme D, qui sépare le cylindre C du réservoir ou citerne, dans laquelle l'extrait est reçu.

Le réservoir E, qui reçoit l'extrait refoulé par la pression de la colonne.

Le robinet d'écoulement F.

Les cuirs gras G, G, G, qui séparent les différentes pièces de l'appareil, et empêchent la sortie de l'eau.

La même figure présente l'appareil surmonté d'une pompe de pression, qui évite l'inconvénient d'un réservoir élevé, et permet d'augmenter la pression à volonté. On y remarque :

Le levier H de pression.

L'attache I, ou point de rotation fixe du levier.

La tige K du piston.

La cuvette L, ou réservoir dans lequel on verse le liquide de pression.

Le couvercle M, fixé par des vis sur le réservoir, afin d'empêcher l'évaporation du liquide de pression, lorsque ce liquide est alcoolique.

La boîte à étoupes N, dans laquelle passe la tige du piston.

La pompe de pression O.

Le piston P, garni de deux soupapes qui permettent au liquide de passer sous le piston et l'empêchent de remonter au-dessus.

L'appareil Q, sur une échelle de moitié de la fig. 1.

Cet appareil présente de très grands avantages étant employé en grand, comme le fait M. Salleron, pour extraire le tannin. Il n'est point douteux, d'après une grande quantité d'expériences que nous n'avons pas cru devoir rapporter, que le *filtre-presse* de M. Réal ne puisse recevoir des applications aussi heureuses que multipliées, et qu'il ne puisse être considéré comme un instrument nouveau à ceux qui s'occupent de l'analyse des substances végétales.

Des personnes qui désireraient se procurer un appareil en étain comme celui que nous avons décrit, fig. 1, peuvent s'adresser à madame Pichon, rue de la Vieille-Estrapade, n° 7.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou à M. Dussaussois, potier d'étain, rue des Boucheries-Saint-Germain, n° 59. L.

FINANCIER (*Commerce*). Homme qui dispose de grands capitaux dans des entreprises fort étendues, ou qui administre les deniers de l'État. Cette profession est susceptible d'embrasser des projets si vastes, qu'elle échappe, par sa généralité même, aux limites que nous pourrions considérer dans un article spécial. Selon que le financier gouverne ses propres fonds, ou ceux que ses clients lui ont confiés, qu'il agit en temps de paix ou de guerre, dans des associations nationales ou étrangères, terrestres ou maritimes, etc., ses fonctions deviennent si diverses, qu'elles ne sauraient être envisagées sous les rapports qui lui conviennent. Nous nous bornerons à renvoyer aux mots BANQUIER, COMMANDITAIRE, COMMERÇANT, LIVRES, etc. FR.

FINISSEUR (*Technologie*). Les mouvemens d'horlogerie, soit en montres, soit en pendules, sont toujours faits en fabrique par deux ouvriers principaux, l'un qu'on nomme *ébaucheur,* l'autre qui porte le nom de *finisseur.* Il est important de bien distinguer les fonctions de ces deux ouvriers.

L'*ébaucheur* fait le *mouvement en blanc*, qu'on nomme aussi *ébauche*. Pour faire bien concevoir le travail de cet ouvrier, nous allons prendre pour exemple une *ébauche de montre;* on en fera facilement l'application à *une ébauche de pendule.*

L'ouvrier fait les platines selon le calibre qu'on lui a donné; il monte la cage, fait le barillet, le creuse, ajuste son couvercle; il fait aussi l'arbre du barillet, le fait tourner droit et rond sur cet arbre, qu'il ajuste en cage, fait le rochet et la masse en acier, place celle-ci sur la platine, et la fait engrener dans les dents du rochet. Il dispose aussi la fusée en laiton, qu'il chasse à force ou qu'il soude à l'étain sur son arbre, après l'avoir trempé; il tourne la fusée sur l'arbre, et lui donne à peu près la forme qu'elle doit avoir, mais ne la taille pas; il ajuste la grande roue, fait l'enclictage de fusée qu'il fait jouer, et fait tenir la grande roue avec la fusée, par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le moyen d'une *goutte* d'acier, ou autrement, selon le système adopté. Il fait l'arrêt et le garde-chaîne.

Il fait le pignon du centre, celui de petite roue moyenne, celui de roue de champ, ou de la roue qui la remplace, le pignon de la roue d'échappement; ces pignons sont terminés, trempés et polis. Il enarbre chacune de ces roues, après qu'elles sont fendues, sur le pignon qui lui convient, mais il ne fait pas finir les dentures; il se contente d'arrondir, à la main, deux ou trois dents de chaque roue, afin de pouvoir mettre les pignons à leur place en cage, pour livrer son ébauche. Il fait la potence, son lardon avec la clef de potence, la contre-potence et la plaque, si c'est un mouvement à roue de rencontre, les minuteries composées de la chaussée, la roue de renvoi et celle de cadran. Enfin, il fait la coulisse, le râteau et la roue de rosette montée sur son arbre; il lime et ajuste le coq avec son coqueret d'acier; il lime le carré de la fusée et celui de l'arbre du barillet, et les polit; enfin il ajoute le balancier dégrossi, remonte la pièce après en avoir adouci toutes les pièces en laiton, et la livre pour être finie.

Le finisseur prend l'ébauche, vérifie toutes les pièces; il achève de tourner le barillet, y met le crochet, de même qu'à l'arbre, dans le trou que l'ébaucheur avait percé avant de le tremper, et envoie le barillet, ainsi préparé, pour faire faire le ressort. Il donne à la fusée la forme nécessaire, et l'envoie pour la tailler, et de là il la fait passer chez la faiseuse de chaînettes, qui y ajuste celle qui est convenable.

Ensuite, après avoir fait les pivots aux pignons de toutes les roues ordinaires, et les avoir mises en cage, il les envoie à la faiseuse de dentures. Pendant ce temps il fait l'échappement, le fait marcher, et perfectionne toutes les autres pièces. Lorsque tous ces objets lui sont rentrés, il fait les engrenages, fait marcher le rouage sans le balancier, et ensuite avec le balancier et le spiral, si c'est un échappement à repos, et sans spiral si c'est un échappement à roue de rencontre. Dans ce dernier cas, il examine quelle est la marche de son rouage : s'il tire moins de 28 minutes par heure, le balan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cier est trop lourd, il faut le rendre plus léger ; il l'amin ou le rétrécit intérieurement jusqu'à ce qu'il tire 28 à minutes par heure. Si au contraire il tire plus de 29 minut par heure, il faut nécessairement changer le balancier, en mettre un autre un peu plus lourd.

Lorsqu'il est parvenu à trouver le poids convenable balancier, il peut régler la montre en y mettant le re sort spiral ; alors il bleuit toutes les pièces d'acier qu'il a tremper ; il polit les têtes des vis, et les bleuit ensuite adoucit toutes les pièces de laiton, remonte son mouvemen et le rend marchant au fabricant, qui le donne au REMON TEUR DORÉ, qui le termine.

Le *finisseur en pendules* opère de la même manière ; m il a ordinairement deux rouages, celui du mouvement et lui de la sonnerie. Il finit de même ces deux ouvrages les fait fonctionner séparément, puis les fait fonctionner semble ; et lorsque tout est terminé, il adoucit toutes pièces, remonte la pendule, la règle et la livre ensuite fabricant qui emploie un autre ouvrier qui remplace le monteur doré pour les montres, fait polir le cuivre et l cier, et ajuste les mouvemens dans les boîtes.

FLACONS (*Technologie*). Les flacons sont de petites bo teilles en cristal, ou en verre dur plus ou moins blanc, to uni et souvent taillé. (*V.* CRISTAUX (*taille des*), (T. VI, p. 25 Les manipulations pour la fabrication des flacons sont l mêmes que pour toute autre sorte de bouteilles, à de lége différences près ; et pour les faire connaître, nous renvoy au mot VERRIER, dans lequel nous donnerons tous les dét convenables. Nous ne nous attacherons, dans cet article, q la manière d'ajuster, à l'émeri, les bouchons de cristal l'orifice des flacons, et nous donnerons les procédés qu'on e ploie pour placer sur les flacons des étiquettes inaltérables.

Procédé pour ajuster les bouchons de cristal. La forme d bouchons est déjà donnée à peu près à la verrerie ; mais j mais la partie qui doit entrer dans le goulot n'est ronde c'est ordinairement le tailleur de cristaux qui les prépare

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui les taille lorsqu'ils doivent l'être : ainsi, pour abréger cet article, nous renvoyons au mot CRISTAUX (*taille des*), que nous avons cité plus haut, et qui suppléera à tout ce que nous ne répéterons pas ici.

La première opération consiste à mettre le bouchon rond. L'ouvrier le serre par sa patte dans la pince d'un mandrin disposé exprès sur le nez du tour ; il le centre le mieux qu'il lui est possible, et l'arrondit avec un instrument d'étain, de l'émeri et de l'eau. En l'arrondissant, il lui donne une forme légèrement conique. Ordinairement, il prépare une grande quantité de bouchons de cette manière, qu'il garde en magasin, pour les employer au besoin lorsqu'on lui porte des flacons à boucher.

Dans ce dernier cas, il commence par bien arrondir le goulot du flacon, avec un morceau de bois tendre placé sur le nez du tour, ayant la forme légèrement conique, et à l'aide de poudre d'émeri et d'un peu d'eau, il parvient aisément à donner une forme ronde et légèrement conique au goulot. Alors il choisit, parmi les bouchons préparés, celui qui s'y adapte en entrant des trois quarts de sa longueur ; il place ce bouchon sur le tour, comme nous l'avons dit, et après l'avoir bien centré, il le présente au goulot du flacon qu'il tient à la main, en faisant tourner, à l'aide de la pédale, l'arbre du tour, et par conséquent le bouchon ; il parvient aisément à le faire entrer jusqu'à la profondeur convenable, d'abord en employant de l'émeri très fin et de l'eau, et ensuite avec de la pierre-ponce pilée et de l'eau. Il use par conséquent tout-à-la-fois le goulot du flacon et son bouchon, de sorte qu'il est parfaitement ajusté, et que le flacon peut se fermer hermétiquement. On ne polit ni l'intérieur du goulot, ni le bouchon.

Procédé pour placer sur les flacons des étiquettes vitrifiées. Cette opération est délicate ; elle exige beaucoup de soins, une grande dextérité, l'habitude de ce travail, et surtout un fourneau à moufle bien entendu.

Les étiquettes que l'on applique sur les flacons sont en émail. L'ouvrier doit s'assurer de la température convenable

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour fondre l'émail qu'il doit employer, et la température à laquelle fond le cristal ou le verre dur sur lequel il doit opérer. L'étiquette ne serait pas solide si elle n'était pas vitrifiée à la surface du flacon. Il est donc important que l'émail qu'il emploie entre en fusion avant le verre ; sans cette précaution l'émail et le verre fondant en même temps, le flacon se déformerait au point qu'il ne serait plus possible de le rétablir. Il ne faut pas non plus qu'il y ait entre la fusion de l'émail et celle du verre une grande différence de température ; on tomberait dans un autre inconvénient, l'émail ne ferait pas corps avec le verre et se détacherait. Il faut, pour bien réussir, que l'émail entre en fusion au moment où la surface du verre prend un léger ramollissement.

Nous ne donnerons ici aucun procédé pour faire l'émail convenable. (*V.* le mot Émail, T. VIII, page 1.) Cet émail est ordinairement blanc, et lorsqu'il est bien appliqué, il a l'apparence d'une feuille de papier collée sur le flacon.

On broie l'émail avec de l'huile essentielle de térébenthine, mêlée avec un peu d'essence de lavande. On applique, avec un pinceau, l'émail ainsi préparé, sur le ventre du flacon, à la place convenable, et on laisse bien sécher ; on répare ensuite les bords, afin que les lignes soient droites et les angles vifs. On écrit l'étiquette en découvrant le verre à chaque lettre, à l'aide d'un morceau de bois pointu qui enlève l'émail aux places qui doivent laisser les lettres en transparent. Il ne reste plus ensuite qu'à cuire l'émail, c'est-à-dire à le vitrifier.

Lorsqu'on imagina d'émailler des étiquettes sur les flacons, on formait l'écriture en émail noir sur un fond blanc ; mais on ne tarda pas à s'apercevoir que la plupart des acides attaquaient souvent l'émail noir, et que les lettres disparaissaient ; alors on adopta le mode que nous venons de décrire, qui est bien préférable.

Nous avons dit que pour cuire l'émail on emploie un fourneau à moufle. On peut construire ce fourneau de plusieurs manières différentes ; la condition principale consiste en ce que les flacons puissent recevoir la plus grande intensité de cha-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur, sans cependant se trouver jamais en contact avec la flamme, avec les charbons embrasés, et ne puissent être atteints par les cendres. Celui que M. *Bastenaire-Daudenart* a proposé dans son *Art de la Vitrification* (1), à l'article de la dorure sur cristal et sur verre, page 442, nous paraît très bien conçu, et renfermer toutes les conditions nécessaires pour opérer avec sûreté et promptitude. Nous allons tâcher d'en donner une idée suffisante, laissant à ceux de nos lecteurs qui voudraient le mettre en pratique, le soin de consulter l'ouvrage que nous venons d'indiquer.

Sur une bâtisse circulaire en briques A, A (fig. 3, Pl. 28), de douze pouces de hauteur et de trente pouces de diamètre, on place des barres de fer, d'un pouce en carré, distantes l'une de l'autre d'un bon pouce, qui forment une grille sur laquelle on pose la moufle, que M. *Bastenaire* nomme *chapelle*. Toutes ces barres débordent la bâtisse par les deux bouts, excepté deux qui servent à soutenir la chapelle; les autres sont mobiles, c'est-à-dire qu'on peut les enlever pour ôter le feu lorsque l'opération est terminée, et les remettre pour une seconde opération. On pose bien au milieu la chapelle B, qui est cylindrique et a vingt pouces de diamètre. On continue à élever la bâtisse cylindriquement, en laissant un vide bien égal tout autour; ce vide doit avoir deux pouces. La bâtisse doit s'élever de quatre pouces au-dessus de la surface supérieure de la chapelle. On doit faire attention, lorsqu'on est arrivé à la hauteur de la *lorgnette* C, que les briques l'enveloppent de toutes parts, et elle doit déborder les parois extérieures de quatre pouces.

La chapelle D est cylindrique; elle est formée d'une feuille de tôle épaisse, de cinq pieds de long sur deux pieds de large, dont les deux bouts sont réunis par de forts rivets; ce qui lui donne environ vingt pouces de diamètre, sur deux pieds de hauteur. M. Bastenaire pense qu'en lui donnant plus d'é-

(1) Volume in-8° de plus de 500 pages, avec 4 planches en taille-douce, chez Bachelier, libraire, quai des Augustins, n° 55.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tendue, les pièces qui se trouveraient au milieu seraient à peine rouges, tandis que celles des bords seraient en fusion; selon lui cette dimension est la plus convenable : nous partageons cette opinion.

Le fond de la chapelle est formé d'une plaque de tôle de même épaisseur que ses parois.

Le couvercle E est à gorge; cette gorge entre juste dans le cylindre; et le couvercle, proprement dit, repose sur les bords du cylindre, afin d'empêcher toute saleté, toute poussière d'y pénétrer. Ce couvercle porte à son centre un tuyau de seize pouces de hauteur, deux pouces de diamètre à son origine, et un pouce à sa partie la plus élevée. Il sert comme de cheminée, pour donner issue aux vapeurs qui pourraient nuire à l'opération.

Vers le milieu de la hauteur de la chapelle, on pratique un tuyau C, de deux pouces de diamètre à son origine, d'un pouce seulement à son extrémité, et d'environ dix pouces de long. Ce tuyau, que l'auteur nomme *lorgnette*, sert à regarder dans l'intérieur de la chapelle, pour voir marcher l'opération, et pour y introduire, à l'aide de gros fils de fer, des fragments de cristal, qui servent d'échantillon pour diriger l'ouvrier.

Avant de placer les flacons dans la chapelle, on doit les avoir exposés à une douce chaleur dans une étuve, afin de faire bien sécher l'émail. On doit ouvrir la porte de cette étuve toutes les cinq à six minutes, afin d'en faire sortir les vapeurs, dont l'odeur annonce qu'elles sont dues à la térébenthine et à la lavande. On doit laisser refroidir le tout lentement.

Ces préparations terminées, on travaille à remplir la chapelle. On prend les flacons d'une même hauteur, on les range, debout, sur le fond, et à peu de distance l'un de l'autre, afin d'y en faire entrer un plus grand nombre; on y place triangulairement trois petites colonnes en fer, d'environ deux pouces de diamètre *a*, *a*, et d'un pouce plus hautes que les flacons; on les appelle *supports*.

On descend sur ces trois supports un plancher formé d'

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plaque de tôle semblable aux parois de la chapelle. Ces planchers ont au milieu un trou oblong, dans lequel on engage un double crochet en fer en forme de T, avec lequel on les porte avec facilité. Lorsque le plancher est bien assis sur les trois supports, on retire le double crochet, qui sert de même pour déplacer le plancher après la cuisson. On forme ainsi différens étages, en ayant la précaution de ne pas faire rencontrer les planchers dans l'endroit où se trouve la lorgnette, ce qui nuirait à l'opération.

Quand la chapelle est remplie, on pose le couvercle dessus, et l'on bouche, avec de la terre à four, tous les petits trous qu'on pourrait y apercevoir, et surtout à la circonférence du couvercle. On introduit dans la lorgnette les échantillons F, qu'on appelle *montres*, et qu'on voit séparément (fig. 4). Ce sont des fils de fer *b*, *c*, au bout desquels on attache, avec du fil de cuivre fin, des cassons du même verre des flacons sur lesquels on a mis du même émail employé pour les étiquettes.

Tout étant ainsi disposé, les grilles étant bien débarrassées des cendres, on jette autour de la chapelle de la braise de boulanger, et par-dessus quelques charbons de bois bien allumés. Bientôt le feu s'anime; on a soin de le diriger de manière qu'il brûle avec une égale intensité tout autour. C'est surtout pendant les deux premières heures qu'il faut avoir soin de ne pas faire un feu trop vif; le verre doit être chauffé avec beaucoup de lenteur et de précaution, sans cela il se briserait et sauterait en éclats.

Après deux heures de chauffe préparatoire, on peut présumer que les vases sont bien échauffés, et qu'on peut sans danger augmenter la chaleur. Alors on ajoute un peu de braise, et l'on en augmente petit à petit la quantité, en y joignant, si l'on veut, un quart de charbon de bois. Dès qu'on est arrivé auprès de la lorgnette C, on commence à apercevoir, dans la chapelle, de la lumière qui augmente de minute en minute, ce qui annonce que le cristal rougit.

C'est ici le moment le plus critique de l'opération; l'ouvrier doit avoir constamment les yeux sur la lorgnette. Il couvre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord le couvercle de braise, qui ne tarde pas à s'allum par la chaleur que l'intérieur procure. Un quart d'heure apr il en met tout autour de la chapelle et jusque sur son cou vercle, de sorte qu'en quelques instans le tout présente l'a pect d'une masse de feu. Il tire de temps en temps une montr il examine si l'émail fait corps avec le cristal, et si ce dern est bien cuit.

Lorsque l'opération lui paraît terminée, il tire quel barreaux de la grille, et fait tomber au-dessous tous les ch bons qui entourent la chapelle ; il laisse quelques charbons le couvercle, et ne retire les charbons de dessous la chap qu'après les y avoir laissés sept à huit minutes, afin d'être sûr que les flacons du fond de la chapelle sont bien cuits. retire une grande partie des charbons embrasés ; mais on laisse une certaine quantité, afin que le cristal se refroidi peu à peu.

En construisant le fourneau cylindrique en briques, laissé quatre ouvertures G, G, G, G, pour laisser un libre acc l'air ; et c'est par ces mêmes ouvertures qu'on retire le charb On bouche ces mêmes ouvertures lorsque le charbon est pr que consumé, afin de laisser refroidir le tout sans le cont de l'air.

Lorsque le four et la chapelle sont parfaitement refroidi on retire les flacons de la même manière qu'on les a introdui alors l'opération est terminée.

M. *Luton* a été le premier qui ait fait, à Paris, des étiquett vitrifiées ; depuis cette époque, M. *Bastenaire-Daudenart*, a cien manufacturier, et directeur de la manufacture de *porc laine-à-fritte* de Saint-Amand-les-Eaux, s'est livré avec succ à la même industrie. Il a décrit l'Art de la Vitrification do nous avons parlé : c'est un ouvrage auquel nous reconnaisso du mérite, et qu'on peut consulter avec fruit. M. *Bastenaire* ses ateliers, à Paris, rue des Fossés-Saint-Marcel, n° 31.

FLAGEOLET (*Lutherie*). On nomme ainsi un instrument vent dont les sons aigus et agréables conviennent aux scè joyeuses, et que, pour cette raison, on emploie surtout da

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les orchestres des bals, pour animer la danse. C'est un petit tube de 3 à 6 pouces de long, percé d'un canal longitudinal nommé *perce*, et de six trous latéraux, quatre en dessus, deux en dessous. Ces derniers sont bouchés par les pouces, et les autres par les doigts index et médium de chaque main, la gauche en avant. Ainsi, le pouce de la main gauche bouche le premier trou; celui qui est en dessous du tube et le plus proche de la bouche du musicien; l'index, le deuxième; le médium, le troisième; le pouce de la main droite bouche le quatrième trou, qui est en dessous; l'index, le cinquième; le médium, le sixième. Le tube est terminé par un petit évasement nommé *patte*, qui se trouve placé si près de la main droite, que le doigt annulaire libre peut boucher en partie cette patte pour obtenir quelques sons graves, et particulièrement l'*ut* et l'*ut dièse*, comme on le fait en mettant la main dans le pavillon du *cor*, pour diminuer la vitesse du vent et donner quelques sons artificiellement. (*V.* Cor.)

Le tube du flageolet est terminé en avant par un bec à Sifflet (*V.* ce mot), dont la lumière est en dessus: c'est à l'aide de cet appareil que le souffle fait vibrer l'air du canal et résonner l'instrument; on met ce sifflet dans la bouche, et l'on ménage le vent, ainsi qu'on va l'expliquer bientôt. Mais comme le tube est fort court, les mains se trouveraient très près du visage, et la flexion des bras rendrait l'attitude gênante, si l'on n'avait pas imaginé de doubler la longueur du tube en lui ajoutant, en avant, un tuyau nommé *porte-vent*, qui sert à éloigner les mains du visage, et aussi à donner aux sons plus de douceur, en logeant une petite éponge dans ce tuyau, près du sifflet; car cette éponge non-seulement retient l'humidité de l'haleine, mais ne laisse passer le vent qu'avec la vitesse modérée que l'instrument exige; ce qui soulage la poitrine.

Le porte-vent est formé de deux pièces ajustées bout à bout, savoir: un petit tuyau terminé en avant par un bec d'os ou d'ivoire, ou de bois, en forme d'anche de basson, qu'on tient entre les lèvres, et par lequel on souffle. Ce bec ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donne à l'air aucuns mouvemens vibratoires, et le laisse passer librement : l'autre bout est diminué d'épaisseur, et entre à frottement dans un second tuyau de plus gros calibre, ayant un diaphragme transversal percé d'un trou ; on ajuste un petit tube dans ce diaphragme, pour laisser passer l'air. C'est au-dessus de ce diaphragme et autour de l'orifice de ce tube, qu'on place la petite éponge dont nous avons parlé, dans la chambre cylindrique ainsi formée. L'autre bout de ce gros tuyau est adapté au sifflet, dont le contour a été un peu diminué d'épaisseur, pour entrer à frottement dans cette extrémité du porte-vent. Ce tuyau, d'un calibre à peu près égal à celui de la partie sonore du flageolet, est garni de frettes d'ivoire pour l'empêcher d'éclater ; et les gorges qui y entrent à frottement sont entourées de filasse, pour éviter que le vent ne s'échappe.

La théorie du flageolet est fort aisée à saisir, quoique les détails d'application soient difficiles à donner. D'abord, le porte-vent n'y étant qu'accessoire, doit être supprimé quand on veut expliquer le jeu de l'instrument. La perce ou le canal longitudinal n'est pas cylindrique ; mais elle est conique et va en se rétrécissant de plus en plus vers le bout extérieur, ce qui complique beaucoup les effets. On sait que tous les instrumens à vent (*V.* Clarinette, Cor, Basson, Corde, Son) peuvent être assimilés à une corde sonore tendue. La grosseur de la colonne d'air vibrante, ou du canal intérieur, représente celle de la corde, qui est ici moindre à un bout qu'à l'autre ; la pression atmosphérique extérieure est le poids tendant la corde ; le souffle est la force qui engendre les vibrations de l'air, qui sont les oscillations de la corde ; les trous latéraux du tube sont des moyens de l'accourcir. (*V.* Flute, Clarinette)

On conçoit donc que le flageolet représente une corde de grosseur inégale, ayant environ 4 pouces 5 lignes de long (une portion près du sifflet n'en fait pas partie, parce qu'elle ne vibre pas), et pourquoi les effets devront présenter des bizarreries difficiles à expliquer. Il y a peu d'instrumens à vent qui demandent plus de légèreté dans les doigts, et plus d'habileté pour ménager l'haleine ; ce qui le rend très fatigant pour la poi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trine. Il octavie très facilement ; ce qui vient de ce que la longueur de la colonne d'air en vibration se divise en deux parties ; et l'on conçoit que dans un tube d'un aussi petit diamètre, cet accident doit se produire très aisément, parce que l'air frotte contre les parois du canal.

L'inégalité d'épaisseur de la colonne d'air doit apporter des irrégularités dans la distance qui sépare les trous : si cette distance suivait la proportion des tons (*V.* CORDE), il faudrait que le quatrième trou fût seulement d'un huitième plus éloigné de la lumière que le cinquième trou ; cependant, il en est plus loin d'un quart, quoiqu'il ne fasse descendre le flageolet que d'un ton. Il en faut dire autant du troisième trou, à l'égard du quatrième. Les trous 3, 2, 1, suivent un peu mieux la loi des diapasons des cordes. Chaque luthier observe, dans les proportions de la perce et la grandeur des trous, des règles différentes, que l'habitude lui a apprises ; et c'est dans cette expérience que consiste principalement son habileté. Nous avons déjà dit, au mot CLARINETTE, comment il rectifie après coup et par tâtonnement les petites erreurs de justesse des tons, en retouchant aux trous avec une fraise, et même à la perce : celle-ci se fait avec une tarière, de forme amincie vers le bout, tranchante sur les bords et de grosseur convenable. Le tube sonore est court et d'une seule pièce.

Les généralités que nous avons exposées suffisent pour concevoir certaines singularités du flageolet. Par le seul ménagement de l'air, il peut rendre *ut*, *ré*, *mi*, *fa*, *sol* et *la*, tous les trous étant bouchés, même celui de la patte, qui peut indifféremment être ouvert ou fermé. On commence d'une haleine très faible, qu'on renforce peu à peu : ces sons n'ont pas de justesse. En bouchant plus ou moins le trou de la patte, on peut faire descendre le son le plus grave d'une tierce majeure. Quand le flageolet octavie, les trous étant tous bouchés, ce qui provient de la vitesse d'impulsion du souffle, souvent il redescend à son ton naturel, en ouvrant tous les trous, quoique ce soit le moyen ordinairement employé pour élever les sons à l'aigu ; en sorte qu'il octavie plus aisément les trous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étant bouchés qu'ouverts ; d'où il arrive qu'on lui donne son ton naturel plutôt en ouvrant le demi-trou, qu'en le fermant. Il faut savoir que le sixième trou ne doit être qu'à demi ouvert, pour passer à l'octave de tous les tons naturels donnés par l'instrument.

L'étendue du diapason est d'une quinzième : le ton de *sol* majeur ou mineur est l'un des plus faciles à jouer. Il faut boucher exactement les trous pour produire les tons naturels, et ne les boucher qu'à demi pour faire les dièses et les bémols. On peut rendre vingt-huit demi-tons consécutifs ; mais les plus faciles s'étendent depuis l'*ut* dièse grave, qu'on donne en bouchant tous les trous et même la patte, jusqu'au *la* aigu de l'octave suivante. En bouchant tous les trous, moins la patte, on obtient *ré* naturel grave, et en les débouchant tous, le *ré* à l'octave. Les autres sons s'obtiennent par diverses combinaisons des trous bouchés et débouchés, qui coupent la corde sonore en partie de longueurs variées.

Nous ne dirons rien de la justesse du flageolet, qui participe ainsi aux défauts de tous les instrumens à vent (*V.* à cet égard ce qu'on a dit aux mots CLARINETTE, FLUTE, etc.). Comme la longueur totale du flageolet varie au gré des amateurs, depuis celui qui sert à siffler les oiseaux jusqu'au plus long de tous, qui ne dépasse pas six pouces, et que la perce de l'instrument change aussi, nous ne donnerons pas les nombres qui expriment les intervalles qui doivent séparer les trous, attendu que ces distances ne sont pas fixes. Chaque luthier a des modèles, qu'il regarde comme plus parfaits, et qui lui servent d'étalons.

Pour donner plus de justesse au flageolet, on a imaginé de couper la corde sonore en un plus grand nombre de points ; mais les trous sont déjà si rapprochés, qu'il n'y a de place sur le tube que pour les six doigts qui le tiennent : on n'a donc pu y faire d'autres trous qu'en les bouchant par des *clefs* ; et en effet, ce perfectionnement est assez avantageux ; il enrichit l'instrument de quelques effets plus sûrs ou nouveaux : mais on n'a pu y mettre plus de quatre clefs, dont deux même ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

servent, pour ainsi dire, qu'à faire des *cadences*. C'est M. Godefroy, luthier, rue Montmartre, n° 23, qui paraît avoir mieux réussi dans cette espèce de travail.

Les flageolets sont construits en ivoire, en buis, en prunier, en ébène, etc. On sait que la matière n'a point d'avantage propre. (*V.* Flûte.) Il n'y a peut-être aucun luthier de Paris qui se livre à ce genre de fabrication, où il ne trouverait pas la récompense de ses peines. Ces instrumens nous arrivent en nombre de la manufacture de la Couture, près Passy, département de l'Eure, où se font aussi à très bon compte les flûtes, clarinettes, hautbois, etc. On se contente de les retoucher un peu; et le plus souvent ce soin est inutile.

Fr.

FLAMME (*Arts physiques*). La flamme est le produit d'un gaz en ignition et lumineux par sa haute température : le plus ordinairement elle résulte d'un corps gras, qui, d'abord fondu par la chaleur, monte par un effet Capillaire dans une mèche de coton, et y acquiert un degré de chaleur assez élevé pour se convertir en vapeur gazeuse et se combiner avec l'oxigène de l'air. Aussi la partie qui brûle n'est-elle qu'extérieure; le gaz intérieur n'est pas en ignition; il monte, par sa légèreté spécifique, jusqu'à la hauteur où il rencontre l'air, et se combine avec l'oxigène. Ainsi la flamme d'une lampe, d'une chandelle, etc., est creuse en dedans. Qu'on place au-dessus de cette flamme une toile métallique à mailles très serrées, et l'on verra la flamme s'aplatir en champignon au-dessous de cette toile, et le centre rester vide. Le gaz passe à travers la toile sans prendre feu, parce que le métal, étant très bon conducteur, laisse perdre la chaleur, en sorte que le gaz n'en conserve plus assez pour s'enflammer. Mais si l'on porte le feu avec une allumette au-dessus de la toile métallique, on voit ce gaz continuer au-dessus de la toile la flamme qui n'était d'abord qu'en dessous; ce qui démontre qu'en effet la vapeur centrale n'était pas enflammée, et qu'elle passait à travers la toile.

Dans une lampe mal construite, une partie du combustible

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est vaporisée en pure perte sans prendre feu, et souvent même en donnant de l'odeur et de la vapeur de charbon et d'huile. C'est pour cela qu'une chandelle qu'on néglige de moucher éclaire moins et consomme davantage que celle qu'on mouche avec soin.

On éclaire encore en brûlant diverses préparations, ou du gaz hydrogène carboné. La théorie est la même que la précédente. (*V.* Éclairage.) Quant aux flammes spontanées qu'on voit dans les cimetières, les campagnes marécageuses, et qu'on appelle des *feux follets*, ce sont des gaz formés dans le sein de la terre, provenant de la décomposition des matières végétales et animales putréfiées. Le gaz hydrogène phosphoré produit par la putréfaction des cadavres, et surtout par la cervelle des animaux, prend feu au seul contact de l'air. Le fluide électrique peut, dans quelques cas, enflammer le gaz hydrogène qui s'exhale du sein de la terre. Telle est l'explication simple et naturelle de ces singuliers phénomènes, dont le charlatanisme se fait si souvent une ressource pour agir sur l'esprit des hommes faibles et ignorans. Fr.

FLAN (*Technologie*). Après que le métal dont on se propose de faire des pièces de monnaie a été fondu en lingots et réduit en lames de l'épaisseur convenable par les laminoirs, on le coupe en rond, à l'aide du Coupoir (*V.* T. VI, page 154), de la grandeur convenable à l'empreinte qu'il doit recevoir pour devenir une pièce de monnaie. Dans cet état, et avant d'avoir reçu l'empreinte, il prend le nom de *flan*, qu'on écrivait autrefois *flaon*. Ce *flan*, ou pièce unie, avant de passer au balancier, est remis aux ajusteurs, pour le réduire au poids qu'il doit avoir; ensuite on le recuit et on le décape. Enfin, il continue à porter le nom de *flan* jusqu'à ce qu'il ait reçu toutes les empreintes qui le rendent pièce de monnaie. (*V.* Balancier, Monnaie.) L.

FLANELLE. Étoffe légère, à tissu simple ou croisé, fabriquée avec du fil de laine peignée ou cardée, d'un numéro assez fin. Les flanelles d'Angleterre ont long-temps joui d'une supériorité qu'elles devaient au perfectionnement de l'art de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

filer la laine dans ce pays; mais aujourd'hui, que nous filons cette matière filamenteuse aussi bien que les Anglais, cette supériorité n'existe plus. Nous fabriquons des flanelles en chaîne et trame cardées et peignées, qui imitent celles d'Angleterre.

Il y a trois sortes de flanelles, suivant qu'on les fabrique avec des peignés, des cardés, ou des peignés et des cardés à la fois.

Les flanelles en peignés, c'est-à-dire dont la chaîne et la trame sont en fils de laine peignée, sont rases, très légères et sans apprêt : on les emploie à faire des gilets, des caleçons, des jupons, des doublures, etc.

Celles en cardés sont plus garnies, plus chaudes, plus absorbantes. On a remarqué qu'elles sont moins sujettes que les précédentes à se retirer et à se feutrer au lavage. C'est plus particulièrement avec elles qu'on fait les gilets qu'on porte directement sur la peau.

La flanelle faite en chaîne peignée et en trame cardée, tient le milieu entre les deux autres espèces, et est employée au même usage.

La fabrication de cette étoffe n'a rien de particulier. (*V.* TISSAGE.) E. M.

FLÉAU (*Agriculture*). C'est un instrument pour battre le blé. Il est composé de deux bâtons attachés l'un au bout de l'autre par des courroies; chaque bâton a la sienne, qui est jointe à l'autre. Le *manche* est long; l'autre bâton, qui est plus particulièrement appelé *fléau*, est plus court : ces proportions sont très variables, selon les localités. En faisant tomber le fléau horizontalement sur l'aire où sont disposés les épis, le coup et le contre-coup font éprouver un soubresaut qui détache les grains des bâles. Les batteurs ne frappent jamais les coups ensemble, et fussent-ils dix autour de la même *aire*, on entend chaque coup l'un après l'autre, sans interruption, sans que deux fléaux frappent à la fois; la paille en éprouve plus de trémoussement, et le grain se détache mieux.

Il est bon que le bout du fléau soit terminé par un nœud qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ne soit pas saillant latéralement; il donne un coup plus fort et s'use moins promptement. C'est ordinairement en cornouiller qu'il est fabriqué. Les courroies sont clouées sur les bâtons, et forment une boucle qui déborde d'un pouce; ces boucles sont unies ensemble par une troisième courroie, ou par un double bouton de métal. Les *nerfs de bœufs* peuvent très bien tenir lieu de courroies; on les ramollit d'abord dans l'eau pour leur donner de la flexibilité.

Le battage se fait mieux en plein air et durant le jour par un temps sec; la paille humide retient le grain qui ne s'en dégage que difficilement. C'est pourquoi le battage réussit mieux en été qu'en hiver. Cependant, c'est assez souvent dans cette dernière saison que se fait cette opération, à cause des autres travaux de la campagne durant l'été, et aussi parce que, dans nos contrées, l'agriculteur ne bat le grain qu'à l'époque où il veut l'envoyer au marché, et dans la saison où la main d'œuvre est moins coûteuse. Au reste, le plus souvent les *batteurs en grange* sont payés en nature; on leur donne environ le dixième du blé qu'ils battent. On estime qu'un homme peut battre 50 gerbes de blé par jour, produisant 120 kilogrammes, ou un hectolitre et demi de grain. Cette méthode a l'inconvénient que souvent une partie du blé reste dans la paille, parce que les batteurs n'ont pas un intérêt direct à éviter cette perte.

Nous avons décrit au mot Battage les procédés les plus avantageusement employés pour suppléer à l'action du fléau, et surtout pour enlever en entier le grain qui se trouve dans l'épi, sans qu'il en reste dans la paille. Nous ne reviendrons pas sur ce sujet. Fr.

FLÉAU. On donne ce nom en serrurerie à une barre de fer qui se place horizontalement pour fermer le haut des portes cochères. La barre est terminée en pinces aux deux bouts pour s'engager dans des gâches placées aux murs de la baie; elle est percée d'un trou rond vers son milieu où entre un boulon qui est fixé à l'un des ventaux de la porte, et sur lequel le fléau peut pirouetter. L'un des bouts est joint à cet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un *aubronier*, par un lasseret tournant. C'est avec cet aubronier qu'on fait descendre et monter le fléau pour ouvrir ou fermer la porte : dans ce dernier cas, on maintient la barre horizontale, en engageant le bout inférieur de l'aubronier dans le pêne d'une serrure.

Les vitriers nomment FLÉAU des espèces de crochets sur lesquels ils portent les panneaux de verre, lorsqu'ils vont en ville. FR.

FLÉAU DE BALANCE. *Voy.* BALANCE et ESSAI (*Balance d'.*) FR.

FLÈCHE (*Technologie*). Ce mot a plusieurs acceptions différentes dans les Arts.

Ce nom générique paraît d'abord avoir été donné à une arme de guerre dont on se servait habituellement dans les combats avant l'invention de la poudre et des fusils, que cette dernière découverte a fait imaginer. La *flèche* est formée d'un morceau de bois rond d'environ un demi-mètre de long, armé par un bout d'un fer pointu, acéré, auquel on a donné plusieurs formes différentes; elle porte à l'autre bout des plumes placées en triangle, et qui servent à la diriger plus facilement dans l'air. On la lance à l'aide d'un arc. (*V.* ARC, ARCTIER, ARMURIER, T. II, pages 59, 82, 209.) L'usage des arcs et des flèches n'est pas généralement abandonné. Les Turcs d'Asie s'en servent encore dans leurs armées, de même que les Africains, les Américains et la plupart des Asiatiques; mais il n'y en a point d'aussi adroits que les Tartares, pour tirer de l'arc en avant et en arrière.

Les sauvages sont aussi fort adroits pour tirer de l'arc; ils emploient souvent des flèches empoisonnées.

De la figure que présente la *flèche* sur la corde de l'arc avant qu'il ne soit tendu, le géomètre a eu l'idée d'appeler *flèche* une perpendiculaire élevée du milieu de la corde d'un arc de cercle ou d'une courbe symétrique, et qui aboutit à l'arc que décrit la courbe. Cette même ligne se nomme, en Trigonométrie, *sinus-verse*.

On nomme *flèche de clocher*, le chapiteau de la tour ou de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la cage d'un clocher qui a peu de plan et beaucoup de hauteur, et qui se termine en pointe.

On désigne aussi, sous la dénomination de *flèches de pont levis*, des pièces de bois assemblées dans la bascule, qui tiennent par les deux bouts de devant les chaînes de fer qui enlèvent le sablier du pont, lorsque par derrière on les fait reculer.

L'ARTIFICIER nomme *flèches ardentes* ou *flèches à feu*, des flèches que l'on tire avec des ARBALÈTES; elles sont destinées à découvrir, dans l'obscurité la plus profonde, les travailleurs des assiégeans, et à porter au milieu de leurs travaux une grande lumière qui les fait parfaitement distinguer.

La seule différence qui existe entre les flèches ordinaires et les *flèches à feu*, c'est que celles-ci portent au-dessous du fer de la flèche, un petit sac de grosse toile de la grosseur d'un œuf d'oie ou de cygne, enduit de goudron après qu'il a été rempli d'une des trois compositions suivantes :

1°. Deux kilogrammes de poudre pilée, deux kilogrammes de salpêtre, un kilogramme de soufre, et un demi-kilogramme de colophane, ou bien :

2°. Un kilogramme de poudre pilée, quatre kilogrammes de salpêtre, un kilogramme de soufre, un demi-kilogramme de camphre, et un demi-kilogramme de colophane, ou enfin

3°. Un kilogramme et demi de poudre pilée, deux kilogrammes de salpêtre, et un kilogramme de soufre.

Lorsque le sac est bien rempli d'une de ces trois compositions bien pressées, on perce le sac dans son axe, on y introduit le bois de la flèche jusqu'au fer qui reste au dehors, on fixe le sac par deux ou trois clous sur le bois, et l'on enveloppe le sac d'une bonne ficelle, à laquelle on fait faire autant de révolutions qu'il est possible depuis un bout jusqu'à l'autre. On enduit ensuite toute la superficie du sac, ainsi ficelé et garrotté, de poix fondue mêlée avec de la poudre pilée; enfin, ayant mis le feu par deux petites ouvertures pratiquées tout près du fer, on lance cette flèche avec un arc ou une arbalète.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le CHARRON appelle *flèche* une pièce de bois de charronnage, ordinairement d'orme, dont il se sert pour former les trains des voitures à deux chevaux de front. La *flèche* a dix, douze et jusqu'à quinze pieds de long; elle doit être courbée, sans nœuds, et d'une force suffisante. Les voitures à un seul cheval de front n'ont pas de flèche, mais deux brancards. On fait aujourd'hui, à Paris, les flèches et les brancards avec des bois droits et de fil, auxquels M. Isaac Sargent, aux Champs-Élysées, allée d'Antin, nos 21 et 23, donne ensuite la courbure convenable, par des moyens mécaniques pour lesquels il avait été breveté.

L'ÉVENTAILLISTE donne le nom de *flèche* à des petits brins ou morceaux d'écaille, d'ivoire, de nacre, ou de bois, qui se placent, par un bout, à distances égales, entre chaque pli du papier qui fait le fond d'un éventail, et qui sont joints par l'autre bout par un clou rivé. Ces brins ont deux parties : la première, qui occupe la gorge de l'éventail, est de nacre ou d'ivoire, ou de toute autre matière; la seconde, qui est entièrement couverte par le papier, et qui s'ajuste avec le bout de la première, est toujours en bois flexible.

Le fabricant de tapisserie de haute-lice nomme *flèche* une simple ficelle que l'ouvrier entrelace dans les fils de la chaîne, au-dessus des bâtons de croisure, afin que ces fils se maintiennent toujours dans une égale distance. (*V.* TAPISSERIE.) L.

FLÈCHE DE CLOCHER (*Charpenterie*). C'est la toiture élevée et ayant beaucoup de pente, dont on recouvre une tour, et spécialement dont on décore certaines églises. Voici comment se fait cette construction hardie, et en apparence très légère. Après avoir fait le dessin du projet, on y pratique diverses coupes horizontales, à des distances de 6 à 12 pieds, et on obtient ainsi des cercles ou polygones décroissans de bas en haut. On exécute ces figures en charpentes assemblées, à la manière des ROUETS; puis on les établit en l'air aux distances requises, chacune à sa place, en commençant par le bas, et en les soutenant par des assemblages de charpente coupés de longueur, et à tenons et mortaises, de manière que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaque système forme un tronc de cône ou de pyramide, pos par celui qui est d'une épaisseur immédiatement plus for Tous ces troncs de cônes, ainsi ajustés, forment un assemb très solide, dont les pièces inclinées à l'horizon affleurent rouets à l'extérieur. On latte et on recouvre d'ardoises, la méthode ordinaire. Pour faire ce dernier travail, ainsi les réparations, on fixe aux pièces de bois des crampon fer saillans en dehors, qui servent d'escaliers et de suppo ces crampons sont à peine visibles à l'extérieur. L'édifice se termine en pointe, où l'on place ordinairement une ou un *coq*. Comme la vertu électrique des pointes expos monumens à être frappés de la foudre, il est utile d'y fixer chaînes conductrices, comme pour les PARATONNERRES.

FLEUR, FLEURISTE. Nous ne considérerons pas la fl comme le lit nuptial, comme le réceptacle des organes reproduction des végétaux; ce sujet, étranger aux Arts nous traitons, ne peut trouver place ici. Ainsi, nous ne di rien du développement des fleurs, de leur disposition, structure, leur durée, leurs fonctions, etc.; mais leurs leurs, leurs parfums, enfin, les qualités qui les rendent ables, et pour lesquelles on voit certaines personnes se p sionner, en ont fait le sujet d'un commerce assez étendu nous aurions tort d'oublier ici.

Le *fleuriste* est celui qui cultive des plantes par plaisir par intérêt. Cet art exige un talent particulier pour conn la nature des terrains et les expositions qui plaisent à cha végétal; le degré d'humidité, d'ombrage ou de soleil qui convient; les procédés les plus avantageux pour activer germination, accélérer l'inflorescence, hâter ou retarder progrès de la croissance, produire à volonté certains é mens de feuilles, ou l'embonpoint monstrueux qui *double* fleurs, en convertissant les organes sexuels en pétales, etc voit que cet art consiste dans une foule de détails que nous pourrions exposer ici, sans donner à notre article une éten qu'il ne saurait avoir.

Les jardiniers fleuristes des grandes villes, et surtout ceu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de Paris, portent au marché non-seulement les fleurs qui croissent dans leurs jardins, et qu'ils coupent et séparent de leurs tiges, mais encore les pieds eux-mêmes, les oignons à fleurs, et cette foule de productions naturelles qui plaisent surtout aux personnes condamnées à ne pouvoir jouir que rarement du spectacle de la campagne. Les fleuristes doivent avoir à leur disposition un terrain d'une étendue proportionnée à leurs entreprises, clos de murs, dans une exposition favorable; les fumiers, engrais, terres de bruyère, leur sont indispensables; un ruisseau, ou du moins un puits et des canaux d'irrigation, leur sont également nécessaires. Ce commerce est fort étendu, et les mercredis et samedis, le marché de Paris est devenu un lieu de promenade pour les curieux, qui vont y admirer une foule de plantes qui leur sont souvent inconnues.

Le commerce de la *fleur d'oranger* est aussi assez considérable à Paris, dans les mois de mai et juin. La fleur des orangers des jardins publics et particuliers est vendue, à plus de dix lieues à la ronde, à des particuliers qui se chargent de la récolte, et qui chaque jour vont la faire. Ces fleurs, réunies ensemble, sont vendues à la halle aux liquoristes, aux distillateurs, etc. Les fleurs les plus estimées sont celles qui ne sont pas encore tout-à-fait ouvertes. Le prix varie de 2 à 4 francs et plus, selon l'abondance de la récolte et la qualité des fleurs. FR.

FLEURET (*Technologie*). Les mots *bourre de soie*, FILOSELLE, *fleuret*, peuvent être regardés comme synonymes; cependant, on donne plus particulièrement le nom de *filoselle* et de *fleuret* au fil fait avec la *bourre de soie*. On donne aussi le nom de *fleuret* aux étoffes faites avec la *bourre de soie* filée.

Les rubans de filoselle prennent particulièrement le nom de *fleuret*.

On donne aussi le nom de *fleuret* à une sorte de toile qui se fabrique dans les environs d'Alençon, qu'on appelle communément *blancard*, et dont il se fait un commerce considérable dans les Indes. L.

FLEURET. Instrument avec lequel on apprend à faire de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

armes. C'est une baguette rectangulaire et pyramidale, d'un mètre environ de longueur, en étoffe d'acier extrêmement élastique, terminée par un bouton, et ayant du côté du gros bout une soie, sur laquelle est montée une poignée comme celle d'une épée.

La fabrication des fleurets rentre dans celle des ARMES BLANCHES. (*V.* ce mot.) Les fleurets ne diffèrent des épées que par la forme. On y emploie la même étoffe d'acier; on les forge, on les trempe, on les blanchit de même. C'est de Solingen, situé dans le pays de Bergue, en Allemagne, que nous viennent encore en grande quantité. Cependant, on en fait depuis quelque temps à Saint-Étienne, qui soutiennent très bien la concurrence avec les fleurets étrangers.

Un fleuret *moucheté*, c'est-à-dire dont le bouton est coupé, devient une arme très meurtrière.

On fait, avec les vieux fleurets, d'excellens arçons, qui servent, dans les ateliers, pour percer à la *conscience*.

FLEURISTE ARTIFICIEL (*Technologie*). L'art de représenter par des fleurs, des feuilles, des plantes artificielles, celle la nature dans toutes ses productions, constitue les opérations du fleuriste artificiel. Ce simple exposé donne une idée générale de l'étendue de cet art, et des agrémens qu'il procure à la société. C'est par lui que semblent se perpétuer ce que produisent de plus agréable les plus belles saisons de l'année.

Le fleuriste rend, avec la plus étonnante vérité, les fleurs les plus fragiles de tous les temps et de tous les pays. Les femmes en ornent leurs parures; elles les entremêlent dans leurs cheveux, et elles ne sont jamais mieux que lorsque leur tête est artistement couronnée de fleurs. Elles forment ordinairement le plus bel ornement de nos tables. Nos temples même empruntent du fleuriste des décorations qui tendent à leur embellissement.

Les Italiens paraissent avoir été les premiers peuples d'Europe qui aient excellé dans l'art de fabriquer les fleurs artificielles. De proche en proche, cet art est parvenu en France, et, comme tous les arts d'agrément qui exigent du goût et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la légèreté, nous avons surpassé de beaucoup nos maîtres, et nous sommes arrivés au point où nous ne craignons plus la concurrence d'aucune nation.

Avant d'avoir atteint le point où l'on est parvenu, on a mis à contribution beaucoup de matières différentes pour imiter les fleurs. On a d'abord pris des rubans de diverses couleurs que l'on frisait, que l'on pliait sur des fils de laiton, afin de leur faire prendre les contours et la forme des fleurs; mais ces manipulations étaient loin d'atteindre la vérité.

Cette imitation grossière fit bientôt place aux plumes, plus délicates, plus faciles à se prêter aux différentes formes, et à rendre les fleurs d'une manière agréable. Pour suppléer aux couleurs que la nature ne donne pas dans nos climats, il fallait les teindre; mais on ne pouvait réussir que très difficilement à obtenir ou la nuance nécessaire, ou la vivacité convenable. Les sauvages de l'Amérique méridionale font des chefs-d'œuvre dans ce genre. Nous avons vu de ces bouquets de toute espèce faits avec des plumes naturelles, qui rendent avec une vérité inconcevable les fleurs du pays. Les roses, les feuilles sont admirables, et les couleurs ne changent jamais; ils ont sous la main des oiseaux parés des nuances les plus belles, les plus riches, les plus vives, et ils ont l'art de monter ces bouquets avec une adresse étonnante.

Les Italiens, indépendamment des plumes, emploient de préférence pour les fleurs, les cocons de ver à soie. Aucune matière ne prend mieux la teinture et n'en conserve plus longtemps les couleurs; sa transparence et son duvet fin imitent assez bien le velouté des pétales, et cette espèce de mollesse qui caractérise la fleur naturelle; elle est peu hygrométrique, et le soleil ne l'altère qu'à la longue. Ils ont fait aussi beaucoup de fleurs en gaze d'Italie; mais elles ne sont plus en usage, parce que les couleurs n'en étaient pas assez vives ni assez brillantes.

En France, on a adopté la batiste la plus fine et la plus belle, de quinze à dix-huit francs l'aune, pour les pétales, et le taffetas de Florence pour les feuilles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fabriques de fleurs artificielles les plus renommées so à Paris et à Lyon. On n'y travaille guère que six mois l'année, à compter du premier novembre, pour l'intérieu les autres six mois on expédie pour l'Allemagne et pour Russie. Les plus belles vont en Russie, les plus commun s'arrêtent en Allemagne.

On a fait des fleurs artificielles avec des coquilles bivalv quoique très agréables par leurs couleurs naturelles et la m nière dont elles étaient réunies, la lourdeur de leur ensem les a fait rejeter.

On en a fait aussi en cire; il y en avait à l'exposition de qui imitaient parfaitement la nature; mais elles ne peu servir que d'ornement dans les appartemens, et remplacer fleurs naturelles dans la mauvaise saison, où il est impos de s'en procurer. Nous ne nous étendrons pas plus au lon leur fabrication, ainsi que sur les précédentes, parce qu ne se font pas en manufacture, et qu'elles ne servent qu passe-temps à des dames désœuvrées. Nous ne parlerons non plus des fleurs en papier teint de couleurs différen quoiqu'il s'en fabrique beaucoup, nous croyons ne devoir trer dans aucun détail; ce que nous avons à dire sur les fl artificielles plus précieuses, suffira pour en faire l'applicat au papier.

Mais nous nous arrêterons plus long-temps sur une nouv découverte qui a fait l'admiration de tous les connaisseurs, la même exposition de 1823, et qui continue à avoir un grand débit. M. *Achille de Bernardière* a augmenté les ressources déjà très étendues de cet art, qui, depuis long-tem est exercé à Paris avec une admirable perfection. Les résul commerciaux auxquels ils donnent lieu sont immenses; d'autant plus dignes d'intérêt, qu'on les doit à une multit de femmes et d'enfans.

M. de Bernardière est parvenu, par une suite de proc ingénieux, à réduire le fanon de la baleine en feuilles lé comme celles des fleurs, à les décolorer complètement, manière à l'amener au blanc mat très pur, et à le teindre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

couleurs brillantes. Les fleurs qu'il fabrique avec cette matière, ont toute la légèreté, la fraîcheur et l'éclat des fleurs naturelles ; elles ne s'altèrent pas aussi promptement que celles qui sont faites en batiste et en taffetas, et ne coûtent pas beaucoup plus cher que ces dernières.

Les jolis ouvrages qui sortent de cette manufacture sont exécutés par des femmes détenues, dont M. *de Bernardière* est parvenu à former d'excellentes ouvrières, et qu'il ramène par le travail à l'amour de l'ordre et des bonnes mœurs. Dans le courant de cette exposition, l'inventeur présenta au Roi deux œillets fond blanc lisérés de rouge, dont l'un naturel et l'autre artificiel ; S. M. fut trompée ; elle prit l'artificiel pour le naturel ; l'odeur même ne pouvait pas les faire distinguer. M. *de Bernardière* reçut la médaille d'argent.

Nous ne décrirons pas les moyens qu'emploie l'inventeur pour préparer la baleine et pour la décolorer ; il a pris un brevet ; il désire que ses procédés soient encore secrets ; et, quoique nous les connaissions, nous devons respecter sa propriété. A l'exception de ces deux procédés, il emploie, pour colorer la baleine blanchie et pour monter les fleurs, les mêmes moyens qui sont usités dans la fabrication des fleurs artificielles en batiste et en taffetas : nous allons les faire connaître.

Nous n'en finirions pas si nous voulions entrer dans tous les détails nécessaires pour expliquer comment on exécute chacune des fleurs que la nature produit ; nous prendrons la rose pour exemple. Nous donnerons, à la suite de cette description, celle des divers outils les plus importans qui servent à cette fabrication.

En France, on se borne à la batiste pour les pétales, et au taffetas pour les feuilles. On prend, comme nous l'avons dit, la batiste la plus fine ; on la presse, on la calandre, pour abattre le grain, mais on n'y passe jamais de gomme. Les fleuristes teignent et peignent les pétales, pour imiter la nature, autant qu'il est possible.

On découpe les pétales à l'*emporte-pièce* (*V.* DÉCOUPEUR, EMPORTE-PIÈCE), et il en faut de plusieurs formes et de plu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sieurs grandeurs différentes ; car dans la même rose tous l
pétales ne sont pas égaux. Lorsque les pétales sont ainsi d
coupés, on prépare la teinture, qui se compose de carmi
délayé dans une eau alcaline ; le sel de tartre est excellent. O
prend le pétale avec des BRUCELLES, par son extrémité qui e
en pointe ; on le plonge dans la teinture par la partie oppos
jusqu'à ce qu'on arrive jusqu'à quelques lignes auprès de
pointe ; alors on le plonge dans de l'eau pure, afin d'avoir u
teinte bien égale et tendre, comme elle est ordinairement
les bords ; on termine avec le pinceau, vers le milieu, qui
toujours plus foncé. On les panache au pinceau lorsque
est nécessaire. Vers la queue du pétale, qui est blanc,
verse une goutte d'eau sur l'extrémité de la couleur, ce qu
délaie et la fait venir en mourant.

On se sert d'une couleur faible, et lorsqu'elles sont sèch
on trempe de nouveau celles dont la couleur est trop pa
jusqu'à ce qu'on ait atteint la nuance désirée.

Pour imiter quelques accidens qu'on remarque souvent d
les roses, on les peint avec le pinceau, soit dans les pét
intérieurs, soit dans les pétales extérieurs, qui ont ordin
rement un filet vert à l'extérieur, qui approche le plus
feuilles.

Le taffetas qui sert à faire les feuilles est teint en pièc
d'environ une aune de long, dans la couleur convenable
l'objet qu'on se propose d'imiter. Quand il est teint, on l'ét
sur un grand châssis au moyen de ficelles qui enveloppent
cadre au fur et à mesure qu'on les coud sur le bord du taffet
on le tend autant qu'on peut, et on l'y laisse sécher. Alo
avec de la gomme arabique très légère, on lui donne d
côté le brillant que doivent avoir les feuilles. On donne
velouté en dessous avec une eau d'amidon colorée, suivan
nuance qu'on désire, et on l'applique au pinceau. L'art co
siste à saisir le degré de consistance de l'amidon, et à l'app
quer de manière qu'il ne durcisse pas trop, qu'il ne soit
lisse ; enfin, qu'il veloute bien. On imite encore bien mieux
velouté des feuilles, lorsqu'il doit être très prononcé, avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la tonture de drap réduite en poussière fine et teinte de la couleur convenable. On passe avec le pinceau de la gomme légère, et lorsqu'elle commence à sécher, on saupoudre avec la tonture, et lorsque la gomme est bien sèche, on secoue pour faire tomber l'excédant.

Les folioles qui sont sous les fleurs des roses, qu'on appelle *araignes*, sont apprêtées aussitôt qu'elles sortent de la teinture, afin de leur conserver toute la fermeté qu'elles doivent avoir. Pour cela, le taffetas, encore tout mouillé de la teinture, est foulé, pressé dans l'eau d'amidon coloré; et lorsqu'il en est bien imprégné des deux côtés, on l'étend sur le cadre et on le fait sécher.

Le taffetas ainsi préparé et bien sec, on le découpe à l'Emporte-Pièce selon la grandeur et la forme de la feuille qu'on doit imiter; et l'on sent qu'il faut plusieurs emporte-pièces, car il y a des feuilles de différente grandeur dans un bouquet de roses. On ne pourrait jamais parvenir à les faire aussi bien avec des ciseaux, et encore cette manière d'opérer exigerait un temps très considérable pour exécuter cette découpure avec assez de précision, afin qu'elle fût soutenable. On découpe sur un billot de bois ou sur un plateau de plomb bien uni, mais mieux sur un plateau formé d'un alliage de plomb et d'étain.

Ces opérations préliminaires ne suffisent pas, et des feuilles auxquelles on ne ferait pas subir d'autres préparations, seraient exécrables. Il faut encore leur donner l'apparence de la nature, et exprimer dans chacune d'elles les diverses nervures qu'elles portent toujours. Pour y parvenir, on se sert de divers instrumens qu'on nomme Gaufroirs; il en faut autant qu'on a de feuilles différentes. Chacun est formé de deux pièces, l'une qui est en fer, et a un manche en bois; il porte à son extrémité la gravure d'un côté de la feuille; l'autre, qui en est la contre-partie, est en cuivre et a des rebords tout autour comme une boîte. On fait chauffer modérément les fers, on presse plusieurs feuilles à la fois, qu'on a placées dans le moule de cuivre, et on les y laisse quelques instans, pour qu'elles prennent bien la forme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On fait les boutons avec du taffetas ou de la peau blanche teints de la couleur convenable, ou bien qu'on peint après ; on leur donne la forme qu'ils ont naturellement ; on les remplit de coton, ou de mie de pain, ou de filasse gommée, et on les lie bien, avec de la soie, au bout de petits fils de fer. On plante ces boutons dans du sable dont est remplie une sebile de bois (Pl. 28, fig. 5), dans laquelle on voit une quantité de ces boutons qu'on y laisse pour les faire sécher.

Les étamines se préparent en fixant au bout d'un petit fil de laiton, des bouts de soie écrue en quantité suffisante pour former le cœur. Lorsque ces fils sont ainsi placés, on les trempe dans de la bonne colle de gants, qui leur donne, en se séchant, la fermeté nécessaire. Avant de coller ces fils, on les coupe tous à la fois d'une longueur égale et convenable à la rose. On pique le cœur sur un coussinet ou bien dans le sable de la sebile, comme les boutons, et on les sépare bien, afin qu'en séchant ils ne se collent pas les uns aux autres.

Lorsqu'ils sont secs, on humecte légèrement et tout-à-la-fois le bout de chacun de ces fils, avec une pâte composée de gomme arabique et de belle farine de froment. Cette pâte est au point convenable lorsqu'elle commence à prendre la fermentation acide. Cette pâte colle parfaitement et mieux que la gomme arabique, quelque forte qu'elle soit ; c'est toujours de cette colle dont on doit se servir lorsque nous la désignerons sous le nom de *pâte*.

Lorsque les extrémités des fils de soie écrue qui doivent former le cœur sont imprégnées de pâte, on les plonge dans un vase rempli de semoule teinte en jaune par la *terra merita* dissoute dans l'esprit-de-vin ou alcohol. Chaque fil prend un grain de semoule, et on laisse bien sécher. Voilà le cœur et les étamines.

On colle tout autour les folioles, avec de la pâte et par la pointe ; on continue à coller des pétales plus grands, et des plus grands en plus grands, au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cœur, en les gaufrant avec des brucelles creuses d'un côté, en imitant la nature autant qu'on le peut. On place

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite le calice, qui renferme le bout de tous les pétales, on le colle avec la pâte, et l'on a soin auparavant d'y placer trois *araignes;* ce sont ces petites feuilles très découpées qui enveloppent le bouton.

La queue se fait avec un ou plusieurs fils de fer, qu'on attache à celui qui porte le cœur. On enveloppe le tout avec plus ou moins de coton filé, selon que la queue doit grossir à mesure qu'elle s'éloigne de la fleur, et l'on recouvre le tout de papier serpente teint en vert.

Les feuilles se montent de même sur un petit fil de cuivre; on les rassemble de trois en trois, comme la nature les présente, et ces feuilles doivent être d'autant plus petites et d'un vert d'autant plus jaunâtre, qu'elles approchent davantage de la fleur. La queue de ces feuilles se fait comme celle de la rose, et elles se réunissent avec cette dernière de la même manière.

Les roses-pompons présentent une petite différence dans l'exécution; comme les pétales seraient trop petits s'ils étaient séparés, on en découpe cinq à six à la fois, qui se tiennent en rond; le découpoir fait un trou au milieu; on enfile plusieurs rangs de ces pétales par la tige du cœur, en mettant d'abord les plus petits; on les colle avec la pâte, ce qui est plus tôt fait que les grands, et on les termine de même.

On emploie pour les fleurs des couleurs particulières, qu'il est bon de connaître.

Pour le *rouge :* du carmin dissous dans le sel de tartre, comme nous l'avons dit. On obtient toutes les nuances désirables.

Pour le *bleu :* on fait dissoudre de l'indigo dans l'acide sulfurique, et lorsqu'il est bien dissous, on étend d'eau et l'on s'empare de l'acide par le blanc d'Espagne, ou carbonate de chaux, qui forme du sulfate de chaux qui se précipite. L'indigo reste dans le liquide, et l'on décante.

Pour le *jaune clair :* on fait une dissolution de *curcuma longa* dans l'alcohol.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le *jaune foncé :* une dissolution de *terra merita* dans l'alcool.

Une dissolution de crème de tartre avive toutes ces couleurs.

Pour le *violet :* de l'orseille de Lyon et un bain de bleu.

Pour le *lilas :* de l'orseille de Lyon.

La pensée se passe au pinceau. Comme les pétales sont en velours, on les pose sur un papier gris non collé, on pose la couleur, on l'étend avec le doigt, en faisant en sorte que le papier en boive la moitié.

Nous ne pouvons pas entrer dans le détail de la fabrication de toutes les fleurs ; nous en avons dit assez pour donner une idée des opérations du fleuriste. Il faut voir faire et pratiquer ce n'est pas difficile à exécuter; il ne faut que beaucoup de patience et de goût. Nous avons indiqué presque tous les secrets que les fleuristes ne veulent pas dire. D'ailleurs, il y a certaines opérations qu'il est impossible de décrire, comme par exemple, l'art de gauffrer à la main avec des brucelles, etc., etc.

Il nous reste à faire connaître les principaux instrumens dont se sert le fleuriste artificiel ; les voici :

Pl. 28, fig. 5. Sebille remplie de sable, contenant une quantité de petits fils de fer, garnis chacun d'un bouton ou d'un cœur de rose, ou autres choses semblables, faits comme nous l'avons indiqué, gommés ou collés, exposés ainsi à la sécheresse, et faits pour servir de graines ou boutons des fleurs. A est la sebille ; B, les petits boutons.

Fig. 6. Brucelles, espèce de pinces, dont A est la tête, et B,B, les branches. Il y en a dont les deux branches sont plates, et d'autres dont une branche est ronde en creux, et l'autre ronde en relief.

Fig. 7. Élévation, en fer, et fig. 8, plan en cuivre d'un gaufroir fait pour gaufrer les feuilles. A est le gaufroir ; B, la tige ; C, le manche. On a autant de gaufroirs différens qu'il y a de feuilles diverses.

Fig. 9. Gaufroir en bois ; A, A, en sont les rainures.

Fig. 10. Gaufroir en fer, à manche, fait pour gaufrer les mou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ches des feuilles, des fleurs d'oranger et autres choses semblables. A, le gaufroir; B, la tige; C, le manche.

Fig. 11, 12 et 13. Mandrins de différentes formes pour contourner les feuilles et les pétales. Il y en a de forme conique, plate ou carrée; d'autres cylindriques et ovales. Le fleuriste artificiel en a de toute forme.

Indépendamment de ces outils principaux, l'ouvrier en a une infinité d'autres dont les circonstances lui indiquent l'utilité, et qu'il serait superflu de décrire ici. L.

FLEURS. Les anciens chimistes se servaient de cette expression pour désigner certains produits solides et cristallins obtenus par sublimation; souvent ils l'employaient aussi pour des sublimés pulvérulens; mais cette dénomination, tout-à-fait impropre, a été généralement abandonnée, sauf un très petit nombre d'exceptions relatives à des corps si universellement connus sous cette dénomination, qu'on ne pourrait les changer sans s'exposer à ne pas être entendu.

FLEURS ARGENTINES D'ANTIMOINE. C'est un oxide d'antimoine préparé par sublimation. Quelques chimistes l'admettent au nombre des acides, et le nomment *acide antimonieux*. (*V. Oxides d'antimoine.*)

FLEURS AMMONIACALES MARTIALES. Ce produit s'obtient également par sublimation, et il résulte de la combinaison de l'hydrochlorate d'ammoniaque et du chlorure de fer.

FLEURS DE BENJOIN. C'est ainsi qu'on nommait autrefois, et que l'on nomme encore assez généralement, l'acide qu'on retire du benjoin et de quelques autres substances balsamiques naturelles. Cet acide n'étant usité qu'en Médecine, nous n'avons pas cru devoir en donner la description à cet article.

FLEURS DE SOUFRE. C'est en vaporisant le soufre à la moindre température possible, et recevant les vapeurs sur des parois refroidies, qu'on obtient les fleurs de soufre. L'appareil dont on se sert pour cet objet, est des plus simples; c'est ordinairement une chambre d'environ 8 à 10 mètres carrés, qui communique, par une ouverture placée à la partie inférieure d'un de ses côtés, avec une chaudière en fonte qui est située sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un fourneau construit contre la paroi extérieure de cette chambre. Cette chaudière est recouverte en maçonnerie, disposée de manière à former deux conduits destinés à apporter les vapeurs dans la chambre. La cheminée du fourneau est placée à la partie extérieure, et elle n'a point de communication avec l'intérieur. On met le soufre dans la chaudière au moyen d'une ouverture ménagée à cet effet, et qu'on bouche ensuite. On chauffe modérément, et l'on soutient une chaleur bien égale tant qu'il y a de la matière à vaporiser. Si la température n'était point assez ménagée, les vapeurs arriveraient trop chaudes dans la chambre, en échaufferaient les parois, et le soufre, au lieu de se condenser sous forme pulvérulente, s'y maintiendrait dans une demi-liquéfaction qui agglomérerait toutes les particules, et n'en ferait qu'une seule masse.

L'état de grande division que prend le soufre ainsi condensé sous forme de *fleurs*, le rend plus propre à certains usages; mais bien que la majeure partie de l'air contenu dans la chambre soit dilaté et même évacué par une ouverture située à l'un des points de la partie supérieure, il en reste néanmoins assez pour déterminer la combustion d'une petite partie de soufre, et en former une proportion relative d'acide, qui se condense avec les fleurs, et y reste mélangé. Cet acide nuit dans quelques circonstances, et l'on est obligé de l'enlever au moyen de lavages à l'eau simple souvent réitérés. C'est ainsi qu'on prépare, pour l'usage médical, ce qu'on nomme dans les pharmacies *soufre lavé*.

Les fleurs de soufre sont d'un fréquent usage dans la Médecine, et surtout dans la Médecine vétérinaire : c'est un des meilleurs remèdes qu'on puisse employer contre les affections psoriques et herpétiques.

On se sert aussi, dans les Arts, des fleurs de soufre pour préparer certains masties pour le scellement des barreaux de fer dans des pierres, ou pour boucher des fissures dans des vases de fonte. On les unit alors, soit avec de la limaille de fer seule, soit avec de la limaille de fer et du sel ammoniac. (*V.* MASTIC.) R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FLINT-GLASS. Sorte de verre, qu'on nomme plus particulièrement CRISTAL, qui est composé de verre et d'oxide de plomb. Les opticiens ont conservé ce mot anglais pour désigner les verres de lunette dont ils se servent pour *achromatiser* leurs objectifs, c'est-à-dire en faire disparaître la coloration des images. (*V.* LUNETTE.) FR.

FLOTRES OU FEUTRES (*Technologie*). C'est un mot technique des fabricans de papier. Ce mot est le nom qu'ils donnent aux pièces de drap sur lesquelles le *coucheur*, qui est un des trois ouvriers qui travaillent à la cuve, applique la feuille de papier que l'*ouvreur* a placée sur la forme. On entend souvent donner le nom de *feutres* ou de *draps* à ces mêmes étoffes que nous nommons *flotres*; c'est une erreur de regarder ces mots comme synonymes. Le mot consacré dans l'art du papetier est *flotres*.

Tous les draps ne sont pas susceptibles de faire de bons *flotres*; les meilleurs sont ceux qui boivent avec beaucoup d'avidité la surabondance d'eau dont la pâte se trouve surchargée, et qui la rendent avec facilité lorsqu'on les expose à l'action de la presse. Les deux surfaces des bons *flotres* sont différemment garnies de poils; l'une a des poils courts, et l'autre des poils longs. Le coucheur pose la feuille sur la surface à poils courts, et il applique sur les feuilles ainsi couchées, la surface qui a des poils longs. Si l'on changeait les *flotres* de disposition, et que l'on couchât les feuilles de papier sur la surface à longs poils, non-seulement elles ne s'appliqueraient pas sur les *flotres*, mais encore les poils longs et roides perceraient le papier, ou bien produiraient ce que les ouvriers appellent des *bouteilles*, c'est-à-dire des vides pleins d'air entre quelques parties de cette feuille et le *flotre*, ce qui en altérerait le tissu. Au contraire, les feuilles, en s'appliquant exactement sur la surface à poils courts, qui boit l'eau surabondante, y acquièrent une première consistance qui suffit pour l'instant.

Cette différente garniture des deux surfaces du *flotre* contribue à faciliter les opérations du *leveur* comme celles du *coucheur*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'étoffe des *flotres* doit être assez ferme pour s'étendre bien exactement sur les feuilles, sans former des plis : elle doit être assez souple pour se prêter à l'effort du coucheur, qui applique sa forme successivement d'un bord du *flotre* à l'autre sur tous les points intermédiaires. Les étoffes trop feutrées, comme les draps ordinaires, même les plus fins, ne valent rien pour faire des *flotres ;* elles ne boivent pas l'eau ni assez promptement ni assez abondamment.

L'effort continuel que fait le *coucheur* en appliquant la forme sur les *flotres*, leur donne une extension considérable dans le sens de leur largeur, surtout quand la largeur de ces *flotres* est prise d'une lisière de l'étoffe à l'autre ; ces étoffes étant tissées en trame de laine cardée, cèdent beaucoup davantage dans ce sens, que ne pourrait faire la chaîne en laine peignée. Il résulte de cette considération, que si les *flotres* étaient toujours coupés de manière que leur plus grande dimension fût prise dans la largeur de l'étoffe, et la plus petite sur la longueur, ils s'alongeraient beaucoup moins sur la petite dimension, et seraient d'un meilleur service. On comprend aisément que la chaîne de l'étoffe est plus propre, par le degré de tors qu'elle a reçu, à résister aux efforts du *coucheur,* si elle se trouve disposée suivant leur direction. (*V.* Pots et Papetier.) L. C.

FLOTTAGE. La plupart des bois de chauffage et de charpente sont charriés par le flottage des rivières. On pratique des couloirs sur les flancs des montagnes des forêts, et les bois abattus sont descendus le long de ces couloirs : on a eu soin d'aplanir le terrain, et de combler les plis par des travaux d'art, pour qu'il n'y ait point d'arrêts. Ces bois sont ensuite assemblés en Radeaux et en Trains de flottage, et portés par les eaux. Des hommes de rivière les gouvernent par l'aviron et le pieu, jusqu'au lieu où les bois doivent être débités. (*V.* Bois.) Pour les lois de la Flottaison des corps, *V.* Fluides. Fr.

FLOTTEUR (*Hydraulique*). La propriété qu'ont les corps plus légers qu'un pareil volume d'eau, de flotter à la surface, et de perdre leur poids par la pression du liquide

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(*V.* FLUIDES), a été mise en pratique pour obtenir des effets mécaniques plus ou moins utiles, mais fort ingénieux : nous ne pouvons entrer dans les détails nécessaires pour exposer toutes les conceptions de ce genre. Cependant il en est que nous expliquerons, à raison de l'emploi avantageux qu'on en peut faire dans les Arts.

Machine hydraulique à flotteur.

Elle est composée de deux caisses, l'une fixe EFGH (*Arts mécaniques*, Pl. 25, fig. 1), l'autre mobile KMNL, et qui constitue le flotteur. La première a ses bords plus élevés que le niveau AB de l'eau affluente d'une source, et son fond FG est situé au-dessous du niveau CD de l'eau, après son écoulement; car on suppose à ce liquide une chute donnée de AB en CD. Les fonds de ces caisses sont munis chacun d'une soupape; l'une S s'ouvrant en dehors en *s*, l'autre S′ s'ouvrant en dedans; et le mécanisme exige que ces soupapes aient un jeu alternatif, tel que l'une s'ouvre quand l'autre se ferme, et réciproquement. Un siphon OPQ conduit l'eau de la source dans la caisse mobile, par un effet bien connu; la pression de l'atmosphère sur l'orifice de la branche la plus courte O, qui est plongée dans la source, est contre-balancée par celle qu'éprouve l'autre orifice; mais le poids de la colonne la plus longue entraîne le fluide et le fait tomber; il s'opère une sorte de succion qui produit un écoulement continuel. (*V.* SIPHON.) La caisse mobile est construite de manière à être un peu plus légère qu'un volume d'eau égal au sien, et par conséquent à flotter sur l'eau lorsqu'elle est vide.

Voici le jeu de cet appareil. Que la soupape S souvre, S′ étant fermée; l'eau contenue dans la caisse fixe s'écoule par l'orifice ouvert, et la caisse mobile descend par son poids, que rien ne soutient; l'eau dont elle s'emplit peu à peu, ajoute encore à la force qui détermine ce mouvement. Mais que la soupape S′ vienne à s'ouvrir, et la soupape S à se fermer, l'eau contenue dans la caisse mobile se répandra dans la caisse fixe et la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remplira ; la première ainsi allégée s'élèvera donc pour flotter de nouveau, jusqu'à ce que S′ se fermant et S s'ouvrant, la caisse mobile redescende. Celle-ci aura donc un mouvement de va-et-vient vertical ; et si l'on attache une chaîne à cette caisse, à l'extrémité V d'un levier VV′, mobile sur un axe de rotation X, cette action communiquera au levier une rotation alternative.

Les bords supérieurs de la caisse mobile sont en tôle ; leur hauteur doit suffire pour retenir l'eau de la source, qui y a reçue en descendant. On ne doit laisser que peu d'espace entre les deux caisses (2 millimètres d'intervalle seulement tout autour) ; et pour empêcher le mouvement d'être arrêté par le frottement des parois, on adapte en dehors du flotteur de petites roulettes, qui facilitent le glissement.

Quand la soupape S est fermée, l'eau est au même niveau inférieur CD dedans et dehors la caisse fixe, et au même niveau supérieur AB, *ab*, dedans et dehors la caisse mobile, qui contient le volume d'eau *a*MN*b*. Quand la soupape S′ s'ouvre, S se ferme, l'eau intérieure s'écoule entre les deux caisses ; la caisse mobile descend de la hauteur N*n* ; le haut de cette caisse s'emplit d'eau par le siphon jusqu'en KL, qui est descendu en *ab*. Le volume d'eau qui s'écoule entre les deux caisses lorsque S′ s'ouvre, est précisément égal à K*ab*L, ce qui fait remonter la caisse de la hauteur *n*N. Ce volume d'eau est celui qu'a débité le siphon ; c'est la différence des volumes d'eau contenus dans la caisse mobile dans ses deux positions.

Quant au mécanisme qui fait ouvrir et fermer les soupapes alternativement, chacun peut aisément se représenter comment on peut obtenir cet effet du mouvement même du flotteur. Cette machine permet d'utiliser les sources d'eau les moins abondantes ; on l'emploie rarement ; les produits n'en sont pas connus. Soient p la quantité d'eau écoulée par le siphon dans la caisse mobile pendant sa descente de la hauteur $Nn = Ka = h$; H la hauteur de la chute d'eau, du niveau AB à CD ; P le poids de la caisse mobile et de l'eau qu'elle contient jusqu'à *ab* ; la dépense et le produit théoriques de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cette machine sont dans le rapport de pH à Ph. L'effet utile de la force Ph sera une fraction de cette quantité Ph, et une fraction plus petite encore de la dépense pH. (*V.* FORCE.)

Procédé pour retirer des fardeaux du fond de l'eau.

On charge de grands bateaux jusqu'à ce qu'ils s'enfoncent dans l'eau de manière à déplacer, outre leur tirant d'eau ordinaire, un volume d'eau d'un poids plus considérable que la masse à soulever. Alors on attache fortement cette masse aux bateaux par des cordes exactement tendues, offrant une résistance convenable. Otant ensuite le poids dont ils étaient chargés, l'eau agit de bas en haut pour soulever les bateaux vides, avec une force égale au poids de l'eau déplacée par cet enfoncement, c'est-à-dire au poids même dont on a déchargé les bateaux. Cette force suffit pour soulever la masse, et il est facile de la transporter de la sorte vers le rivage. On est quelquefois obligé de répéter ce même moyen, à mesure que le lit du fleuve devenant moins profond, le fardeau se trouve porté sur le sol du fond de l'eau. (*V.* T. VIII, page 414, la description des procédés employés au transport des monolithes égyptiens et du rocher de Saint-Pétersbourg.)

Appareil d'écoulement à niveau constant.

Lorsque l'eau s'écoule d'un vase, et que l'eau affluente ne répare pas cette perte, le niveau s'abaisse peu à peu. Or, il y a beaucoup de circonstances où l'on veut que le niveau reste constant, malgré l'écoulement. Voici le procédé qu'a imaginé M. de Prony pour obtenir cet effet. Soit *afeb* (fig. 2) le vase d'où l'eau s'écoule; cette capacité est divisée en trois, *as*, *st*, *te*, par deux diaphragmes, dont la hauteur est un peu moindre que celle du niveau qu'on veut conserver. Dans les deux caisses latérales EE′ sont situés deux flotteurs F, F′, qui supportent une caisse inférieure G par un système de tringles $p'q'$. L'eau qui s'écoule du vase *st* par quelque orifice y, et qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est employée à un usage quelconque, est ensuite reçue d un tuyau qui la conduit dans cette caisse G. Il suit de c disposition, que toute l'eau qui sort de la cuve vient aj son poids aux flotteurs; ceux-ci doivent entrer dans l'eau p profondément à mesure que la charge augmente; et comm poids de ces corps doit être égal à celui du fluide qu'ils placent, leur enfoncement est tel que le volume immergé précisément égal à celui de l'eau reçue dans la caisse, c'e dire au volume d'eau écoulée. Il s'ensuit, par conséquent le niveau reste constant, puisqu'autant il s'abaisserait p perte d'eau que fait le vase, autant il s'élève par l'enfonce dû à la charge que reçoivent les flotteurs.

Un seul flotteur est évidemment nécessaire; mais M Prony en a mis deux, parce que l'expérience qu'il voulait sur l'écoulement de l'eau, pouvait être troublée par le m ment du flotteur. M. Hachette a décrit, dans sa Méca n° 98, un appareil qui a le même objet, et permet de va volonté les hauteurs du niveau au-dessus de l'orifice d'é lement.

Les flotteurs sont encore employés dans un grand nom de machines hydrauliques, soit pour déterminer des é lorsque le niveau atteint à une certaine hauteur, soit p indiquer l'élévation graduelle du niveau (comme dans le t de Pitot, *V.* Écoulement, T. VIII, page 472), soit pour d tres motifs. Nous nous réservons d'en montrer le jeu dans occasions où ces appareils sont usités. Fr.

FLUATES (*Arts chimiques*). Sels qui résultent de l'u de divers oxides avec l'acide fluorique. Cet acide, consi sous le rapport de ses combinaisons, est remarquable pa tendance à former des sels doubles, et par sa grande capa de saturation. Dans les fluates neutres, 100 parties d'acide turent une quantité de base dont l'oxigène est égal à 74, mais ces fluates ne conservent point cet état de neutral leurs dissolutions neutres cessent de l'être par l'évaporati qui donne un sel cristallisé acide et une eau-mère alcal *et vice versâ*. Les fluates alcalins, qui sont les plus solubl

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ont une saveur salée un peu urineuse ; les autres fluates, ou insolubles, ou très peu solubles, n'ont point de saveur.

Tous les fluates entrent en fusion à une température plus ou moins élevée ; lorsqu'ils sont secs, la chaleur ne les décompose point ; la décomposition a lieu lorsqu'ils sont humides, parce que l'eau favorise le dégagement de l'acide fluorique, qui ne peut exister seul. Par ce même motif, les acides qui contiennent de l'eau sont les seuls qui décomposent ces sels, et qui en dégagent l'acide fluorique. Il faut en excepter l'acide borique, qui les décompose sans l'intervention de l'eau, à cause de la propriété qu'il a de s'unir avec l'acide fluorique, et de former l'acide fluoborique.

Il en est de même des bases salifiables ; la chaux, dont l'affinité pour l'acide fluorique est supérieure à celle de toutes les autres bases, ne peut décomposer les fluates sans l'intermède de l'eau. La silice seule fait exception, à cause de sa propriété de se combiner immédiatement avec l'acide fluorique, et de former l'acide fluorique silicé, ou le fluate acide de silice.

On voit donc que trois corps seulement peuvent opérer ou favoriser la décomposition des fluates, l'eau, l'acide borique vitrifié, et la silice, parce qu'eux seuls jouissent de la faculté de contracter une union immédiate avec l'acide fluorique.

Cette nécessité d'employer toujours l'intervention de l'eau pour extraire l'acide fluorique de ses combinaisons, a donné lieu de présumer que c'était un hydracide, ou un composé de son radical et d'hydrogène ; qu'en se combinant aux bases il se dépouillait de son hydrogène et donnait lieu à des fluures, comme le chlore à des chlorures ; que conséquemment ces composés ne pouvaient être détruits soit par les bases, soit par les acides (l'acide borique et la silice exceptés), qu'autant que l'eau de ces corps se décomposant, fournissait son hydrogène au radical fluorique, pour le faire passer à l'état d'hydracide, et son oxigène au métal, pour l'amener à l'état d'oxide.

A cette théorie très vraisemblable, il manque toutefois la preuve positive, c'est-à-dire la connaissance du radical fluo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rique. Les expériences de MM. Gay-Lussac et Thénard sur l'action mutuelle du potassium et de l'acide fluorique, avaient donné l'espoir de connaître bientôt ce radical. Les travaux plus récens de MM. Berzélius sur les fluates, au lieu de le confirmer, l'ont détruit; ils ont prouvé que cette matière brunâtre, couleur de châtaigne ou de chocolat, observée par MM. Gay-Lussac et Thénard, n'est point le radical de l'acide fluorique, mais celui de la silice, le silicium.

On ignore donc encore la nature du radical fluorique ou fluor, nom proposé par MM. Gay-Lussac et Thénard, et le seul qui lui convienne, comme celui de bore convient au radical de l'acide borique. Les noms de *fluure* et d'*acide hydro-fluorique* se présentent naturellement pour exprimer les combinaisons du fluor avec les corps simples et avec l'hydrogène, dans le cas où cette dernière combinaison serait un hydracide. Ces noms sont de beaucoup préférables aux dénominations de *phtore*, *phtorures*, *hydrophtorique* et *hydrophtorates*, proposées postérieurement, qui ne rappellent en rien l'origine de ce radical, et qui ne font qu'ajouter, sans nécessité, aux difficultés de la nomenclature, déjà bien assez grandes pour ceux qui commencent l'étude de la science.

Après l'exposé de ces idées générales, et indispensables pour concevoir la nature des fluates et leurs principales propriétés, nous allons traiter en particulier du petit nombre des espèces de ce genre, qui peuvent être de quelque utilité dans les Arts.

Fluate de chaux, ou *fluure de calcium*. Le plus utile de tous les fluates est abondamment répandu dans la nature; il sert de gangue aux mines d'étain et de zinc; il accompagne plus souvent les filons d'argent et de plomb: on le rencontre diversement coloré; les couleurs qu'il affecte, et qui paraissent dues aux oxides de fer, sont le jaune, le rose, le bleu, le violet et le vert; ce dernier est le plus commun; le blanc est le plus pur et le plus rare; il se présente tantôt en masses amorphes et compactes, tantôt sous forme terreuse, comme dans la terre dite de *Marmarosc*, analysée par Pelletier,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelquefois en cristaux réguliers, le plus ordinairement cubiques. Pulvérisé et projeté sur les charbons ardens, il décrépite légèrement et s'entoure d'une aréole lumineuse et violacée ; il se fond à 51° de Wedgewood, en un verre transparent ; de là les dénominations de *spath fluor* et *spath vitreux*, qui lui ont été anciennement données. Il est inaltérable à l'air, sans saveur, et insoluble dans l'eau.

C'est du fluate de chaux que l'on extrait l'acide fluorique, soit à l'état gazeux, soit à l'état liquide. On peut voir, au mot *Acide fluorique*, la description des deux procédés mis en usage pour l'obtenir dans ces deux états.

Le fluate de chaux, calciné avec l'acide borique vitrifié, fournit aussi l'acide fluoborique, si remarquable par son avidité pour l'eau, et si utile pour reconnaître la plus petite quantité de vapeur aqueuse interposée entre les molécules des gaz. Comme à l'article Acide il n'a point été fait mention de l'acide fluoborique, nous croyons utile d'entrer ici dans quelques détails sur la manière de préparer cet acide, et sur ses principales propriétés.

C'est un composé d'acide fluorique et d'acide borique, découvert en 1811 par MM. Gay-Lussac et Thénard, en exposant à une chaleur rouge un mélange de fluate de chaux pur et d'acide borique vitrifié. Voici la manière de le préparer : deux parties du premier et une du second sont introduites dans un tube de fer revêtu d'un bon lut ; on le ferme par un bout, et l'on adapte à l'autre un tube de verre qui doit s'engager sous des flacons pleins de mercure. Ce tube, placé dans un fourneau à réverbère, est chauffé peu à peu jusqu'au rouge, époque à laquelle il s'en dégage tout à coup des vapeurs épaisses ; c'est le gaz fluoborique.

Ce gaz incolore a une odeur piquante, semblable à celle de l'acide fluorique silicé. Il n'attaque pas le verre comme le fait cet acide, mais il rougit comme lui les couleurs bleues végétales, et éteint les corps en ignition ; il a sur les matières végétales et animales une action très vive, semblable à celle qu'exerce sur ces substances l'acide sulfurique ; il détermine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une formation d'eau, car il les charbonne. La propriété la plus remarquable de l'acide fluoborique, considéré sous le rapport des Arts, est l'avidité avec laquelle il est absorbé par l'eau, qui peut en dissoudre 700 fois son volume, ou environ deux fois son poids. Cette dissolution, chauffée à quelque température que ce soit, ne perd jamais que la cinquième partie de l'acide qu'elle contient : elle ressemble alors à de l'acide sulfurique concentré, dont elle a l'aspect oléagineux et la causticité, et elle exige autant de chaleur que cet acide pour être réduite en vapeur.

C'est à l'état gazeux que les Arts, et surtout l'Eudiométrie, peuvent tirer un parti avantageux de l'acide fluoborique. Son avidité pour l'eau est telle, que mis en contact avec l'air ou avec un gaz qui contient la moindre quantité d'eau interposée, il s'en empare sur-le-champ en répandant des vapeurs blanches plus ou moins épaisses. Aussi l'on peut être certain qu'un gaz est complètement dénué d'humidité, lorsque, par son mélange avec quelques bulles de gaz acide fluoborique, il ne donne lieu à aucune vapeur.

Si l'on substitue des vases de verre aux vases de plomb qu'on emploie de préférence, pour se procurer au moyen de l'acide sulfurique l'acide fluorique le plus pur, on obtient l'acide fluorique silicé, ou le fluate acide de silice, et le seul que l'on connût avant l'emploi des appareils en plomb.

On peut préparer artificiellement le fluate de chaux de deux manières : on l'obtient sous forme grenue, en versant de l'acide fluorique sur du carbonate de chaux jusqu'à saturation complète; si on le prépare par voie de double décomposition, il est sous forme de gelée, d'une transparence parfaite.

D'après les travaux de MM. Davy et Berzélius, la composition du fluate de chaux est exactement connue : 100 parties de ce sel sont formées { d'acide fluorique.. .. 27,3145, de chaux..... 72,6855.

Cette connaissance est importante pour apprécier la quantité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'acide fluorique que renferment plusieurs minéraux, tels que certaines topazes, la pycnite, l'yttrocérite, la cryolithe, etc., dans lesquels cet acide est uni à diverses bases. Le procédé de M. Berzélius étant le meilleur que les chimistes puissent employer dans leurs analyses, nous croyons utile de le décrire. Il consiste à calciner pendant une heure, dans un creuset de platine, un mélange d'une partie du minéral bien pulvérisé, et de 4 parties de sous-carbonate de soude effleuri, et à délayer la masse dans l'eau, qui laisse précipiter la plus grande partie de la silice et de l'alumine, tandis qu'elle retient en dissolution l'acide fluorique combiné avec la soude. On verse dans la dissolution alcaline filtrée du sous-carbonate d'ammoniaque, qui précipite la portion d'alumine et de silice que la soude caustique aurait pu retenir, et on les réunit à la quantité de ces terres précédemment déposées. Pour séparer l'acide fluorique, on sursature la dissolution alcaline par l'acide hydrochlorique, on la fait bouillir pour chasser l'acide carbonique, et l'on y ajoute une dissolution d'hydrochlorate de chaux, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; on recueille le fluate de chaux, on le lave, on le calcine au rouge, et d'après la composition de ce sel ci-dessus indiquée, il est facile de déterminer la quantité d'acide fluorique contenu dans le minéral.

Fluate de soude et d'alumine. Ce sel à double base se rencontre à l'état natif dans le Groënland; il est connu des minéralogistes sous le nom de *cryolithe;* il a l'aspect d'une pierre; il est en masses translucides d'un blanc laiteux, à cassure lamelleuse. Il résulte, des analyses de Klaproth et de M. Vauquelin, qu'il est formé de 47 parties d'eau et d'acide fluorique, de 32 de soude et de 21 parties d'alumine.

Fluate de cérium et d'yttria. Sel double trouvé à Finbo, près de Fahlun en Suède, et nommé *yttrocérite* par MM. Gahn et Berzélius, qui en ont fait l'analyse. Ce sel est mêlé à du fluate de chaux dans ce minéral, dont la couleur varie du violet foncé au rouge-gris, ou au gris-blanc, souvent dans le même morceau. Il raie la chaux fluatée; sa couleur disparaît

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par la chaleur ; ce qui prouve qu'elle n'est point de nature métallique.

Fluate d'alumine. Ce sel natif entre avec le silicate d'alumine dans la composition des topazes du Brésil et de Saxe, de la pyrophysalite et de la pycnite de Haüy.

Il n'existe pas dans la nature d'autres fluates que ceux qu'on vient de citer. On peut se procurer artificiellement tous les fluates métalliques, soit par l'action directe de l'acide fluorique sur les métaux ou leurs oxides, soit par voie de double décomposition. Ces sels n'étant d'aucun usage dans les Arts, nous n'en dirons rien ; nous nous bornerons à faire mention du fluate double de silice et de soude, dont s'est servi avec avantage M. Berzélius, pour opérer la réduction de la silice et se procurer ainsi le silicium. La nouveauté de ce fait, l'importance dont il peut être par la suite pour le progrès des Arts, nous engage à entrer dans quelques détails sur l'opération par laquelle on se procure ce produit intéressant.

Les fluates doubles que l'acide fluorique forme avec la silice et la potasse ou la soude, donnent un moyen avantageux de préparer le silicium. Celui de soude a l'avantage de contenir, sous le même poids et le même volume, une plus grande quantité de fluate de silice ; il doit donc être préféré. On le dessèche à 100° ; on le met par couches avec le potassium dans un tube de verre fermé par une de ses extrémités ; on chauffe le mélange sur une lampe à l'alcool ; avant la chaleur rouge le silicium est réduit avec un petit sifflement et sans dégagement de gaz. On laisse refroidir la masse, et on la lave à l'eau froide, pour enlever l'alcali formé, puis à l'eau chaude. Le silicium obtenu, que MM. Gay-Lussac et Thénard avaient soupçonné être le radical de l'acide fluorique, est sous la forme d'une poudre d'un brun de châtaigne, ou de noisette sombre, sans éclat métallique, même après le frottement avec de l'acier à polir. A cet état le silicium est uni à de l'hydrogène ; c'est un hydrure de silicium dont on sépare l'hydrogène par une combustion lente ou rapide, dans un creuset de platine ouvert ; le silicium qui reste à l'état de pureté est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devenu incombustible, et insoluble dans l'acide fluorique.

L*****R.

FLUIDES (*Arts physiques et mécaniques*). On a donné le nom de *fluides* aux substances dont les molécules sont indépendantes les unes des autres, et peuvent se mouvoir plus ou moins librement en tous sens; par opposition aux SOLIDES, qui sont des corps dont les parties sont unies ensemble par une force d'ADHÉRENCE ou de *cohésion*, qu'on ne peut vaincre que par le développement d'une puissance sensible; et de même qu'il existe différens degrés de solidité depuis la mollesse jusqu'à l'excessive dureté, on distingue aussi divers degrés de fluidité, depuis la consistance des sirops et des huiles, jusqu'aux GAZ ou *fluides aériformes*. Dans tous ces fluides, les molécules peuvent glisser, sans résistance sensible, les unes sur les autres, et en tous sens; seulement, on conçoit que la facilité de ces mouvemens est plus grande dans certains fluides que dans d'autres, et principalement dans les gaz.

On distingue deux sortes de fluides; savoir, les liquides et les gaz : les premiers sont caractérisés par l'*incompressibilité*, c'est-à-dire, que si l'on renferme un liquide dans un vase, et qu'on exerce sur lui une force de pression, soit à l'aide d'un piston, soit en rapprochant les parois pour réduire l'espace, on ne pourra parvenir, à l'aide des forces ordinaires, à rendre le volume moindre. Si l'on soumet, au contraire, un gaz à la même épreuve, les puissances les plus faibles suffiront pour le comprimer, et même suivant une loi connue que nous exposerons au mot GAZ; car nous n'avons intention de traiter, dans le présent article, que des liquides, ou du moins des propriétés générales qui appartiennent en commun à ceux-ci et aux gaz.

Dans la réalité, il n'existe aucun fluide qui soit rigoureusement incompressible, et les expériences de Kanton, Perkins, etc., ont révélé aux physiciens que, sous des forces considérables, on pouvait réduire les liquides à des volumes moindres. M. OErsted a imaginé un ingénieux appareil, qui a mis cette propriété en évidence, et même qui lui a servi à me-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

surer la compressibilité de l'eau ; il a trouvé que sous une pression équivalente au poids d'une colonne de mercure de 76 centimètres, ou d'une colonne d'eau de $10^m,4$, poids ordinaire de l'atmosphère, le volume de l'eau se réduit de ses 46 millionnièmes, c'est-à-dire que le volume V devient $V - 0,000046.V$, ou $0,999954V$: une pression double produit une réduction double, etc. ; ainsi pour n atmosphères, le volume V est diminué de $0,000046.nV$. (*V.* ce qui a été dit sur ce sujet, T. VII, page 240.) Cette faculté des liquides, de n'être pas absolument insensibles à la compression, n'empêche pas la division des fluides en liquides et gaz d'être fort utile, puisque, pour les premiers, la diminution de volume est à peu près nulle pour toutes les forces dont l'homme dispose. Les gaz eux-mêmes sont susceptibles de se liquéfier par une pression suffisamment grande, mais toujours très considérable. On voit donc que la définition qui partage les corps en solides, liquides et gaz, n'est point tranchée en théorie ; mais elle est exacte dans la pratique. Quant à la distinction des corps en *solides* et *fluides*, elle n'est pas moins favorable à l'étude, quoiqu'il n'existe aucun corps rigoureusement solide, et que plusieurs participent à ces deux états, au point de laisser indécis auquel des deux on doit les rapporter. Le physicien examine les corps en les supposant doués de propriétés absolues qu'ils n'ont pas en toute rigueur ; il tire des conséquences exactes de cet état hypothétique, et en déduit des théorèmes. Les corps naturels seront d'autant plus près d'obéir absolument à ces lois, qu'ils sont eux-mêmes plus voisins de cet état.

Nous ne reviendrons pas ici sur ce que nous avons dit T. IV, page 354, et T. VII, page 504, sur l'influence du calorique pour écarter les molécules des corps, et réduire en liquides et en gaz les substances les plus solides. Nous nous contenterons de rappeler que la liquidité est un *état* intermédiaire entre la solidité et la gazéité ; dans celle-ci le corps est dissous dans le calorique, qui écarte les molécules hors de leur sphère d'attraction propre ; dans la solidité, c'est l'attraction qui est prépondérante ; et dans la liquidité, les molécules sont main-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tenues par le calorique interposé à la distance où l'attraction est contre-balancée par la répulsion due à la présence de ce fluide. Nous ne dirons rien non plus de la quantité de chaleur absorbée ou dégagée dans le passage de l'un de ces états à l'autre, ces sujets ayant déjà été traités ailleurs.

La propriété caractéristique des fluides consiste en ce que la moindre pression exercée sur une molécule suffit pour la déplacer. Il en résulte que si une masse fluide est en équilibre, chaque molécule doit éprouver, en tous sens, de la part des molécules voisines, des pressions égales et contraires; car si cette molécule se trouvait poussée dans une direction plus que dans celle qui est opposée, en vertu de la mobilité parfaite des parties, cette molécule obéirait à cette action, et ne demeurerait plus en repos, comme on le suppose. Il suit donc du principe de l'égalité de pression en tout sens, que *lorsqu'un fluide est renfermé dans un vase, si l'on exerce une pression, elle se distribue également et en tout sens dans cette masse, et les molécules, ainsi que les surfaces qui s'y trouvent plongées ou contiguës, sont pressées comme si la force leur était immédiatement appliquée.* Développons ce principe.

Imaginons qu'un piston D soit adapté à un vase ABC (fig. 2, Pl. 9 des *Arts physiques*), qui contient un fluide retenu sans pouvoir s'échapper par aucune issue; qu'une force P agisse sur ce piston pour le faire pénétrer dans l'intérieur; cette pression se fera sentir dans tous les lieux de la masse, que le fluide soit ou non compressible. Si l'on conçoit une aire plane I, égale à la section transversale du piston, elle sera pressée avec la même énergie que si le piston PD lui était immédiatement appliqué dans un sens perpendiculaire.

Voilà donc la propriété distinctive des fluides. Si ABC est un corps solide dont la base C repose sur un plan, poussez ce corps contre l'obstacle avec une force P perpendiculaire à C, elle se répartira sur toute cette base par portions égales, en sorte que chaque aire égale de la base en ressentira une pression aussi forte, qui sera une fraction de P proportionnée à l'aire totale C; si l'une de ces aires est le dixième de l'autre,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la pression sera le dixième de P. Les parties latérales n'éprouveront aucune action, pas plus que si la force P n'agissait pas; mais si le corps devient tout à coup liquide ou gazeux, et que seulement son écorce extérieure reste solide pour renfermer cette substance, la force P se distribuera en tous sens sur les parois, et quelque part qu'on y prenne une aire égale à la base du piston, la pression P s'y exercera avec son énergie entière.

De là il suit que si la surface qu'on considère est une portion E de la paroi, l'équilibre subsistera, soit qu'on laisse le vase fermé, et qu'on abandonne à la solidité des parois le soin de résister à la pression, soit qu'on pratique en E une ouverture à laquelle serait placé un piston E, retenu par une force égale à P. En effet, conduisons de D en E (ou en I, ou en un lieu quelconque F) un canal cylindrique, et supposons que le liquide situé en dehors de ce tuyau soit solidifié; rien ne sera changé à l'état d'équilibre, puisque dans un système au repos on peut admettre tant de points fixes qu'on veut sans déranger cet état : or, dans notre canal liquide, on ne peut supposer l'une des forces P ou Q prépondérante, puisque tout est égal des deux parts.

Mais rien n'empêche encore de remplacer la partie F de la paroi par un autre piston retenu par une force R égale à P; d'où l'on voit que, l'équilibre subsistant toujours, la force P est détruite par les deux forces Q et R, qui lui sont égales et agissent sur des pistons égaux. En rapprochant les deux pistons E et F pour n'en faire qu'un seul, tout restera encore en repos; ainsi, la force P fait équilibre à une force double, pourvu que le piston de la première ait pour base une aire moitié du piston de la seconde. Un troisième piston montrerait de même que la force P fait équilibre à une force triple, celle-ci agissant sur un piston de base triple. Et en général, on peut voir que deux forces restent en équilibre quand elles sont dans le même rapport que les bases de leurs pistons. Soient P et Q les forces, p et q les bases des pistons, dans le cas d'équilibre, on doit avoir la proportion

$$P : p :: Q : q, \quad \text{ou} \quad Pq = Qp.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette proposition importante a été reconnue par Pascal, qui l'a appliquée à la construction d'une machine, la PRESSE HYDRAULIQUE, à l'aide de laquelle une force P donnée peut produire une pression Q aussi grande qu'on veut; il suffit de faire agir les forces P et Q sur des pistons D et E, dont les bases soient dans les rapports de ces puissances. (*V.* PRESSE.) L'étendue et la figure du vase sont d'ailleurs arbitraires.

Il est facile de déduire des principes posés, que *dans une masse liquide pesante, tous les points d'une même couche horizontale éprouvent une égale pression;* car on peut assimiler cette couche au fond d'un vase qui serait chargé de porter le poids de tout le liquide placé au-dessus. Chaque molécule a un poids qui tend à la faire descendre; la résistance des molécules inférieures s'y oppose, et celles-ci détruisent ce poids par leur réaction; elles le supportent donc; et puisque toutes les forces exercées sur un liquide se font ressentir dans tous les sens, les molécules de notre couche horizontale sont également pressées, non-seulement de haut en bas, mais aussi en sens contraire et latéralement, par une force égale au poids de la colonne liquide située au-dessus. Plus on s'enfonce profondément dans le fluide, et plus la charge est considérable: à la surface même cette charge est nulle, à moins qu'il n'y ait une pression atmosphérique, comme cela arrive en effet. En considérant en particulier la couche supérieure d'un liquide pesant, qu'il soit dans le vide ou pressé par une atmosphère, on voit que *la surface d'un liquide en équilibre est horizontale.*

Placez une aire d'un décimètre carré horizontalement dans l'eau, à la profondeur d'un décimètre, elle portera le poids d'un kilogramme, qui est celui d'un décimètre cube d'eau, et sera pressée comme si on l'eût posée sur un corps solide, et qu'on y eût placé un cube de glace ayant ce poids. Cette aire est aussi bien pressée en dessus qu'en dessous par l'eau qui la baigne; et si on la descend à 2 décimètres, la pression devient 2 kilogrammes, et ainsi de suite. Lorsqu'elle flotte à la surface, elle n'éprouve d'autre action que celle de l'atmosphère,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui agissait encore sur elle, en se transmettant par l'intermédiaire de l'eau où elle était d'abord plongée, et s'ajoutait à celle de ce liquide, comme nous l'expliquerons bientôt.

Si vous pratiquez un trou à un vase rempli d'eau, pour maintenir ce trou bouché, il faut développer une puissance égale à la pression qu'éprouvait la paroi en ce lieu, savoir, égale au poids d'un filet d'eau qui aurait pour base l'aire de ce trou, et pour hauteur celle du liquide dans le vase en cet endroit. Cette pression est perpendiculaire à la paroi, en sorte que le poids du filet d'eau, qui est une force verticale, s'exerce pourtant horizontalement sur une paroi verticale, obliquement sur une paroi oblique, et même de bas en haut sur la partie inférieure d'un corps qui y est plongé.

La pression de l'eau sur les parois des vases est d'une si haute importance, qu'il convient de nous y arrêter pour la analyser avec soin les effets. Concevons trois vases A, B, C (fig. 3), ayant pour fonds des surfaces égales, quelles qu'en soient d'ailleurs les formes, carrées, circulaires, ovales, etc.; si ces vases contiennent de l'eau à des hauteurs égales, la pression sera la même sur les fonds, quoique l'un de ces vases soit cylindrique, l'autre évasé, et le troisième resserré vers le haut. En effet, chaque particule du fond porte le poids d'un filet d'eau ayant même base et même hauteur. Il faut donc distinguer avec soin le poids de l'eau contenue dans un vase, de la pression exercée sur son fond; puisque celle-ci est égale au poids de l'eau du vase dans un cas, plus forte ou plus faible que ce poids dans les deux autres cas. C'est ce fait qui constitue ce qu'on nomme le *paradoxe hydrostatique de Pascal*, parce que cet illustre géomètre l'a le premier remarqué.

On peut tirer parti de cette propriété dans les Arts. Sur le fond supérieur d'une barrique cerclée en fer et pleine d'eau, ajustez un tuyau vertical hermétiquement joint, et faites en sorte que ce tuyau s'élève à une grande hauteur, par exemple, jusqu'au toit d'une maison; puis, faites-le remplir d'eau. Le tonneau ne pourra résister à l'énorme pression qui tend à écarter ses douves de dedans en dehors, et on le verra bientôt

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

céder sous l'effort et se fendre de tous côtés, quoique le tuyau puisse être d'un fort petit calibre. En effet, la pression exercée sur le fond du tonneau est la même que si la barrique était élevée en cylindre jusqu'au toit, et remplie d'eau; il porte un poids égal à celui de cette eau. Supposez 12 mètres ou 36 pieds de hauteur à la colonne, et au fond une surface d'un mètre, c'est-à-dire un rayon d'à peu près 56 centimètres ou 20 pouces; la charge sur ce fond sera le poids de 12 mètres cubes d'eau, ou 12 mille kilogrammes. Les parois latérales et supérieures supporteront une pression très peu moindre, parce qu'elles ne sont qu'un peu plus rapprochées du niveau de l'eau.

Cette charge de l'eau est d'une haute importance dans la construction des tuyaux de conduite, et l'on voit qu'ils doivent être d'autant plus résistans que le niveau de l'eau du réservoir est plus élevé. C'est pour cela qu'on y emploie la fonte dans certains cas, où le bois et le plomb cèderaient sous l'effort. Les tuyaux des Pompes doivent être établis d'après ces principes; et quand la pompe est foulante, la pression de l'eau est augmentée de celle que développe la puissance comprimante, quand l'eau ne peut y céder librement. La charge exercée par l'eau contre les Digues des étangs, est encore un résultat de notre théorie. Plus l'étang est profond, et plus cette pression est considérable, plus aussi il faut donner de solidité aux constructions. Au fond des mers, la pression y doit être énorme, et nous avons déjà fait remarquer que l'eau y est beaucoup plus dense qu'à la surface (T. VII, page 240), et que les plantes et les poissons ne peuvent y subsister.

Pour trouver la pression exercée sur une paroi oblique ou verticale, il faut en concevoir tous les points poussés par des forces perpendiculaires, égales au poids du filet liquide qui s'étend verticalement de leur surface jusqu'au niveau. Ces filets ont des hauteurs décroissantes à mesure qu'on se rapproche du niveau; les pressions correspondantes vont donc en s'affaiblissant de plus en plus; la plus considérable répondant au point de la surface, qui est plongé plus profondément. *Une surface plane plongée dans l'eau*, ou la paroi plane d'un vase,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

éprouve la même pression, quelque situation qu'on lui donne, pourvu que l'enfoncement du centre de gravité de cette surface reste le même, parce que la résultante de toutes les pressions ressenties par ses divers points, est le poids d'un prisme d'eau qui a cette aire pour base, et pour hauteur cet enfoncement. Le changement d'inclinaison de cette surface ne fait alors varier que la direction de la pression, qui y demeure perpendiculaire ; mais sa grandeur reste constante.

La théorie des *siphons* et des *niveaux* repose sur ces principes. Soit ABCD (fig. 4) un tuyau coudé deux fois, et ouvert par les deux branches supérieures, dans lequel on a mis de l'eau ou tout autre liquide. Les niveaux en A et D dans les deux branches, devront être situés sur un plan horizontal ; car le poids de la colonne AB fait effort pour chasser le fluide contenu dans la branche horizontale BC ; il faut en dire autant du poids du fluide DC ; ainsi, pour l'équilibre, il faut que ces forces soient égales des deux parts. Si le calibre des tubes AB, CD est le même, il est donc bien évident que les colonnes liquides auront même hauteur, puisque tout est égal des deux côtés ; A et D seront de niveau.

Mais si le canal BC n'est pas horizontal, et si son calibre n'est pas le même partout, comme on le voit fig. 5, les surfaces du liquide n'en seront pas moins de niveau en A et D. En effet, faisons quelque part une section BI dans le fluide, supposons-y une membrane tendue qui bouche le conduit ; cette membrane sera pressée d'un côté par le fluide situé en BI, et de l'autre par celui qui est contenu en BICD. Nous avons vu que la charge d'un côté sur chaque point est un filet de liquide dont la hauteur est celle du niveau A au-dessus de ce point. La pression sur la face opposée de la membrane est formée des poids de filets liquides ayant pour hauteurs leurs distances verticales au niveau D. Pour que les pressions soient égales, il suffit donc que ces niveaux A et D soient de même hauteur. Ainsi, notre membrane est, dans ce cas, inutile à l'équilibre, qui existait sans elle, puisqu'elle est également pressée sur ses deux surfaces. Nous donnerons, au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SIPHON, des applications de ce principe, et nous expliquerons, à l'article NIVEAUX, le parti qu'on en a tiré pour trouver les différences d'élévations des sommités, conduire les eaux, etc.

Dans un canal fermé de toutes parts, quelles qu'en soient la forme et l'étendue, l'eau d'un réservoir situé à une extrémité, peut s'élever dans l'autre partie à la même hauteur, mais jamais au-dessus. Nous donnerons à l'article des TUYAUX de conduite des applications de ce principe. Nous voyons qu'on ne doit pas interrompre le cours de ces tuyaux par un bassin à l'air libre, ou AQUÉDUC, lorsqu'on veut conserver à l'eau un niveau supérieur, parce que le niveau ne compte plus dans ce cas du réservoir, mais de l'aquéduc. Les jets d'eau sont poussés en l'air, et tendent à remonter au niveau du réservoir d'où elles proviennent, par la force de pression qui les chasse. V. le mot AJUTAGE, où ce sujet a été traité.

Les corps qui plongent dans l'eau, ressentent la pression du liquide, comme le ferait la paroi d'un vase et suivant les mêmes lois : l'eau les repousse et tend à les faire remonter à la surface. Le poids des corps en est donc affaibli ; et c'est une règle générale que *tout corps plongé en tout ou partie dans un liquide y perd une partie de son poids, égale à celui du fluide qu'il déplace.* L'importance de cette proposition due à *Archimède*, nous force de la développer ; car elle a des applications remarquables dans les arts. Nous renvoyons aux articles POIDS SPÉCIFIQUES, ARÉOMÈTRE, DENSITÉ, EAU, où tout ce qui se rapporte à la densité des substances est exposé. Ce qui suit s'y rattache essentiellement.

Concevons dans la masse liquide une portion de forme arbitraire que nous en détachons par la pensée ; ce sera, si l'on veut, un cube, une boule d'eau, ou tout autre figure. Comme le liquide était en équilibre, cette portion détachée en idée sera en repos, et si nous la solidifions, cet état existera encore. Cette partie ne pèse donc pas, ou plutôt son poids est détruit par les pressions de l'eau qui l'entoure : ce liquide situé en dessus la pousse en bas, et accroît son poids ; celui qui est au-dessous la retient et s'oppose à sa chute ; les pressions latérales la poussent à droite et à gauche, etc. Mais aucune de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ces forces n'a d'effet, puisqu'il y a repos; elles s'entre-détruisent donc. Ainsi le liquide presse de bas en haut la partie isolée, pour l'élever au niveau, autant que le fait le poids de cette partie accrue de la pression supérieure; c'est-à-dire que la première de ces pressions surpasse la seconde de tout le poids de la partie isolée. Supposez ce dernier poids accru ou diminué, il n'y aura rien de changé quant aux pressions verticales; mais la force qui constitue le poids du corps, n'étant plus la même, les effets ne se détruiront plus, l'équilibre sera rompu, le corps montera s'il est plus léger que son volume d'eau, il descendra s'il est plus lourd; et la force qui le fera mouvoir ne sera plus son poids total, mais la différence de ce poids sur celle des deux pressions opposées, qui est supérieure, et égale au poids de l'eau déplacée. Donc,

1° Si un corps plongé dans l'eau en totalité pèse plus que son volume d'eau, et qu'on veuille l'empêcher de descendre, il faudra le retenir avec une force égale à l'excès de son poids sur celui de ce volume d'eau. Tout corps entièrement plongé dans un liquide, y perd une partie de son poids égale à celui de son volume d'eau. L'expérience met cette vérité hors de doute. On suspend un morceau de métal à un crin attaché à un fléau de balance, et il ne faut plus, pour le tenir en équilibre, mettre dans le plateau le même poids, lorsque le corps est plongé dans l'eau, que lorsqu'il n'y est pas. La différence de ces poids est juste celui d'un volume d'eau égal au sien. C'est sur ce principe qu'est fondé l'usage de la BALANCE HYDROSTATIQUE.

2° Si le corps pèse autant qu'un égal volume d'eau, il restera en équilibre dans ce fluide à toutes les profondeurs et dans toutes les situations; car il est bien vrai qu'en l'immergeant plus profondément, la pression de bas en haut s'accroît, mais celle qui lui est opposée de haut en bas, s'accroît d'autant, et l'état des choses n'est point changé. Seulement, si la compression était assez considérable pour augmenter la densité du liquide, sans accroître d'autant celle du corps, l'équilibre ne subsisterait plus : mais alors le corps ne peserait plus autant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'un volume de liquide égal au sien, comme on le supposait.

3°. Si le corps pèse moins que le volume de liquide déplacé, son poids sera détruit en entier par la pression verticale de bas en haut, et même celle-ci conservera un excès sur la force opposée; elle fera donc remonter le corps vers la surface de l'eau : cette action aura lieu comme si le corps pesait en sens contraire, et que son poids fût l'excès du poids du fluide déplacé sur le sien propre. Il faudrait, pour le maintenir plongé, un effort de haut en bas égal à cet excès. Si on l'abandonne, il remontera, et une partie du volume sortira du liquide; pour que l'équilibre s'établisse, il faudra que la pression exercée de bas en haut par le liquide, soit détruite par le poids du corps; c'est-à-dire que *dans tous les corps flottans, leur poids total est égal à celui du volume du fluide déplacé.*

Il n'y a pas de corps si dense qu'on ne puisse faire flotter sur l'eau. Il faudra l'étendre de manière à ménager une capacité suffisante, pour que son volume supposé être celui d'une masse d'eau, soit plus pesant que le corps même. C'est ainsi qu'on fait flotter des navires chargés de leurs équipages, de canons, de marchandises, de pièces d'ARRIMAGE, toutes plus pesantes qu'un pareil volume d'eau. On fait même des bateaux en fer. Mais pour que ces corps puissent flotter sans chavirer, il faut une autre condition; *l'équilibre doit être stable;* c'est ce que nous allons faire comprendre.

Lorsqu'un corps flotte sur l'eau, son poids tend à le faire immerger; c'est une force verticale dirigée de haut en bas, et agissant sur le CENTRE DE GRAVITÉ de ce corps. Mais la pression du fluide s'oppose à cet effet; elle est représentée par une force verticale dirigée de bas en haut, et agissant au centre de gravité du fluide déplacé. Dans le cas d'équilibre, non-seulement ces deux forces sont égales, comme nous venons de le dire, mais encore elles doivent agir dans la même verticale. Ainsi, *pour qu'un corps flotte en repos sur un fluide, il faut que la ligne qui joint son centre de gravité à celui de la partie immergée, soit verticale, et que le poids total du corps soit égal au poids du fluide dé-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

placé. Ces deux conditions sont nécessaires. Si la première subsiste seule, le corps devra monter ou descendre jusqu'à ce que la seconde le soit ; dans ce mouvement vertical qui laissera sortir de l'eau une portion plus ou moins grande du corps, le fluide déplacé variera en volume, et par conséquent en poids, et ce mouvement se continuera jusqu'à ce que ce poids soit égal à celui du corps. Si la seconde condition a seule lieu, l'équilibre ne subsistera pas, et le corps sera obligé de tourner, comme lorsqu'on pousse une bille par deux forces parallèles, opposées et égales.

Ainsi, quand on écarte un corps flottant de sa situation de repos, dans laquelle la ligne qui joint les centres de gravité du corps et du fluide déplacé est verticale, il est forcé de tourner ; or, cette rotation du corps peut avoir lieu de deux manières : ou il y aura un balancement autour de l'état d'équilibre auquel le corps sera enfin peu à peu ramené par le frottement du liquide ; on dit alors que l'*équibre est stable ;* ou bien au contraire, le corps s'écartera de cette situation de repos, se renversera pour aller osciller autour d'une autre position, à laquelle il s'arrêtera enfin, et qui est un lieu d'équilibre stable différent du premier. Ce chavirement peut même rencontrer une circonstance de construction qui entraîne une condition opposée à l'état de repos ; car si l'on façonne en nacelle une lame de plomb, très mince, malgré le poids du métal, on pourra la faire flotter sur l'eau ; si elle pèse un kilogramme, il suffira de faire en sorte que son volume puisse déplacer un litre d'eau, et que ses bords soient assez exhaussés au-dessus du niveau, pour que l'eau n'entre pas dans la nacelle, circonstance qui augmenterait le poids du corps flottant. Mais si, en dérangeant cette nacelle de la situation d'équilibre, elle continue à tourner en s'écartant, elle se remplira d'eau, et ne pourra plus flotter.

Quand un corps homogène est entièrement plongé, l'une de nos deux conditions est toujours satisfaite, puisque les centres de gravité du corps et du fluide déplacé sont les mêmes. Il suffit donc que le corps pèse autant qu'un égal volume d'eau, pour rester en repos dans le liquide, dans toutes les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

positions qu'on voudra lui donner. Sans cette condition, il devra monter ou descendre sans tourner, et la force capable de s'opposer à cet effet est, comme nous l'avons dit, la différence entre le poids total du corps et celui d'un égal volume d'eau. C'est sur cette propriété qu'est fondée la construction des ARÉOMÈTRES.

Il reste donc à distinguer dans quel cas un corps flottant a son équilibre stable. Soit (fig. 6) DEF un corps nageant en repos sur un liquide dont le niveau est AB : G est son centre de gravité, O est celui du volume plongé ABF; GO est une verticale, puisqu'on suppose qu'il y a équilibre. Observons d'abord que le corps pouvant être creux, et avoir une charge intérieure formée d'une matière plus dense, son centre de gravité G peut en effet être situé plus profondément que celui O du volume déplacé AFB, comme cela est supposé dans la fig. 6. Mais dans d'autres circonstances, ce serait le contraire, et G serait situé au-dessus de O. (*V.* fig. 7 *bis*.)

Qu'on incline un peu la ligne GO, pour lui donner la position (fig. 7), le centre de gravité du corps sera toujours en G; mais le fluide déplacé BFA ayant changé de forme, son centre de gravité ne sera plus en O, mais sur une verticale *gi*. Si nous voulons faire abstraction du mouvement vertical, le volume déplacé AFB sera encore le même qu'avant le dérangement; la pression du fluide sera une force verticale agissant en *ig*, que ne contre-balance plus le poids du corps exercé en G, attendu que le corps sera livré à deux forces égales, parallèles et opposées, qui ne seront plus dirigées selon la même ligne. L'équilibre ne subsistera donc plus; la pression qui agit selon *ig*, de bas en haut, tend à redresser le corps, et l'équilibre est stable; au contraire, il n'y aurait pas de stabilité, si le point *g*, vers lequel s'exerce la pression de l'eau dans la seconde position, était au-dessous de G (fig. 7 *bis*), et le corps se renverserait; dans les deux cas, il tourne autour de son centre de gravité G, mais dans des sens contraires. Ainsi, toutes les fois que le point *g* est situé au-dessous de G, l'équilibre n'est point stable, c'est-à-dire que le corps se renverse en tournant autour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de G ; l'équilibre est stable quand g est au-dessus de G ; le corps a une tendance à revenir à sa première position (fig. 6), en oscillant, à la manière d'un pendule, de part et d'autre de cette situation, où il est enfin ramené. Et comme pour de petits dérangemens, ce point g est fort près de O, centre de gravité du volume déplacé primitif, on voit que *l'équilibre est stable toutes les fois que le centre de gravité du corps est situé plus bas que celui du fluide déplacé, et que la stabilité est d'autant plus grande que la distance* GO *entre ces centres est plus considérable.*

Voilà pourquoi on *leste* les corps flottans dont on veut empêcher le renversement, c'est-à-dire qu'on charge leur partie inférieure d'un poids. Un bâton se tient couché dans l'eau qui le supporte : voulez-vous qu'il flotte debout ; attachez à sa partie inférieure un morceau de métal ; si ce poids total est trop fort, le corps descendra au fond de l'eau ; sinon vous verrez la partie supérieure du bâton saillir hors de l'eau. Nous avons déjà appliqué cette propriété à la construction de l'Aréomètre. (*V.* Pl. I des *Arts de calcul.*) L'Arrimage des vaisseaux est une des plus importantes applications de la doctrine de la stabilité des corps flottans ; on charge la *cale* de substances très pesantes, telles que des saumons de fonte, pour éviter que le *roulis* et le *tangage* ne fatiguent les navigateurs.

Lorsqu'on met dans un vase deux fluides inégalement denses, le plus lourd tombe au fond et le second surnage. C'est ce qui arrive pour de l'eau et de l'huile, de l'eau qu'on jette doucement sur de l'acide sulfurique ; et même on peut aussi faire nager du vin sur de l'eau, en l'y déposant sans secousse. Une petite différence dans les Poids spécifiques suffit pour obtenir ce résultat dans presque tous les cas. On peut même faire nager de l'hydrogène sur de l'acide carbonique ou de l'air atmosphérique, en prenant quelques précautions. L'action chimique des substances détruit bientôt cet effet, qui n'est ordinairement que momentané ; mais ici nous n'examinons que les lois constantes qui ne sont pas intéressées par cette action.

Mettez deux fluides inégalement denses dans un siphon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 4) ; les surfaces supérieures ne seront plus de même niveau dans les deux branches. Si, après avoir mis du mercure dans un siphon, on verse de l'eau dans une des branches AB, cette eau s'élèvera en L, et le mercure en O ; or, pour que le niveau O soit d'un centimètre plus élevé que celui K du mercure dans l'autre branche, il faut que la colonne d'eau LK soit de 13 centimètres et demi, parce que, sous le même volume, ce métal pèse 13 fois et demi plus que l'eau. En effet, la colonne OF (fig. 5) de mercure pèse sur sa base FG de tout son poids, et cet effort se transmet à travers le liquide métallique jusqu'à la surface KI, qu'elle tend à élever. Nous avons vu que, quelle que fût l'aire KI, comparée à FG, KI est poussé de bas en haut par une force égale au poids d'une colonne de mercure ayant pour base (non pas GF), mais KI, et pour hauteur FO. Le poids de la colonne FO agit sur FG comme un piston poussé par une force égale à ce poids, laquelle se transmet en tout sens dans le fluide FCBK. La colonne d'eau LK devant contre-balancer cet effort, doit peser autant que celle-ci, et par conséquent être 13 fois et demie plus longue que FO, puisqu'elle est 13 fois et demie moins dense. En général, *deux fluides en équilibre dans un siphon, doivent avoir leurs hauteurs dans les deux branches au-dessus du plan horizontal de contact, en raison inverse de leurs densités ou poids spécifiques.*

Lorsqu'on emplit de mercure un tube bouché à une extrémité et ouvert à l'autre, et qu'on renverse celle-ci dans un bain de mercure, la colonne ne retombe pas dans le bain, mais reste suspendue jusqu'à la hauteur de 76 centimètres, ou 28 pouces environ. Cet effet, sur lequel est fondée la théorie du Baromètre, est dû à la présence de l'atmosphère ; car l'air presse la surface de tous les liquides, comme le ferait une force avec un piston sur l'eau contenue dans un vase fermé. Cette pression s'exerce en tout sens dans le liquide ; elle agit donc sur l'orifice inférieur du tube, qui se trouve ainsi pressé de bas en haut par le poids de l'air ; la colonne de mercure presse aussi en sens contraire par son poids : pour l'équilibre,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ces deux forces doivent être égales. L'expérience prouve que le poids de l'atmosphère équivaut à une colonne de mercure de 76 centimètres. Si l'on répétait l'expérience avec un long tube plein d'eau, ce liquide s'y tiendrait à $10^m,4$, ou 32 pieds environ. Telle est la hauteur au-delà de laquelle l'eau ne peut monter dans les POMPES ASPIRANTES.

Ainsi, la présence de l'atmosphère produit sur les corps plongés dans l'eau, la même pression que sur nous qui vivons dans l'air, et s'ajoute à celle de l'eau, qui dépend de la profondeur où l'on est plongé. (*V.* CLOCHE DE PLONGEUR.) Cette pression de l'air équivaut à une colonne de mercure de 28 pouces, ou une colonne d'eau de 32 pieds de hauteur, c'est-à-dire que chaque point de notre corps est pressé par une force perpendiculaire à la surface et égale au poids de cette colonne. Une aire plane d'un décimètre carré supporte le poids d'un prisme d'eau de $10^m,4$ d'élévation, ou 104 kilogrammes. Il est vrai que la surface opposée est pressée par une force absolument égale qui la contre-balance. La même chose a lieu pour nos corps, dont la surface, et même les parties solides, liquides et gazeuses le plus profondément situées, sont soumises à la même action et réaction.

Nous reviendrons sur ce sujet en traitant des GAZ et des VAPEURS, où nous nous proposons d'établir les lois physiques des *fluides élastiques*. Nous renvoyons d'ailleurs au mot CAPILLAIRE pour ce qui concerne l'action exercée par les corps solides sur les liquides, et au mot ÉCOULEMENT, où nous avons examiné ce qui se rapporte aux liquides considérés en mouvement. Ce sujet sera d'ailleurs traité avec détails aux articles ROUES et HYDRAULIQUE, où nous envisagerons la théorie dans ses applications à la Mécanique. FR.

FLUTE TRAVERSIÈRE ou ALLEMANDE (*Arts physiques*). C'est un instrument à vent, de forme cylindrique, percé dans sa longueur d'un canal qui communique à l'extérieur par l'une de ses extrémités, nommée *pied*, et par quelques trous latéraux; l'autre bout, appelé *tête*, est bouché; le son y est excité par le souffle qu'on introduit avec la bouche dans un trou la-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

téral, percé vers la tête; c'est *l'embouchure.* Tous ces trous, disposés en ligne droite, sont ordinairement au nombre de huit. Nous allons exposer la théorie et la construction de cet instrument, qui donne des sons doux et agréables, et dont l'usage est très répandu.

On sait que tout instrument à vent peut être assimilé à un instrument à cordes; il faut regarder la longueur de la colonne d'air, sa grosseur et sa masse, comme constituant les mêmes choses que pour une corde vibrante; le poids de l'atmosphère au bout de la colonne est la puissance qui tend la corde; le souffle excitant les vibrations, est la force qui attaque cette corde pour la faire osciller; enfin, les trous pratiqués au tube, et qu'on ouvre ou bouche avec les doigts, sont des moyens d'accourcir ou alonger la corde, pour en accélérer ou retarder les vibrations, comme on le fait en pressant les doigts sur les cordes d'un violon. Ces vérités seront exposées au mot Son; elles ont déjà été plusieurs fois mises en pratique dans notre dictionnaire (*V.* les mots Cor, Basson, Clarinette, Flageolet), et font la base de toutes les explications des effets des instrumens à vent.

Pour rendre la flûte plus commodément portative, on fait le tube de trois à quatre pièces nommées *corps;* ce sont des cylindres qui peuvent s'ajuster bout à bout pour n'en faire qu'un seul, à l'aide de gorges terminales qu'on fait entrer dans les bouts des tuyaux contigus, convenablement augmentés dans leur calibre en cet endroit : ces corps ainsi assemblés, présentent la flûte comme si elle n'était que d'une seule pièce cylindrique percée d'un canal continu, ouverte à un seul bout, et communiquant encore avec l'air par quelques trous latéraux; on la construit même quelquefois de la sorte, et dans la théorie il faut la considérer comme telle. Comme le vent pourrait s'échapper par les anneaux de jonction, on s'y oppose en recouvrant les gorges d'un peu de filasse, qui y est retenue par de la colle forte et quelques sillons circulaires qu'on y ménage. Des frettes d'ivoire ou de métal empêchent les gorges de faire éclater les anneaux où elles s'insèrent : d'ailleurs on a soin d'y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laisser le bois un peu plus épais, ce qui produit sur la flûte un petit renflement extérieur.

Le canal, nommé *perce*, n'est pas cylindrique ; on le rétrécit un peu vers le pied ; il est large de 19 à 20 millimètres à la tête, et seulement de 14 à 15 au pied. Ce canal se perce avec des TARRIÈRES d'acier trempé, de calibre et de longueur convenables ; après que chaque morceau est perforé et agrandi autant qu'il convient, on enfile ces corps dans un mandrin pour les monter sur un tour à deux pointes où on les arrondit, et on y pratique les gorges et les moulures extérieures dont on juge à propos de les orner.

Voici les distances à observer entre les centres des trous, comptés depuis le bout du pied de la flûte jusqu'au premier trou, de celui-ci au second, du second au troisième, etc., savoir : 65 millimètres, 58, 30, 42, 53, 37, enfin 29 millimètres. Vient ensuite l'embouchure qui est à 21 centimètres de ce dernier trou. Ces distances sont déterminées par la longueur de la corde sonore destinée à rendre les divers sons de la gamme sous une épaisseur variable, telle que celle du canal (V. CORDE). La flûte entière est longue d'environ 6 décimètres ; les longueurs des corps sont respectivement, en commençant par le pied, $9\frac{1}{2}$, 14, $14\frac{1}{2}$ et 24 centimètres. Le premier trou est seul sur le pied ; le second corps a trois trous ; le troisième aussi trois ; enfin le quatrième n'en a qu'un seul, qui est l'embouchure. Cette dernière pièce est fermée à la tête par un bouchon de liège, qui est exactement ajusté, et qui est entré dans le canal jusque près de l'embouchure ; et pour plus d'élégance, un bouchon ou *tampon* de bois, proprement travaillé en *goutte*, termine la tête.

On joue la flûte en la tenant entre les doigts dans une position horizontale, le tube appliqué sur le haut du menton ; parallèlement aux lèvres, l'embouchure située sous le milieu de la bouche ; en serrant les lèvres pour n'en laisser qu'une petite partie ouverte, et qu'il ne puisse sortir qu'un filet d'air ; cet air frappe les bords de l'embouchure, s'y brise, et vibre ; la colonne qui s'étend de ce point jusqu'aux trous qu'on a dé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bouchés, entre en vibration et rend le son qui est propre aux dimensions de cette corde vibrante.

Les trois trous les plus voisins de l'embouchure sont fermés par l'index, le médium et l'annulaire de la main gauche; ces trous sont pratiqués sur le troisième corps, à compter du pied: les mêmes doigts de l'autre main bouchent les trois trous du second corps; les pouces fixés sous le tube ne bouchent aucun trou, l'attitude du joueur de flûte ne lui en laissant pas le pouvoir: enfin, le trou du pied étant trop éloigné pour que le petit doigt de la main droite puisse l'atteindre, on y dispose une CLEF (V. ce mot) qui reste ordinairement fermée, et dont la queue est près de ce petit doigt, qui en l'attaquant peut la faire basculer pour ouvrir le trou.

Les dimensions que nous venons de donner ne sont pas de rigueur; si l'on rétrécit ou élargit la perce, il faut aussi changer les intervalles des trous et la longueur totale. D'ailleurs on fait des flûtes de différens tons, et pour lesquels la corde sonore doit varier de dimensions. Pour amener les sons à leur degré de justesse, l'ouvrier évide les trous avec une FRAISE, du côté de la perce, et par quelques tâtonnemens il réussit facilement à obtenir la précision qu'il désire: il se procure de bons modèles ou étalons qui le guident dans le choix de la tarière et la disposition des trous. Ces soins, communs à la fabrication de tous les instrumens à vent, ont été indiqués au mot CLARINETTE. Ce qu'il importe seulement de comprendre, c'est que le tube d'air est le véritable corps sonore, que la matière même dont la flûte est construite, est à peu près indifférente à l'effet, que la longueur et le calibre de la corde ou de la colonne d'air déterminent le *ton*, et qu'en changeant ces conditions, il faut changer aussi les distances des trous et la longueur de l'instrument.

La flûte doit être considérée comme un instrument à *sons fixes*; aussi le *tempérament* y est-il nécessaire. Nous avons expliqué aux mots CORDE et ACCORDEUR, que ces sortes d'instrumens ne peuvent jamais être rigoureusement justes, et qu'on doit se borner à leur donner une justesse approchée, en répar-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tissant, par portions très petites, les erreurs inévitables de l'art, afin de rendre insensibles à l'oreille les fausses intonations. Plus que tout autre instrument peut-être, la flûte exige ces préparations ; et même plusieurs des sons qu'elle donne ne sont justes dans aucun ton. En vain l'artiste modère-t-il ou force-t-il le vent pour changer la vitesse des vibrations, et baisser ou hausser quelque peu les sons qu'il sait être défectueux. Comme ces artifices ne sont permis que dans d'étroites limites, il n'est pas assuré d'obtenir la justesse qu'il désire. En effet, s'il force trop le souffle, la note *octavie*, c'est-à-dire, qu'avec les mêmes trous ouverts, il peut obtenir deux sons à l'octave l'un de l'autre, selon qu'il modère ou force le vent, parce que la corde vibrante se divise d'elle-même en deux ventres égaux. Voyez le mot Corde, où cet effet est expliqué. D'ailleurs, si l'on ne souffle pas assez fort, l'instrument ne parle plus. Il est donc bien difficile de remédier par le talent au défaut de justesse de la flûte.

Le trou de l'embouchure est ovale et d'un diamètre (de 10 millimètres), moitié plus grand que celui des autres trous. Il est aminci et comme tranchant sur les bords, et évidé en dedans pour mieux briser le vent. Plus on lâche les lèvres en soufflant, et plus le son baisse ; il monte au contraire à l'aigu quand on serre les lèvres, pour donner plus de force à l'air insufflé. Il n'est pas donné à tout le monde de produire de la sorte des sons pleins et purs, d'avoir, comme on le dit, *une belle embouchure;* c'est un vrai présent de la nature, qu'elle refuse quelquefois à de très habiles artistes. L'organisation des muscles de la bouche, et même des parties profondes de la poitrine, détermine les conditions d'un son pur et éclatant. Le plus ou moins de perfection des organes fait varier cet effet, et les efforts qu'on fait pour atteindre la justesse sont ordinairement au détriment de cette qualité.

Pour qu'un instrument à vent fût juste, il faudrait donc qu'on pût, à volonté, terminer la colonne d'air vibrante à tous les points du tube ; mais on est forcé de limiter cette faculté à certains points où l'on a percé des trous, et l'impossi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bilité de suffire avec les huit doigts à tous les besoins de ce genre, et, plus que tout cela, la difficulté de donner de l'expression au chant, en variant la force du souffle, font de la flûte un instrument assez borné dans ses effets.

La chaleur de l'haleine dilate la colonne vibrante, les parois du tube se gonflent par l'humidité, et les conditions des vibrations, lorsqu'on a joué quelques instans, ne sont plus les mêmes. Aussi le *diapason* monte-t-il, c'est-à-dire qu'un *la*, par exemple, devient un peu plus haut qu'il n'était. Lorsqu'un joueur de flûte veut se faire accompagner d'autres instrumens, il doit d'abord s'exercer pendant quelques momens pour que l'instrument *fasse son effet* avant de donner l'accord. En alongeant la flûte, on peut baisser un peu les tons; pour cela on tire l'un des corps pour faire sortir la gorge de l'anneau. Il y a encore un autre moyen de produire cet effet; c'est de changer la place du bouchon, qui est près de la tête; car en augmentant la chambre où l'air se met en vibration, on change l'étendue de la colonne d'air. A cet effet, le bouchon a été remplacé par un PISTON composé de plusieurs rouelles d'un cuir doux, épais et élastique, enfilées sur une tige et serrées entre une petite plaque fixe et un écrou; les cuirs sont taillés sur le calibre du tube; la tige tient au tampon de bois qui termine la tête, et a sa gorge travaillée en vis; le bout du tube l'est en écrou, et en tournant cette pièce, on amène peu à peu le bouchon.

On a aussi un ou deux *corps de rechange*, qu'on peut substituer au troisième corps tenu par la main gauche, pour baisser les tons, en alongeant la corde sonore. L'un de ces corps a un, l'autre deux centimètres de longueur de plus que celui qu'il doit remplacer. Les trois trous latéraux dont ils sont percés, sont alors pratiqués dans les relations convenables, eu égard à leurs distances à l'embouchure: plus le corps de rechange est long, et plus on doit écarter le bouchon de l'embouchure. Pour éviter le gonflement du bois par l'humidité de l'haleine, on enduit l'intérieur d'une légère couche d'huile; et, lorsqu'on ne joue pas l'instrument, on introduit dans la perce un pinceau formé d'une houppe en soie, pour y maintenir ce corps gras; le vent coule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mieux dans le tube, et les efforts de la poitrine sont moins fatigans.

Mais ces divers artifices, pour hausser ou baisser le ton général, ne sont permis que dans d'étroites limites; ils compromettent plus ou moins la justesse des sons. En effet, comme les distances relatives des trous des autres corps sont restées les mêmes, ils ne coupent plus la corde sonore en fractions précisément graduées sur l'échelle diatonique. Les dimensions des trous autorisent, il est vrai, de certains écarts qui ne préjudicient pas sensiblement à cette disposition; mais il est évident qu'il est en général difficile de maintenir les flûtes exactement d'accord avec les divers instrumens d'un orchestre.

Le plus grand des inconvéniens de la flûte, pour ce qui concerne la justesse des sons, c'est que cette qualité n'existe presque jamais pour certains sons fondamentaux; souvent le fa naturel est trop haut, le fa dièse trop bas, etc. Pour remédier à ce défaut, on a beaucoup perfectionné la flûte dans les derniers temps. On y a percé quatre à cinq autres trous bouchés par des clefs, et intermédiaires entre les précédens; outre la clef du ré dièse, qui est au pied, et dont il a déjà été question, on a donc encore des clefs pour le fa naturel, le fa dièse, le sol dièse, le si bémol, l'ut dièse. Ces clefs sont en laiton ou en argent, et disposées de diverses manières, selon les circonstances, pour faciliter *le doigté;* il y a même quelquefois deux clefs pour un même trou, afin d'aider l'artiste dans l'exécution de certains passages musicaux. La place du trou que bouche une clef, est la seule chose qui soit rigoureusement fixée par la longueur correspondante de la colonne d'air, propre au ton qu'on veut produire; encore peut-on percer ce trou où l'on veut, sur toute la circonférence d'un anneau; pourvu que sa distance à l'embouchure soit donnée, la position de ce trou est quelconque. On pourra sans doute ajouter encore à ces modifications propres à donner plus de justesse aux sons; mais on sent que ces procédés sont limités par le nombre des doigts chargés de mouvoir les clefs et par l'étendue où ils peuvent atteindre.

Le son le plus grave de la flûte est le ré à l'unisson de celui que rend à vide la deuxième corde d'un violon; tous les trous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont alors bouchés : on peut même donner l'ut dièse, en tournant l'embouchure en dedans, et soufflant très doucement. Plus le son monte, et plus on doit forcer le vent. La flûte a trois octaves pleines ; mais les sons d'en haut sont trop aigus et fatigans à soutenir. Nous ne pouvons traiter ici de l'art de jouer de la flûte, qui est étranger à notre objet : nous ne dirons donc rien du doigté, des coups de langue, des trilles, des cadences, etc.

Puisque la matière dont on peut faire une flûte est à peu près indifférente à l'effet, on pourrait la construire en sapin, en carton, et en toute substance qui ne laisserait point de passage à l'air. Mais, comme l'humidité du souffle serait une cause de déformation du tube, la colonne d'air varierait de dimension, et on préfère se servir des bois durs, tels que le buis, l'ébène, la grenadille, etc. On en fait même en cristal, qui sont d'une seule pièce; elles sont invariables par l'humidité, mais trop lourdes et trop fragiles. Les luthiers de Paris sont très habiles dans l'art de fabriquer les flûtes. Triébert, Godefroy, etc., sont justement renommés pour cette fabrication. La manufacture de la Couture, près Passy, département de l'Eure, en livre au commerce une grande quantité, et à très bas prix, qui sont assez bien faites ; les luthiers les retouchent ensuite, s'il est nécessaire.

Petite Flute. Il y a des flûtes dont les dimensions sont propres à rendre la tierce, la quarte, etc. ; la petite flûte rend l'octave de la flûte traversière. Elle ne diffère que par ses dimensions de celle-ci ; seulement sa perce est plus étroite et plus conique. Voici les grandeurs qu'on a coutume d'employer de préférence.

Perce, 12 millimètres à la tête, 8 au pied ; longueur totale, 33 centimètres ; distance du bout du pied au premier trou (fermé par la clef de ré dièse), 28 millimètres ; les centres des trous suivans sont à ces distances de celui-ci les uns des autres, savoir : 32, 18 et 18 millimètres sur le second corps ; 26, 21 et 18 millimètres sur le troisième corps ; enfin le centre de l'embouchure est à 115 millimètres du dernier de ces trous.

Les sons aigus de la petite flûte conviennent dans les or-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chestres pour exprimer la joie ; elle semble propre aux mouvemens vifs et gais : mais les défauts que nous avons signalés précédemment deviennent ici plus marqués, et les sons ont également de la justesse. Dans les airs vifs et les chants rapides cet inconvénient se fait peu sentir ; mais les *tenues* sont souvent d'un effet désagréable, et le talent de l'artiste réussit difficilement à corriger ce vice. Plus les sons ont d'acuité, et plus la corde qui fait résonner la gamme se trouve coupée en parties rapprochées les unes des autres : par exemple, la distance de la quarte à la quinte étant le douzième de la longueur totale (*V.* Corde), ce douzième est très court pour les sons élevés ; aussi les doigts se serrent-ils beaucoup les uns contre les autres, lorsqu'on joue les sons élevés du violoncelle (voyez chevalet) ; une très petite différence dans la distance rend alors à des tons très sensiblement inégaux. En appliquant ces considérations à la petite flûte, on concevra que c'est un problème bien difficile à résoudre, que de construire cet instrument de manière qu'il rende des sons qui soient justes à l'égard de la flûte traversière, et les clefs dont on arme la petite flûte ne parent pas à tous ces défauts. M. Guerre, que nous avons déjà cité à l'article Clarinette, a rétréci convenablement le percé, et a réussi par-là à donner plus de perfection à la justesse : c'est ce luthier qui nous a paru le plus habile dans ce genre de fabrication : il reste pourtant encore quelques soins à espérer à cet égard.

Le Fifre est une petite flûte, absolument la même chose que celle qui vient d'être décrite, mais qui n'a pas de clefs, et qui est travaillée avec peu de soin : du reste, cet instrument n'offre rien de particulier ; il n'est employé que pour accompagner le tambour dans les marches militaires.

La Flûte douce ou Flute a bec est une flûte ordinaire, dont la tête, au lieu d'être bouchée, porte un appareil en bois nommé Sifflet (*V.* ce mot), par lequel on fait entrer le vent avec la bouche, en serrant ce bec avec les lèvres. On tient cette flûte devant soi, comme une clarinette, le pied ou bout ouvert éloigné du corps ; les doigts de la main gauche bou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chent en dessus du tube les trois trous les plus rapprochés de l'embouchure ; ceux de la droite, les trous qui sont vers le pied de l'instrument : les pouces sont en dessous du tube, et celui de la main gauche bouche un trou qui est ici de plus qu'à la flûte traversière. Du reste, la construction de ces deux instrumens est absolument la même. La flûte à bec fait deux octaves et un ton, depuis le *fa* grave de la flûte traversière jusqu'au *sol* de la double octave. Certains sons se font en bouchant seulement la moitié d'un trou.

L'embouchure de la flûte à bec est aisée à faire parler, ce qui la rend beaucoup plus facile à jouer que la flûte traversière ; mais comme elle n'a pas un jeu brillant, elle est rarement en usage. On ne se sert guère que de celle qui est à l'octave, ou de la petite flûte à bec, soit dans les bals, soit pour siffler ou imiter le chant des oiseaux. Tout l'art est ici réduit au simple mécanisme des doigts, et l'expression musicale à peu près nulle. (*V.* FLAGEOLET.)

On se sert encore, pour animer la danse, d'une petite flûte dont nous parlerons à l'article GALOUBET.

FLUTE DE PAN. Lorsqu'on applique verticalement sous la bouche un petit tuyau fermé à sa partie inférieure, une clef forée, par exemple, et qu'on souffle dans ce tube, le vent, en se brisant contre ce trou ouvert, excite dans la colonne creuse des vibrations qui font entendre un son de SIFFLET ; dont le degré diatonique dépend des dimensions de cette colonne en longueur et diamètre. Plusieurs tuyaux semblables, accolés et convenablement proportionnés, produiront autant de tons différens ; et on peut les assortir de manière à rendre les diverses notes de la gamme naturelle. Telle est la flûte de Pan, que les anciens nommaient *Syrinx*, et qu'on voit suspendue au cou de certaines statues antiques. Assemblez des tuyaux parallèles sur un même plan, et disposez leurs ouvertures en ligne droite horizontale ; enfoncez dans chacun un bouchon que vous ferez descendre à la profondeur convenable, de manière à produire les notes naturelles de la gamme ; enfin unissez ces tubes, en les collant l'un contre l'autre avec de la colle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forte; recouvrez le tout d'un papier propre, et vous aurez cette syringe. On a soin de donner un moindre diamètre aux tuyaux les moins profonds, destinés aux sons aigus; et même on supprime toute la partie des tuyaux qui, étant au-dessus des bouchons, est inutile, ce qui donne à l'assemblage la figure d'un trapèze ou triangle. Ces tuyaux sont en roseau, en bois ou en métal : le plus souvent on en emploie douze, qui rendent une octave et une quinte (de *ut* à *sol*).

Cet instrument ne produit que des sons durs et inégaux, comme les dièses et bémols ne s'y trouvent pas, les modulations sont impossibles, et on ne peut jouer qu'un petit nombre d'airs; on ne peut faire de coulés que sur des notes consécutives, etc.; ces défauts et beaucoup d'autres font de la flûte de Pan un instrument qui n'a rien de mélodieux; il n'est guère qu'à l'usage des bateleurs et des charlatans, lesquels ne manquent pourtant pas d'adresse à s'en servir. On en voit qui l'attachent fixement sous leur menton, et réservent, pendant qu'ils en jouent, leurs mains à d'autres usages, comme à battre du tambour, d'escamoter, etc.

FLUTEUR AUTOMATE (*Arts mécaniques*). Créé par la nature pour les inventions mécaniques, l'illustre Vaucanson, étant venu à Paris, vit aux Tuileries la statue du Flûteur, et conçut l'idée d'en construire une semblable qui jouerait des airs sur une flûte. En vain son oncle, qui regardait ce projet comme impossible à réaliser, voulut-il s'y opposer, et alla même jusqu'à le menacer de le faire enfermer s'il y persistait, son génie, plus puissant que les obstacles, réussit à exécuter cet automate miraculeux. De retour d'un voyage qui avait duré quatre ans, sans qu'il eût jamais perdu de vue le projet qu'il avait formé, il fut atteint d'une maladie grave, qu'il attribua à ses méditations profondes et à une trop grande contention d'esprit. Durant sa convalescence, son projet favori fut mis à exécution : sans aucune correction, sans aucun tâtonnement, la machine tout entière résulta des combinaisons de pièces qu'il avait fait exécuter en sortant de son lit. Craignant de n'avoir pas réussi, Vaucanson voulait faire un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

témoin l'essai de sa machine, et éloigna jusqu'au domestique qui le servait. Mais celui-ci qui avait vu faire tous les préparatifs, au lieu de céder aux ordres de son maître, se cacha pour être témoin des effets de ce mystérieux assemblage; mais à peine la machine est-elle mise en jeu que les sons de l'instrument se font entendre, et, transporté d'admiration, le domestique s'élance aux genoux du créateur de cette nouvelle invention.

C'est en 1738 que Vaucanson présenta son flûteur au public: cet automate introduit réellement dans sa flûte un souffle que le mouvement des doigts modifie avec justesse; il exécutait dix airs avec précision; les coups de langue, les cadences, les renflemens de sons, tout était l'ouvrage de l'artiste. On accueillit avec froideur cette admirable conception; on ne pouvait croire que ce fût la statue qui exécutait les airs, et on pensait généralement que le corps renfermait un orgue qui rendait les sons que l'automate semblait produire; et, il faut l'avouer, les savans eux-mêmes se laissèrent tromper par ces apparences, et ne rendirent pas à l'auteur la justice qui lui était due. Cependant un examen sévère fait par l'Académie des Sciences, et la récompense honorable qui fut accordée à Vaucanson, changèrent les idées du public. Un mémoire imprimé renferme l'exposition de tous les procédés employés pour produire des effets qu'on aurait regardés comme impossibles à obtenir, si l'exécution n'avait précédé le manuscrit. Il ne nous est pas possible d'entrer ici dans plus de détails à ce sujet. *V.* l'article AUTOMATE. FR.

FLUX (*Arts chimiques*). En Chimie et dans les Arts, on comprend sous ce nom toutes les susbstances susceptibles d'opérer, à l'aide de la chaleur, la fusion de diverses matières. On voit, par cette définition, que l'usage des flux est à peu près le même que celui des fondans. Toutefois, on emploie le plus ordinairement les flux dans la double intention de faire fondre les métaux et de les désoxider. (*V.* FONDANS.)

FLUX BLANC (*Arts chimiques*). On nomme ainsi le résidu de la détonnation d'un mélange de deux parties de nitre et d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie de crème de tartre. La quantité d'oxigène de l'acide nitrique suffit pour brûler tout le charbon de l'acide tartrique; il en résulte que le flux blanc n'est autre chose que du sous-carbonate de potasse assez pur, dont on se sert comme d'un excellent fondant dans le traitement docimastique, par voie sèche, de certains métaux.

Flux noir (*Arts chimiques*). Lorsqu'au lieu de deux parties de nitre et d'une de tartre, on prend parties égales de ces deux sels, il reste, avec le sous-carbonate de potasse, une certaine quantité de charbon non brûlé, qui donne au flux la couleur noire dont il tire son nom. A cause de ce charbon il possède, outre la faculté de faire fondre, qui lui est commune avec le flux blanc, celle de désoxider les oxides métalliques; double avantage, qui le fait préférer au premier dans un grand nombre de circonstances. L*****R.

FOIN, FOURRAGE (*Agriculture*). Herbe fauchée et séchée, qui sert à la nourriture des bestiaux. Les prés sont fauchés pendant la floraison; on choisit un temps sec et chaud, et l'on étend l'herbe, afin qu'elle sèche à l'air; on *fane* le foin, c'est-à-dire qu'on le retourne sur place avec des fourches, pour que l'humidité se dissipe mieux. La dessiccation doit être arrêtée à temps, car le foin trop sec est moins savoureux et se réduit plus aisément en poussière; trop humide, il noircit; trop sec et soumis à un soleil trop ardent, il se décolore et n'est plus de défaite. On le réunit ensuite avec des râteaux, par petits tas ou *mulettes*, ou *veillottes*, pour éviter ce dernier inconvénient, et empêcher l'action des fortes rosées du soir et du matin; puis on l'étend de nouveau sur terre. On ne doit lier le foin en bottes que lorsqu'il est complètement sec, et après l'avoir laissé suer quelque temps en grandes *mules*. C'est le matin, après la rosée, qu'on commence l'opération, et il faut l'accélérer le plus qu'on peut, pour n'avoir pas à craindre la pluie, qui obligerait à faner de nouveau le foin pour le sécher. Le foin qu'on rentre au grenier, ou qu'on forme en bottes sans qu'il soit parfaitement sec, s'échauffe, noircit, et acquiert un goût et une odeur qui repoussent les bestiaux. La fermen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tation peut même élever la chaleur jusqu'à produire un incendie, et il n'est pas rare que de grands malheurs arrivent par cette cause. L'inconstance de la saison, dans le mois de juin, où l'on coupe les prairies, rend souvent la récolte des foins difficile à faire, et il faut, lorsque le temps est favorable, l'accélérer le plus qu'on peut. FR.

FOIRE (*Commerce*). Ce mot, qui vient de *forum*, désigne un lieu de réunion pour les vendeurs et les acheteurs, à des époques désignées par la nature des localités et les besoins de la consommation. Il y a des foires pour le commerce des chevaux, d'autres pour celui des bœufs, des ânes, des cochons, etc. Attirés par le concours des vendeurs et des acheteurs, d'autres marchands viennent aux mêmes lieux apporter les produits de leur industrie, en sorte que cette réunion devient à la fois un avantage pour le pays, une occasion de plaisir et d'abondance; enfin, une ressource pour le commerce et l'industrie. Les foires de Guibray, de Leipsick, de Beaucaire, etc., sont célèbres dans l'univers, et l'on y est attiré de plus de cent lieues à la ronde à l'époque où elles se tiennent. Il n'est pas jusqu'aux petites villes et aux villages qui n'aient aussi leurs foires; elles ont lieu ordinairement le jour de la fête patronale, et sont un moyen d'approvisionnement et un temps de gaîté pour leurs habitans.

Autrefois, que le commerce était gêné par mille entraves, les foires se tenaient en vertu de priviléges, que les seigneurs encourageaient, parce qu'ils augmentaient leurs revenus par les droits qu'ils y percevaient sur les marchandises. La consommation extraordinaire qui s'y faisait, était un attrait pour les vendeurs; et les acheteurs n'y accouraient pas avec moins d'empressement pour s'y réjouir et s'approvisionner des choses dont ils étaient privés. Mais depuis que le commerce jouit de sa liberté, et qu'il a répandu ses bienfaits presque partout, les foires ont perdu leur renommée et leurs avantages. Ce n'est plus que par un reste d'habitude qu'on s'y rend; et, à l'exception des foires qui conservent l'importance que leur donnent les produits agricoles et industriels du pays, on ne doit pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

compter que les autres puissent résister long-temps aux influences qui tendent à les détruire, en les rendant inutiles; ou du moins ces réunions ne seront plus qu'un motif d'amusement pour le peuple, et les marchands n'y trouvant plus, pour la plupart, le prix de leur peine et une compensation de leurs frais, cesseront de s'y rendre. Les foires Saint-Laurent et Saint-Germain, autrefois si célèbres à Paris, sont tombées depuis que leurs franchises ont été communes à tous les lieux, et que les plaisirs qu'on y rencontrait se sont présentés partout et toute l'année. On peut affirmer que tôt ou tard il en arrivera autant à toutes les foires, qui ne seront pas, comme celles de Guibray, de Beaucaire, etc., commandées par la nécessité des débouchés, ou le voisinage d'une nation étrangère qui s'y vient approvisionner, ou enfin quelque cause de même espèce. FR.

FONÇOIR (*Technologie*). C'est un outil du forgeron; il a la forme d'un marteau dont la panne est tranchante. Dans les forges, l'ouvrier l'interpose entre la pièce de fer qu'il veut travailler et le marteau dont il se sert, toutes les fois qu'il ne peut pas frapper directement sur la pièce même. Cela arrive presque toujours lorsqu'il veut faire un épaulement ou une partie bien vive et bien carrée, comme, par exemple, lorsqu'il veut enlever un pivot au bout d'un arbre, et qu'il désire qu'il soit bien détaché. L.

FONDANT (*Arts chimiques*). On donne ce nom à toutes les substances qui, mêlées et chauffées avec des corps, soit simples, soit composés, sont capables d'en faciliter la fusion.

Quoique dans l'emploi des fondans on ait principalement pour but d'opérer la fusion des corps, ce n'est pas toujours dans la seule intention de les faire fondre qu'on en recommande l'usage : on en retire encore d'autres avantages, par exemple, d'amener à l'état de pureté l'un des élémens du corps composé que l'on soumet à leur action; de défendre cet élément du contact de l'air, et d'empêcher par-là son oxidation. Ainsi, dans beaucoup d'opérations métallurgiques, le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matière fondue, plus légère que le métal dont elle a facilité la séparation, sert à le garantir de l'action de l'air.

De ce qu'une substance agit comme fondant dans telle circonstance, il ne faudrait pas en conclure qu'elle doit jouir éminemment de la propriété de se fondre elle-même, quand on l'expose seule à l'action de la chaleur. Tel corps, réfractaire par lui-même, devient fusible lorsqu'on le chauffe avec un autre qui, seul aussi, résisterait à un feu violent. Ainsi, deux corps infusibles séparément, se fondent aisément lorsqu'ils sont réunis, et chacun d'eux reçoit et donne une fusibilité dont ils étaient dépourvus isolément. D'après ces faits, on serait disposé à admettre que tous les corps pourraient devenir fusibles, et même fondans, et qu'il ne manquerait au plus réfractaire que de se trouver avec le corps qui lui convient, à cet effet, sous l'influence de la chaleur.

On sent qu'il ne peut être question ici que des fondans proprement dits, et spécialement de ceux dont on fait journellement emploi dans les Arts; tantôt en grand dans la métallurgie, ou l'art de purifier les métaux pour le besoin du commerce, tantôt en petit dans la docimasie, ou l'art d'éprouver les minerais au moyen de la voie sèche, ainsi que dans les essais au chalumeau, qui se rattachent à la docimasie, et enfin dans l'art de préparer les verres et les émaux.

On peut diviser tous les fondans en quatre classes, les fondans *terreux*, les fondans *alcalins*, les fondans *acides*, et les fondans *métalliques*.

I. Dans les premiers, on comprend les substances calcaires, argileuses et siliceuses. Les substances calcaires le plus employées sont les chaux carbonatées grenues ou compactes, spathiques et ferrifères, la craie, la marne, le marbre, et plus rarement la chaux fluatée. On tire un grand parti de l'action fondante qu'elles exercent sur la silice et l'alumine des minerais dans les travaux des forges, et on les distingue sous le nom générique de *castine*. La quantité de castine que l'on ajoute varie selon l'état des minerais; elle doit être proportionnelle à la quantité des terres alumineuses ou siliceuses que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ces minerais contiennent. Il est telle mine argileuse à laquelle on mêle, pour 100 parties, 15 parties de castine, 57 parties de charbon, et de laquelle on obtient 34 parties de fonte, qui produisent 26 parties de fer. Au reste, l'expérience seule peut préciser la quantité qu'exige le minerai qu'il s'agit d'exploiter. Quant au choix de la variété de castine à employer, on préfère dans les forges la chaux carbonatée ferrifère, à cause du fer qu'elle renferme, et qui augmente d'autant le produit de l'opération.

De même que les matières calcaires (ou castines) sont employées avec succès pour opérer la fusion des mines de fer argileuses, de même aussi on fait usage des substances argileuses pour fondre les mines de fer à gangue calcaire. L'action réciproque de ces substances, en même temps qu'elle contribue à la séparation de la fonte, donne lieu à la matière vitreuse de couleur ou blanche ou verdâtre, portant le nom de *laitier*, qui recouvre le métal durant l'opération, et le défend du contact de l'air. Les substances argileuses dont on se sert le plus fréquemment, sont l'argile ordinaire, l'amphibole, le basalte, la wacke, etc.; celles qui renferment du fer sont préférables pour le traitement des mines de ce métal. M. Guyton a indiqué comme un bon fondant pour la réduction des mines de fer, un mélange de 8 parties de verre pilé, d'une partie de borax, et d'une demi-partie de poussière de charbon.

Le spath fluor (chaux fluatée) est un fondant propre au traitement des mines à gangue siliceuse, alumineuse et calcaire; il est plus spécialement employé, soit en petit, soit en grand, comme on le fait à Freyberg, pour accélérer la fusion du gypse et du sulfate de baryte. Quoique assez abondant dans la nature, on ne le rencontre pas partout comme le carbonate de chaux, qui est d'un usage plus général.

Les fondans siliceux, qui sont principalement le quartz, le silex, le feldspath, le grès, le jaspe, etc., ne sont guère employés que pour la fabrication des émaux, et spécialement pour la préparation du verre de cobalt. (*V.* Émaux.) Ils opèrent aisément la fusion des minerais qui contiennent beaucoup de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaux et d'alumine ; ils forment aussi des scories liquides avec les oxides de plomb et de fer.

II. Les fondans alcalins sont les meilleurs de tous pour opérer la fusion des terres et des métaux ; mais leur prix élevé s'oppose à ce qu'on les emploie dans les travaux en grand. Ils sont presque exclusivement réservés aux analyses ou essais docimastiques, dont l'objet est de reconnaître la nature et la proportion des élémens qui composent les minéraux en général.

Le tartre brut fait cependant exception, en ce qu'il a été long-temps exclusivement employé au traitement des mines de sulfure d'antimoine. La base de ce sel alcalin, la potasse, forme, avec le soufre de la mine, un sulfure plus léger que le métal, et qui le garantit du contact de l'air.

Le borax, ou borate de soude, si fusible par lui-même, facilite la fusion de l'or, de l'argent et d'un grand nombre de métaux ; il dissout les oxides de beaucoup d'entre eux, en prenant diverses couleurs, qui servent à les faire reconnaître.

La potasse et la soude caustiques, à la dose de 3 à 4 parties, et aidées d'une chaleur forte et soutenue, fondent les pierres les plus réfractaires ; les sous-carbonates et les sulfates acides des mêmes alcalis, à la dose de 4 à 8 parties, agissent d'une manière semblable, et rendent ainsi les élémens de ces minéraux solubles dans l'eau et dans les acides.

Quand les minéraux à traiter renferment de la soude, de la potasse ou du lithium, on substitue aux sels à base de ces alcalis, des nitrates ou des carbonates de baryte, et même de strontiane, dans le cas où le minéral contiendrait de la baryte, pour opérer la fusion de ces minéraux ; ce qui permet de reconnaître la présence de l'alcali, que l'on présume y exister.

Outre les sels alcalins ci-dessus désignés, on se sert avec avantage, comme fondans, dans les travaux docimastiques, et surtout dans les essais au chalumeau, des phosphates de soude et d'ammoniaque, ainsi que des résidus d'un mélange de tartre et de nitre, nommés FLUX (*V.* ce mot), et ceux de *flux blanc* et *flux noir*. Les premiers facilitent la fusion des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

minéraux et des oxides métalliques, dont ils font ressortir les couleurs caractéristiques, autrement et souvent mieux que le borax; les seconds opèrent la réduction des métaux.

III. On ne connaît que deux acides auxquels on puisse donner le nom de *fondans;* ce sont les acides phosphorique et borique. On emploie le premier aux mêmes usages que les phosphates de soude et d'ammoniaque : ce n'est même que par l'excès de cet acide, qui résulte de la décomposition du phosphate d'ammoniaque, que ces sels agissent sur les métaux; et si le plus ordinairement on préfère ces derniers, c'est parce qu'on se les procure plus aisément et à moins de frais que leur acide à l'état de pureté.

Quant à l'acide borique, on s'en sert quelquefois avec succès dans les analyses pour la fusion des minéraux qui renferment des alcalis; M. Berzélius a reconnu dernièrement l'avantage qu'il a, dans les essais au chalumeau, de manifester la présence de l'acide phosphorique dans les minéraux. Aujourd'hui, cet acide est recueilli dans la Toscane avec tant d'abondance, qu'il excède les besoins de la fabrication du borax, et qu'à cause de son bas prix et de ses qualités précieuses comme fondant, on a déjà songé à l'employer comme tel dans la fabrication des poteries.

IV. On peut comprendre, sous la dénomination de *fondans métalliques :* 1°. les scories provenant de plusieurs travaux métallurgiques, celles, par exemple, que l'on obtient de la fonte du plomb, de la liquation du cuivre, etc. Ces scories sont employées de préférence dans le traitement des mines de cuivre et de plomb. 2°. Les grenailles de fer ou de fonte, dont on tire un parti si avantageux pour réduire le sulfure de plomb ou galène, ainsi que le sulfure d'antimoine, pour leur enlever le soufre et opérer leur complète réduction. 3°. Certains oxides, carbonates ou nitrates métalliques, notamment ceux de barium et de plomb, pour fondre les minéraux qu'on soupçonne renfermer de la potasse, de la soude ou du lithium; ceux de plomb sont préférables, en ce qu'ils facilitent la fusion à une température beaucoup moins élevée que celle que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

baryte exige, et qu'ils opèrent cette fusion sans effervescence sensible. L*****R.

FONDATIONS, FONDEMENS (*Architecture*). Maçonnerie enfermée sous terre, élevée jusqu'au rez-de-chaussée, dont l'épaisseur et la solidité doivent être proportionnées à la charge du bâtiment qu'elle doit porter. Les fondemens des murs de face, de refend, etc., doivent être assis et posés sur la terre ferme, et qui n'ait pas été remuée; on fait la tranchée, on dresse l'aire du fond de niveau, et l'on met à sec les premières assises en plus gros moellons. On doit mettre une assise de pierre de taille dure au rez-de-chaussée des caves, et des chaînes de pierre sous la naissance des arcs, pour les voûtes; les jambages et les plates-bandes des portes, ainsi que les soupiraux, doivent pareillement être en pierre de taille; le reste est en moellons piqués; le tout maçonné avec le mortier de chaux et sable. Les murs de fondations doivent avoir plus d'épaisseur que ceux du rez-de-chaussée, principalement pour les murs de face, de manière à laisser 4 pouces d'empiètement en dehors et 2 en dedans, ce qui fait 6 pouces d'épaisseur de plus que le mur qu'on élève dessus, sans compter le talus de terre. Deux pouces de saillie de chaque côté d'un mur de refend sont suffisans.

Il faut asseoir les fondations sur un sol résistant; le meilleur fond est le tuf ou le roc, ou une terre forte bien serrée et liée de gros grains de sable. Quand le mur doit être très élevé, il est bon de sonder le terrain pour en juger la résistance. Dans les lieux marécageux, il faut d'abord détourner les eaux par des rigoles, ou faire des Épuisemens, puis bâtir sur Pilotis de chêne (*V.* ce mot). Les murs des Puits s'élèvent sur un Rouet de charpente qu'on dispose au fond. Les murs de Terrasse devant avoir beaucoup d'épaisseur pour résister à la poussée des terres, ont leurs fondations réglées sur une épaisseur convenable. Ce sujet ne peut trouver ici ses développemens. (*V.* Poussée et Terrasse.) Fr.

FONDEUR. On donne ce nom à celui qui s'occupe de mettre, par la fusion, un métal sous les diverses formes les plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appropriées aux Arts mécaniques, chimiques, économiques, et aux objets d'agrément. Le fondeur se charge d'exécuter, sur modèles en plâtre ou en bois, ou même sur dessins, dont il fait confectionner les modèles, toutes sortes d'objets usuels ou de fantaisie.

Des opérations analogues, appliquées à chacun des métaux usuels, constituent autant d'Arts particuliers, exercés par des individus différens, que l'on connaît sous les noms de *fondeurs en cuivre, bronze et laiton; fondeurs en fonte de fer; fondeurs en étain et alliages de plomb, d'étain, de zinc, et fondeurs en caractères*. Chacun de ces Arts comprend plusieurs subdivisions, distinguées par le genre d'objets auquel une seule usine est ordinairement affectée.

Les *fondeurs en cuivre, bronze et laiton*, se divisent généralement en trois classes, savoir : 1°. les *fondeurs de robinets, corps de pompes, soupapes;* 2°. les *fondeurs en objets d'ornemens*, dits *cuivres* et *bronzes dorés;* 3°. les *fondeurs de cloches*, qui se chargent aussi parfois de couler les canons, les statues monumentales. On trouvera, à l'article Bronze, et aux mots Cuivre, Alliages, Laiton, etc., toutes les données utiles sur le cuivre et ses différens alliages avec l'étain, le zinc, le fer, etc.; les procédés pour les obtenir sans de grandes dépenditions, les moyens analytiques que la Chimie procure pour les essayer, les propriétés caractéristiques qui doivent déterminer la préférence à donner à certaines proportions pour des applications spéciales, etc. Divers objets en bronze ou laiton, tels que les Robinets, les corps de Pompe, les Soupapes, devant être rôdés ou alésés, on devra recourir non-seulement à chacun de ces articles, mais encore au mot Alésoir. L'article Moulage fera nécessairement aussi un des complémens indispensables de celui-ci.

Les *fondeurs en fonte de fer* sont ceux qui refondent la gueuse des usines où l'on traite le minerai, et les débris de divers objets cassés, dits de *vieille fonte*. Dans les articles Fer, Fonte et Bronze, on trouvera tous les renseignemens relatifs aux diverses qualités de fonte, aux moyens de les reconnaître, aux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

méthodes de fusion, aux procédés d'adoucissement des ustensiles en fonte, etc. Plusieurs objets, tels que les corps de POMPE ordinaires, ceux des PRESSES HYDRAULIQUES et leurs PISTONS, les TOURILLONS, etc., devant être tournés, alésés ou rôdés, on cherchera les notions relatives à ces travaux dans les articles consacrés à chaque objet en particulier, et aux mots TOUR, ALÉSOIR, etc. (*V.* aussi l'article MOULAGE.)

A l'article ALLIAGE, on trouve la composition des objets coulés par les fondeurs d'étain, de *plomb durci*, etc.; et pour complément, il faudra consulter les mots ANTIMOINE, ÉTAIN, PLOMB, MOULAGE, ROBINETS, etc. P.

FONDEUR DE CARACTÈRES (*Technologie*). Nous avons déjà décrit tout ce qui précède l'opération du fondeur de caractères, au mot ALPHABET, T. I, page 351; nous avons donné la description des opérations du graveur de poinçons, au mot CARACTÈRES D'IMPRIMERIE, T. IV, page 165, et nous y avons indiqué les dimensions qu'on doit donner aux lettres, selon le système typographique adopté par M. Didot. Au mot ALLIAGE, T. I, page 338, nous avons donné les proportions de plomb et d'antimoine qui le forment. Il ne nous reste à parler que des manipulations du fondeur pour former les caractères mobiles.

Lorsque le graveur a terminé ses poinçons, il en tire des empreintes sur cuivre, qu'il nomme *matrices;* et ce sont ces matrices qu'il livre au *fondeur*. Celui-ci la place dans le *moule*, dont nous allons donner la description.

Ce moule est en fer, doublé en bois; il est formé de deux parties, qui entrent l'une dans l'autre à coulisse, et se joignent par les angles, en laissant entre elles un espace vide de la forme d'un prisme rectangulaire, de la grandeur du caractère qu'on doit mouler. La partie inférieure porte une rainure dans laquelle se loge la matrice, qui est appuyée contre le fond de la boîte par un gros fil de fer qui fait ressort en arc-boutant contre elle; ce fil de fer ainsi contourné se nomme l'*archet*.

Le fondeur, placé devant un fourneau sur lequel est une petite chaudière contenant l'alliage en fusion, en prend une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quantité suffisante avec une petite cuiller de fer ; il la verse de suite dans le moule, qu'il tient fortement serré d'une main ; et aussitôt qu'il est plein, il lui donne une petite secousse, afin de chasser l'air qui se trouve emprisonné par le métal en fusion, et pour forcer celui-ci à bien entrer jusque sur la matrice, et en prendre parfaitement la forme, afin que l'œil de la lettre soit sans défauts.

Cette opération terminée, le fondeur, sans dégager le fil de fer, ouvre le moule, et avec un petit crochet de fer il fait tomber la lettre, que le répareur prend ensuite pour enlever les bavures et tout ce qui peut exister de matière au-delà de ce qui est absolument nécessaire pour la perfection de ce caractère.

On voit par combien d'opérations différentes chaque caractère d'imprimerie doit passer avant d'être livré à l'imprimeur, puisque, par le procédé que nous venons de décrire, on ne peut faire qu'une lettre à la fois.

Ces longueurs dans l'exécution ont donné l'idée à plusieurs artistes de trouver le moyen d'abréger les opérations, ou de les simplifier. On a imaginé de fondre plusieurs lettres à la fois ; mais il paraît que ce moyen n'a pas rempli le but qu'on se proposait. Cependant nous venons de voir, chez M. Vibert, l'un des plus célèbres graveurs en lettres, un moule qui fait de 12 à 24 lettres à la fois, selon la grosseur des caractères, et qui les fait avec une grande régularité ; mais comme il est breveté, et qu'il désire que son invention ne soit pas publiée, nous ne pouvons pas la décrire.

Nous avons vu, à l'exposition de 1819, un mécanisme inventé par M. Didot Saint-Léger, qui était très bien conçu, mais qui malheureusement était très compliqué. Nous l'avons vu opérer en grand chez lui, les produits nous en ont paru bons ; mais sans doute que sa complication a mis obstacle à ce qu'il fût adopté ; car nous ne croyons pas que personne l'emploie. Pour se servir de cet instrument, qui est placé autour d'un fourneau sur lequel est la matière en fusion, on tourne la manivelle ; alors un mécanisme à droite s'avance vers le fourneau, en décrivant un arc de cercle ; il reçoit la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matière, se recule en faisant le mouvement de secousse dont nous avons parlé, et se retire pour déposer la lettre moulée. En même temps que ce mécanisme se retire, un autre semblable à celui-ci, et placé à gauche, s'avance, reçoit la matière, et puis se recule; et le même mouvement a lieu à droite et à gauche alternativement et successivement.

Au moment où nous écrivons cet article, nous apprenons qu'un artiste vient d'inventer une nouvelle machine dans ce but; on assure qu'elle n'est pas, à beaucoup près, aussi compliquée que celle de M. Didot Saint-Léger, et qu'elle agit beaucoup plus promptement. Comme nous n'avons pas vu cette machine, il nous est impossible d'émettre aucune opinion. Nous désirons qu'elle remplisse parfaitement le but qu'on se propose; car il serait fort avantageux pour l'industrie, que l'on parvînt à abréger le travail long et dispendieux que nécessite la fabrication des caractères typographiques, pour les fondre l'un après l'autre. L.

FONDS. Ce mot a plusieurs acceptions, dont la plupart n'ont pas besoin d'explication pour être comprises. Nous dirons seulement qu'en commerce on appelle *fonds* un capital engagé dans une entreprise; un *bien-fonds*, un placement *foncier*, sont des expressions qui désignent un capital impérissable, par opposition à celle de *fonds perdu*, qui indique le capital aliéné d'une rente viagère. Les *fonds publics* sont la dette de l'État. Le *fonds* d'un marchand est le capital de son exploitation, les meubles et marchandises qui s'y trouvent, et jusqu'aux acheteurs qui s'y fournissent. Fr.

FONTAINE (*Arts physiques*). Ce serait nous écarter du but de ce Dictionnaire, que de décrire les moyens dont se sert la nature pour former et alimenter les sources et les fontaines; d'indiquer la cause de leurs températures, quelquefois très élevées; d'expliquer comment elles se remplissent ou se mettent à sec, ou même ont une intermittence réglée, etc... Ces sujets, fort curieux d'ailleurs, rentrent dans les théories exposées en divers lieux de notre ouvrage, et principalement dans celle des Siphons; mais, comme ils n'intéressent pas les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Arts, nous nous abstiendrons d'en parler. Nous décrirons seulement ici des fontaines employées dans les laboratoires et cabinets de physique, pour en indiquer aux ouvriers la construction et l'usage.

Fontaine de compression.

C'est un vase (fig. 9, Pl. 9, des *Arts physiques*) d'où l'eau jaillit par la compression de l'air condensé. La forme en est arbitraire, telle que ABCD; en haut est un tuyau ajusté et soudé portant robinet R, et sur lequel on visse un ajutage S; un autre tuyau descend en E depuis ce robinet jusqu'auprès du fond intérieur du vase où il est ouvert; en haut, il n'a de communication qu'avec le robinet. Pour faire jouer cet appareil, on dévisse le robinet et on remplit d'eau la capacité du vase, sauf une partie qui reste vide; on visse ensuite le robinet R et on l'ouvre, puis on y fait entrer de l'air avec une petite pompe foulante (fig. 8). L'air introduit coule dans le canal FE, déplace l'eau et vient se réunir dans le haut du vase, où l'on peut le condenser à 3, 4, 5 atmosphères et plus. A mesure que la densité de l'air augmente, il faut développer une plus grande force pour pousser le piston. Enfin on ferme le robinet, on ôte la pompe et l'on visse l'ajutage S. Dans cet état, le vase est un réservoir d'eau, contenant de l'air très condensé, qui fait effort en tout sens pour s'échapper. Dès qu'on tourne le robinet, l'eau, obéissant à cette pression intérieure, monte dans le tube EF, et s'échappe en jet continu; ce jet est d'abord très élevé, mais peu à peu il s'abaisse à mesure que l'eau s'écoulant, la capacité occupée par l'air s'accroît d'autant, et le ressort de l'air s'affaiblit. (*V.* Gaz.)

Cet appareil, convenablement modifié, est employé à la fabrication des eaux gazeuses artificielles. (*V.* T. VII, pag. 320.)

Fontaine intermittente.

Une cuvette EE (fig. 11) est percée quelque part d'un trou R qui laisse écouler peu à peu l'eau qu'on y met; ce fluide tombe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un récipient placé au-dessous. Au centre de la cuvette est soudé un petit tuyau vertical IB, portant en bas une échancrure O. Un ballon CD est percé par un tube AKI, tellement ajusté qu'il entre en K, sans laisser passage à l'air entre le ballon et sa surface extérieure; il s'élève presque jusqu'en haut du ballon où il est ouvert en A; ce tube est vertical, et sa partie inférieure I, pareillement ouverte, entre à frottement juste dans le tuyau IB, dont le calibre est égal au sien. A la partie inférieure du ballon sont de petits tuyaux CC qui servent à la communication du dedans au dehors. Voici le jeu de cet appareil.

On retire le tube du tuyau IB, et on le sépare de la cuvette; puis on le renverse, ainsi que le ballon qui fait corps avec lui, et on le remplit à peu près d'eau qu'on verse par l'orifice I, actuellement tourné en haut. Au lieu de cette manière d'emplir le ballon, quelquefois on ménage en haut un trou par lequel on verse l'eau; mais ensuite un bouchon rôdé à l'éméri ferme hermétiquement cet orifice; dans ce cas, le tube KI peut être soudé à demeure sur le tuyau IB.

L'eau de l'intérieur du ballon s'écoule par les tuyaux CC, et vient tomber dans la cuvette EE, puis dans le récipient inférieur. L'air s'introduit par l'échancrure O, monte dans le tube vertical AI, et se réunit en haut du ballon. Mais, comme le trou K, par lequel l'eau s'écoule de la cuvette dans le récipient, est tellement petit qu'il débite moins d'eau que les tuyaux CC, l'eau s'élève peu à peu dans la cuvette, de toute la quantité qui résulte de cette différence de volumes, comparée à la largeur de la cuvette : le niveau de l'eau dans celle-ci monte bientôt au-dessus de l'échancrure O, qui ne livre plus passage à l'air. L'écoulement par les tuyaux CC continue cependant, mais diminue de plus en plus, parce que l'air intérieur prenant plus de volume, et la source qui réparait les pertes étant interceptée, son ressort s'affaiblit : comme les tubes CC sont fort petits, l'écoulement cesse enfin, dès que ce ressort, joint au poids de la colonne d'eau qui reste au-dessus des tuyaux, est égal à la pression atmosphérique (*V.* Fluide). La fontaine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'arrête donc : mais l'eau de la cuvette continue à s'écouler dans le récipient, et son niveau s'abaisse ; bientôt l'échancrure O se découvre ; l'air entre dans le tube vertical, monte dans le ballon, ajoute son ressort à celui de l'air intérieur, et la fontaine recommence à couler, jusqu'à ce que de nouveau l'échancrure O se trouvant fermée, et l'air intérieur s'étant dilaté, l'eau cesse encore de sortir du ballon. Cet effet se continue tant qu'il reste de l'eau dans ce ballon.

Cette fontaine est ordinairement construite en tôle peinte et vernie ; mais on peut aussi la faire en verre pour en montrer le mécanisme intérieur. On voit, chaque fois que l'air se fraie un passage par l'échancrure O, que la première bulle entraîne un peu d'eau qui est dans le tube vertical, et la pousse en montant, jusque dans le ballon. Pour plus de solidité, on soutient le ballon par des tiges portées sur la cuvette.

Fontaine de Héron.

Si l'on réduit cet appareil à sa plus simple expression, on aura une cuvette D qui surmonte deux ballons A et B (fig. 101), l'un supérieur, l'autre inférieur, joints par un support C, dans lequel passent deux tubes *im*, *ok* ; l'un de ces tubes établit la communication entre les deux ballons, et se termine en *i* et *m* aux régions supérieures de ces capacités ; l'autre va du fond inférieur *k* de l'une jusqu'à la cuvette D, où il s'ouvre en *o*, sans avoir d'issue dans le ballon d'en haut. Un troisième tube *n* communique enfin du bas de celui-ci avec la cuvette ; il vient s'ouvrir vers le fond *n*, et se termine en haut par un ajutage qu'on met ou ôte à volonté. Voici le jeu de la fontaine de Héron, ainsi nommée de son inventeur, qui vivait à Alexandrie 120 ans avant notre ère.

On dévisse l'ajutage E et on verse de l'eau dans le tube En, jusqu'à ce qu'elle emplisse le ballon supérieur A, montant aux trois quarts environ de sa capacité. L'air contenu dans cet espace s'écoule d'abord dans le ballon inférieur B par le tube *im*, puis dans la cuvette par le tube *ko* ; ce dernier ballon B

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contient pas encore d'eau : cela fait, on visse l'ajutage E ; l'eau du ballon A n'est pressée que par l'atmosphère, parce que l'air agit sur les orifices *i*, E, *o*, avec la même force ; l'eau s'élève donc dans le tube E*n* au même niveau que dans le ballon A ; tout est en équilibre.

Cela posé, qu'on verse de l'eau dans la cuvette D : cette charge pressera l'air du tube *ok* ; l'eau descendra dans le ballon inférieur B, dont elle occupera le bas, en refoulant l'air qui s'y trouve, lequel montera par le tube *mi* dans le ballon A ; cet air condensé portera toute la charge d'eau, mesurée par la colonne *ok*, et son ressort transmettant cette charge à la surface de l'eau supérieure, la chassera par le tube *n*E ; ce liquide jaillira donc par l'ajutage, retombera dans la cuvette, continuera à descendre dans le ballon inférieur, à en repousser l'air dans le ballon supérieur ; le tube *ok* restant plein d'eau, et le tube *mi* plein d'air, l'effet subsistera tant qu'il restera de l'eau dans le ballon supérieur.

L'appareil peut être fait en verre ou en tôle, et même on a essayé avec succès de le construire en grand sur le penchant d'une montagne, pour faire monter au sommet de l'eau qui jaillit quelque part sur la côte. Le réservoir A est alors remplacé par une capacité qu'on dispose près de la source, et qu'on peut remplir à ses dépens, en l'y introduisant par un conduit qu'on bouche lorsqu'elle est presque pleine. Le ballon inférieur B est une autre capacité pareillement fermée, située au bas de la montagne ; l'ajutage est remplacé par un tuyau *n*E qui aboutit au sommet. On établit les mêmes tubes de communication que dans la fontaine de Héron, et on peut ainsi faire monter l'eau dans un réservoir supérieur, en remplissant d'eau le tuyau qui tient lieu de *ok*. On peut de la sorte faire monter environ la cinquième partie de l'eau d'une source.

Mais l'usage le plus remarquable qu'on ait fait dans les Arts de cet appareil, est la *lampe à compression d'air*, imaginée par *Girard* ; nous en indiquerons la construction au mot Lampe. Fr.

FONTAINE DÉPURATOIRE (*Technologie*). L'art d'épurer complètement les eaux a fait de rapides et d'importans progrès

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

depuis la découverte de Lowitz, qui date du commencement de ce siècle. Tout le monde sait que par la filtration à travers le charbon de bois, l'eau est non-seulement débarrassée de toutes les substances qu'elle tenait en suspension, et qui altéraient sa diaphanéité, mais même que cette substance a la propriété d'enlever presque subitement à l'eau la plus corrompue, sa mauvaise odeur et son mauvais goût. Dans un savant Mémoire lu par Lowitz, à la Société économique de Pétersbourg, le 28 septembre 1790, consigné dans le T. XVIII des Annales de Chimie, page 88, 1793, l'auteur a parfaitement fait connaître tous les avantages de sa découverte.

Les Français ne tardèrent pas long-temps à en profiter, et en 1800, le 23 juillet, MM. James Smith, Cuchet et Dubois Montfort, prirent un brevet d'invention pour la construction des fontaines dépuratoires. Comme leurs procédés ne sont pas assez répandus, que leur brevet est expiré depuis dix ans, et que les moyens qu'ils emploient, avec toutes leurs modifications, peuvent être d'une grande utilité partout, et recevoir d'importantes applications, nous allons les faire connaître avec tous les détails dont ils sont susceptibles.

Les appareils peuvent être en bois, en pierre ou en terre cuite; leur forme extérieure est cylindrique ou conique, à base quadrangulaire ou circulaire, à volonté : on peut se servir tout simplement d'une futaille. Il suffit d'élever l'appareil, quel qu'il soit, sur un trépied en bois d'environ un pied de hauteur, afin d'en pouvoir tirer l'eau avec facilité.

A quatre ou cinq pouces du fond, est une première séparation en métal ou en grès, percée d'une multitude de petits trous comme une écumoire : elle est exactement lutée contre les parois intérieures de la fontaine. On place un robinet au fond du vase, pour pouvoir retirer toute l'eau contenue dans l'espace ménagé au-dessous de cette séparation. Un petit tuyau de cinq à six lignes de diamètre, descend du haut le long des encoignures intérieures de la fontaine, et vient aboutir dans cet intervalle. C'est par-là que s'échappe ou arrive l'air, lorsqu'on remplit ou qu'on vide cette capacité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On met d'abord sur cette première séparation un tissu de laine, et par-dessus une couche de grès pilé, d'environ deux pouces d'épaisseur. On forme ainsi une autre couche d'un pied d'épaisseur plus ou moins, selon la profondeur de la fontaine, avec un mélange de poudre grossière de charbon de bois et de grès pilé très fin et bien lavé. A défaut de grès, on peut employer du sable fin de rivière. On a soin de comprimer fortement cette couche, afin que l'eau qui doit la traverser reste long-temps en contact avec le charbon. Par-dessus cette couche on en met une troisième de sable ou de grès pilé, à peu près de deux pouces d'épaisseur, et l'on recouvre le tout d'un plateau, ayant la forme exacte de la fontaine, parfaitement luté dans son contour. Ce plateau, en grès ou en pierre, est percé vers son milieu de trois ou quatre trous d'un pouce.

On place sur chacun de ces trous des champignons en grès, dont la tige creuse est percée de petits trous; la tête de chaque champignon est enveloppée d'une éponge. L'eau, en traversant les éponges, se débarrasse déjà des substances qui n'y sont que suspendues. On a soin de laver ces éponges de temps en temps.

Un petit tuyau en plomb, semblable à celui dont nous avons parlé plus haut, va de ce plateau à la partie supérieure de la fontaine. Sa fonction est de donner issue à l'air contenu dans les couches de matières filtrantes, à mesure que l'eau les pénètre.

Ces dispositions peuvent être modifiées de différentes manières, pour les approprier à divers usages. Tantôt, par des cloisons intérieures, l'eau est forcée, lorsqu'elle est descendue en se filtrant, de remonter au travers de nouveaux filtres; tantôt elle descend directement jusqu'au fond de la fontaine; et puis, forcée de remonter au travers des filtres, elle s'échappe par un robinet placé vers le milieu de cette même fontaine, comme on le verra par les descriptions suivantes.

Fontaine domestique. Pl. 28, fig. 14. Vue d'une fontaine en grès, posée sur son trépied, garnie de son couvercle et de ses deux tuyaux aériens, dont on voit l'extrémité supérieure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en A ; ils se prolongent dans l'intérieur, l'un jusqu'au-dessous du plateau B, et l'autre jusque dans la capacité inférieure G. On a supposé les parties antérieures enlevées, afin de laisser voir les dispositions intérieures.

B, Plateau métallique luté contre les parois de la fontaine, et portant au centre un seul champignon C avec son éponge.

D, Cloche posée en recouvrement sur l'entonnoir E, dont le tuyau porte l'eau filtrée dans le réservoir G.

F, Robinet par lequel on soutire l'eau filtrée contenue dans le réservoir G.

H, Vues isolées, en plan et en élévation, de la cloche D, posée sur la première séparation.

I, Vue du plateau métallique B, portant un rebord dans tout son contour, destiné à loger le lut, et une ouverture circulaire au milieu, pour recevoir la tige creuse du champignon C, ainsi qu'une petite échancrure sur le côté, pour le passage des tuyaux aériens A.

Tonneau-filtre. Fig. 15. Coupe verticale de ce tonneau, en bois de chêne, cerclé en fer, ayant deux anses et un robinet dans le bas. On y voit en *a*, *a*, un premier fond en bois, garni de quatre champignons *b*, sur lequel on verse l'eau qu'on veut filtrer.

A, Plan de ce fond, avec ses quatre champignons *b*, *b*, *b*, *b*.

c, *c*, Deuxième fond, percé de petits trous.

d, *d*, Deux couches de grès pilé, immédiatement au-dessous de l'un et au-dessus de l'autre fond ; ces deux couches sont séparées par une autre de charbon pilé *e*, mêlé de grès ou de sable fin.

B, Détails d'un champignon garni de son éponge, tant intérieurement que tout autour ; la partie inférieure *f* se place et se cloue sous le fond supérieur *a*.

Filtre portatif. Fig. 16. Coupe verticale de ce vase conique en bois, cerclé en fer, avec deux anses, un couvercle, et posé sur un trépied comme la fontaine domestique, fig. 14. Ce filtre est placé dans le fond du vase et entièrement entouré de grès, que recouvre un fond *a*, *a*, non luté contre les parois. L'eau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont on remplit la capacité supérieure, s'introduit dans l'appareil filtrant par les trous pratiqués en *b*, remonte jusqu'à la rangée des trous percés dans le haut de la cloison *c*; elle se rend de là dans le réservoir *d*, d'où elle s'échappe par le robinet *e*. Après ce trajet, elle est parfaitement clarifiée.

B, Plan et élévation du filtre portatif, en fer-blanc ou en plomb, ayant la forme d'un tambour. Le fond supérieur en est enlevé, pour laisser voir la séparation et les trous pratiqués, tant dans le fond que dans la partie supérieure du réservoir *d*.

C, Vues de l'intérieur du même tambour. La figure circulaire représente le fond du filtre; les capacités *b* et *c* sont remplies de matières filtrantes, et *d* est le réservoir de l'eau purifiée.

E est l'élévation du filtre; la ligne ponctuée *f*, *f*, indique la cloison *c* percée de trous, et qui sépare la partie antérieure en deux.

F montre en élévation la cloison diagonale *h*, *h* du filtre; on y voit au haut une rangée de trous qui permettent à l'eau de passer de la capacité *b* dans la capacité *c*, et de là dans la capacité *d* : les lignes ponctuées *m*, *m*, indiquent la cloison qui, avec le fond, forme la capacité *d*.

Filtre-marin. La forme et les dispositions intérieures des fontaines destinées pour la marine, peuvent varier de plusieurs manières : celle-ci en donnera une idée générale. Elle est construite de telle sorte que le mouvement du vaisseau ne puisse ni empêcher, ni ralentir la filtration de l'eau.

La forme extérieure du filtre-marin (fig. 17) ne diffère guère de celle du *tonneau-filtre*, fig. 15.

A, Coupe verticale de cette fontaine. On voit, à la partie supérieure en *a*, un seau de *clapotage* qui la ferme exactement, et dont le fond est percé de trous. Ce seau, représenté par la fig. B, est garni de deux anses; il est destiné à empêcher l'eau de jaillir, lorsque le vaisseau éprouve des mouvemens violens.

La filtration s'opère ici *per ascensum*. L'eau, versée d'abord dans le seau de *clapotage*, remplit la capacité *b*, et ensuite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la capacité inférieure *c*, par le tuyau de communication *d*; en cherchant à prendre son niveau, elle remonte à travers les fonds percés *e*, *e'*, et les couches *f*, *g*, *f*, pour se rendre dans le réservoir *h*, d'où on la tire par le robinet *i*.

l, *l*, Petit tuyau aérien, en plomb, qui part du réservoir *h* et s'élève jusqu'au haut de la fontaine.

m, Robinet de décharge, qu'on ouvre lorsque la fontaine a besoin d'être lavée.

C, Plan du fond du seau de clapotage.

D, Plan d'un fond de la fontaine percé de petits trous.

Bidon-filtre pour la troupe. Sa forme extérieure n'a rien de particulier. Il reçoit un gobelet en fer-blanc, tantôt au-dessus pour le voyage, et tantôt au-dessous pour recueillir l'eau filtrée. Il s'y adapte de la même manière qu'une baïonnette au bout du fusil.

Les matières filtrantes sont contenues entre deux fonds percés de trous, et soudés contre les parois intérieures du bidon. Celui d'en bas est double; l'inférieur a la forme d'un entonnoir, afin de ramener plus sûrement l'eau filtrée dans le gobelet, qui sert alors de réservoir.

Le système de dépuration que nous venons de décrire est établi à Paris depuis 1806, c'est-à-dire après l'expiration du brevet de *Smith*, *Cuchet* et *Montfort*. On le voit aujourd'hui quai des Célestins; M. Happey, qui l'a fondé, en est le propriétaire. Il peut fournir de l'eau dépurée à l'immense population de Paris; elle se vend au même prix que celle que prend des porteurs d'eau, dix centimes (2 sous) la voie. Nous allons donner une idée de cet établissement unique.

En entrant dans la cour on aperçoit, à droite, d'immenses cuves en bois, de 15 pieds de diamètre sur douze pieds de hauteur, de la contenance chacune de 350 muids. Elles reçoivent l'eau de la rivière, qui y est amenée par trois corps de pompe mus par un manège. L'eau est prise au milieu de la rivière, et amenée à l'établissement par un aqueduc de cinquante toises de long. C'est dans les cuves que l'eau de la rivière commence à déposer le limon dont elle est chargée. Pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien comprendre le mécanisme de cette opération préparatoire, il faut supposer d'abord que les cuves sont vides. On commence par en remplir une, que nous désignerons par le n° 1; on remplit ensuite le n° 2, puis le n° 3. Lorsque celle-ci est pleine, on fait monter l'eau du n° 1 dans les filtres dont nous allons parler; et lorsque le n° 1 est vide, on fait passer dans les filtres l'eau du n° 2, et ainsi de suite. Pendant ce temps on remplit de nouveau le n° 1, après avoir fait sortir le limon qui était déposé au fond de la cuve. On conçoit que, par cet arrangement successif, il y a une cuve toujours pleine dont l'eau dépose son limon, une dont l'eau monte dans les filtres, et la troisième dans laquelle arrive l'eau de la rivière. Chaque cuve peut se remplir en trois heures.

La partie la plus importante et la plus curieuse de cet établissement, est la salle aux filtres; elle est placée au second étage de la maison, et toute l'eau des cuves dont nous venons de parler est montée dans cet étage, où elle se purifie. Le même manége qui fait mouvoir les trois corps de pompe qui aspirent l'eau de la rivière, met en mouvement trois autres corps de pompe qui prennent l'eau dans les cuves, et la portent dans la salle aux filtres.

Cette salle a 87 pieds de long sur 32 pieds de large. La fontaine en cascades où l'eau arrive par un large tuyau, fait face à la porte d'entrée. L'eau descend en cascades dans les trois bassins inférieurs, et se rend, par le trop plein du dernier bassin, dans des canaux qui font tout le tour de la salle, ainsi que dans des conduits semblables qui sont dans le milieu. Les canaux communiquent ensemble par des tuyaux en plomb, de sorte que, par ce moyen, l'eau fait tout le tour de la salle et la traverse dans son milieu. De ces canaux l'eau tombe dans les filtres, et après qu'elle les a traversés, elle se rend dans deux immenses cuves semblables à celles qui sont dans la cour, d'où elle est tirée en dehors par les voituriers, qui la transportent chez les particuliers.

Les filtres sont des caisses prismatiques, doublées en plomb, qui reçoivent chacune l'eau que fournissent quatre à cinq

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tuyaux. Chacune de ces caisses est construite intérieurement comme les filtres de Smith et Cuchet, que nous avons décrits; elles ont un double fond percé de trous, sur lequel est une couche de gravier, d'un pouce d'épaisseur, puis une forte couche de charbon mêlé de petit sablon; le tout est couvert d'une couche de gravier, d'un à deux pouces.

L'eau se rend d'abord dans des vases en plomb, qui ont la forme de bouteilles couchées, solidement fixées dans les canaux. Ils soutiennent chacun une éponge, qui arrête une grande partie des saletés que l'eau entraîne. Ces éponges sont changées toutes les deux ou trois heures, et lavées avec soin. Un ouvrier est constamment occupé à cette opération.

Le service tant extérieur qu'intérieur de cet établissement unique, se fait avec la plus grande régularité. Un règlement que l'on voit affiché dans plusieurs endroits de cette maison, est curieux et intéressant à lire : on y découvre tout-à-la-fois et la juste sévérité d'un maître qui veut être ponctuellement obéi, et la tendresse d'un père qui veille aux intérêts de sa nombreuse famille. En effet, toutes les fautes sont prévues, et punies par des amendes plus ou moins considérables, selon leur gravité; mais aussi, à la moindre infirmité, les secours sont prodigués aux ouvriers de cet établissement, qui procure l'existence à deux cents pères de famille.

L'invention des *fontaines dépuratoires*, que nous venons de décrire, à cause de leur prix élevé, n'a pas fait disparaître les fontaines domestiques qu'on voit dans tous les ménages. Nous les distinguerons en trois sortes différentes : 1°. celles des pauvres; 2°. celles des personnes qui vivent aisément de leur travail; 3°. celles des personnes plus favorisées de la fortune.

1°. Un vase en grès d'environ dix à douze pouces de diamètre, sur deux pieds et demi à trois pieds de hauteur, ayant la forme d'un cône tronqué renversé, légèrement conique, constitue cette fontaine. C'est absolument un *pot à beurre* qui contient ordinairement trois seaux d'eau. Il est surmonté d'un couvercle en grès ou en bois. L'eau y est mise en dépôt; on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tire l'eau avec un pot ou une tasse, et l'on ne conçoit pas pourquoi l'on met au fond deux ou trois pouces de sable de rivière, puisque ce vase n'a pas de robinet, et que l'eau ne filtre pas à travers le sable. On sent que le prix de ces fontaines n'est pas élevé, et que c'est sans raison qu'on leur donne le nom de fontaines.

2°. La fontaine qui tient le milieu entre celle que nous venons de décrire, et la troisième, dont nous parlerons, est pareillement en grès, et a la forme de la fontaine domestique que nous avons décrite page 195, et qu'on voit fig. 14. Vers le tiers de la hauteur, en G, par exemple, est un diaphragme en grès, percé de beaucoup de petits trous. On étend au-dessus un morceau de flanelle qui remplit toute la surface et lute bien les bords; on répand par-dessus deux ou trois pouces de sable fin de rivière. Au tiers de la hauteur est encore placé un second diaphragme semblable au premier, et, comme lui, percé de beaucoup de trous. Un petit tube en plomb descend du bord supérieur jusqu'au dessous du second diaphragme, afin de donner issue à l'air, qui remplit la capacité inférieure, lorsqu'il n'y a pas d'eau. Un couvercle en grès ferme le dessus de la fontaine.

Lorsqu'on verse l'eau sur le premier diaphragme, celui-ci la retient et l'empêche de tomber en masse sur le sable, ce qui ferait des creux et rendrait le filtre inégal. Par ce moyen, l'eau se tamise au travers du sable sur lequel elle dépose son limon, et tombe dans la partie inférieure d'où on la tire par le robinet. Cette fontaine est ordinairement enveloppée d'un tissu en osier pour éviter les chocs; elle est portée sur un trépied en bois.

3°. La troisième espèce, qu'on nomme *Fontaine filtrante*, est plus élégante et se trouve dans les ménages plus aisés. Elle a la forme d'un parallélipipède rectangulaire; elle est construite en pierre mince de huit à neuf lignes d'épaisseur, à grain fin et dont la texture est serrée; on la nomme *pierre de liais*. On en fait aussi de très belles en marbre poli. Les cinq plaques qui la forment sont unies ensemble par le mastic des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fontainiers. Elle repose sur un trépied en bois, comme la précédente. Sa partie supérieure est ouverte ; on la ferme avec une planche. Ces fontaines en pierre de liais sont peintes extérieurement de trois couches de couleur à l'huile, imitant le granit.

L'intérieur de la fontaine, vers le bas, est divisé en deux parties par deux plaques minces de *grès filtrant* qui forment une chambrette de la contenance d'environ un seau d'eau. Un tuyau de plomb communique, comme dans la fontaine précédente, depuis le bord supérieur jusque dans la chambrette, et sert au même usage. Deux robinets en étain sont placés au devant de cette fontaine : l'un correspond à la petite chambrette et donne l'eau filtrée ; l'autre correspond à l'autre partie qui donne l'eau telle qu'on la verse dans la fontaine. On boit la première, et on se sert de l'autre pour des usages plus grossiers et qui n'exigent pas une eau aussi limpide.

On remplit la fontaine d'eau, au bout d'un quart d'heure la chambrette se trouve pleine d'eau très limpide ; mais elle n'est pas dépurée comme celle qu'on retire des fontaines dépuratoires dont nous avons donné la description au commencement de cet article.

La vase qui salissait l'eau, se dépose sur les parois du grès filtrant, ce qui fait qu'on doit souvent nettoyer le bassin de la fontaine ; sans cette précaution les pores du grès se boucheraient et le filtre ne laisserait plus passer l'eau.

Au mot Robinet, nous indiquerons un perfectionnement que nous avons apporté dans la construction des robinets en étain, à l'usage des fontaines.

FONTAINIER (*Arts physiques*). C'est l'ouvrier chargé de rechercher les eaux, de les conduire, les jauger, les recevoir, les distribuer ; de construire les canaux, bassins, puits, pompes, cascades, etc. ; en un mot, le fontainier est employé à tout ce qui se rapporte au gouvernement des eaux. Il est des Arts qui exigent des connaissances aussi étendues en physique que celui dont nous traitons, et pourtant cet article n'est pas susceptible de recevoir ici de grands développements

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme toutes les parties dont cet art se compose sont l'objet d'articles spéciaux, nous devons nous borner à y renvoyer. Les mots EAU, BÉLIER HYDRAULIQUE, ÉCOULEMENT, DÉPENSE, FLOTTEUR, CONDUITE, CLAPET, ÉPUISEMENT, etc., ont déjà été traités : nous parlerons en leur lieu des ROUES HYDRAULIQUES, du NIVELLEMENT, des TUYAUX, SOUPAPES, PUITS, POMPES, etc. On voit donc qu'il ne nous reste rien à dire ici.

Comme le fontainier se sert fréquemment du plomb dans ses travaux, il prend aussi la dénomination de PLOMBIER; mais cet art doit être examiné à part; il a ses procédés spéciaux, et nous nous en occuperons bientôt. Il en faut dire autant du POMPIER, qui est chargé de construire et de disposer des pompes. FR.

FONTE ou FER CRU. C'est une combinaison de fer malléable avec du carbone, jouissant de la propriété de pouvoir s'obtenir liquide. Cette découverte importante, qui a donné à ce métal un nouvel emploi dans les Arts, n'a été faite que vers la fin du quinzième siècle.

Depuis cette découverte, on a divisé le fer en trois classes, selon les trois états métalliques différens, sous lesquels on peut l'obtenir. Ils sont désignés par les noms de *fer ductile* ou malléable, d'*acier*, et de *fonte* ou *fer cru*.

Dans tous ces états, le fer contient une quantité de carbone différente; et c'est de cette différence dans la proportion de carbone que naîtcelle qui existe entre ces trois combinaisons. La fonte en contient plus que l'acier, et celui-ci plus que le fer malléable; ce dernier tendant toujours à se rapprocher de l'état de fer pur. La limite entre la proportion de carbone qui constitue ces trois états est impossible à assigner, la transition entre le fer ductile et l'acier étant insensible, et l'acier et la fonte passant si souvent de l'un à l'autre, qu'il existe des aciers qu'on pourrait appeler *fontes*, et réciproquement, quelques fontes pourraient porter le nom d'*acier*.

Outre l'avantage que la découverte d'une combinaison du fer liquide a apporté dans les Arts, en fournissant un métal auquel on peut donner toutes les formes possibles par le mou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lage, il en est résulté un second avantage non moins grand que le premier; c'est de pouvoir, par l'intermédiaire de la fonte, obtenir du fer de minerais trop pauvres pour en fournir par les méthodes directes pratiquées précédemment, et que nous avons fait connaître à l'article FER.

Nous indiquerons les procédés pour transformer la fonte en fer malléable, après avoir examiné les différentes espèces de fontes, ainsi que les méthodes employées pour les obtenir.

Des différentes espèces de fonte. La fonte est un composé de fer et de carbone, dont les proportions et le mode de combinaison ne sont pas constans. Sa qualité et sa couleur varient beaucoup. On en distingue généralement deux espèces principales, la *blanche* et la *grise*. On obtient ces deux qualités de fonte en soumettant aux mêmes procédés des minerais différens. Il arrive aussi que le même minerai donne, dans certaines circonstances, indifféremment l'une ou l'autre de ces fontes.

La fonte *blanche* est en général très brillante; sa couleur est le blanc d'argent passant au gris-clair par une infinité de nuances. Cette fonte, toujours indistinctement lamelleuse, l'est quelquefois assez pour qu'on puisse en mesurer les angles; le plus ordinairement elle est fibreuse rayonnée.

La fonte *grise* possède également l'éclat métallique; sa couleur est le gris-foncé passant au gris-clair; elle n'est pas lamelleuse comme la précédente; elle est plus souvent grenue.

Il existe des fontes qui réunissent à la fois des parties blanches et grises, et qui sont maculées. Cette variété, appelée *truitée* ou *mélée*, forme le passage de la fonte grise à la fonte blanche.

Enfin, on distingue une quatrième variété, que nous appellerons *fonte noire*, qui, à bien dire, n'est que de la fonte grise, obtenue par le travail à la houille; nous croyons devoir faire cette sous-division, parce que cette fonte, plus douce, plus malléable que la fonte grise, obtenue par le charbon de bois, a une plus grande valeur dans le commerce. Ce nom lui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dique que sa couleur est plus foncée que celle de la fonte grise ordinaire.

Les caractères distinctifs que nous venons d'indiquer, comme appartenant à la fonte blanche et à la fonte grise, peuvent être appelés extérieurs; leurs propriétés et leurs usages sont également très différens.

La fonte blanche est fragile, se casse facilement par le choc, ce qu'on exprime en disant qu'elle est *aigre* ou *cassante*. Cette propriété souvent ne fait qu'augmenter quand on la refond; et si on la jette dans un moule, il arrive qu'elle devient tellement cassante, que les objets coulés se brisent avant le refroidissement.

La fonte grise, au contraire, très tenace, très difficile à casser, se laisse limer, propriété que ne possède pas la précédente : refondue, elle conserve toutes les propriétés qu'elle avait avant la fusion, pourvu qu'on la refroidisse lentement, car elle change tout-à-fait de nature et passe à l'état de fonte blanche, si on la refroidit subitement, soit en la projetant sur une plaque froide, soit en la granulant dans l'eau. La fonte noire possède au plus haut degré la tenacité et la ductilité.

La fonte blanche entre plus tôt en fusion que la grise; mais cette dernière acquiert un degré de fluidité plus parfait : soumise à une température élevée, la fonte blanche se couvre assez facilement d'une couche d'oxide, perd sa nature de fonte, et devient alors douce, grenue et aciéreuse. On peut faciliter cette transformation en ajoutant un enduit; on la fait alors passer à l'état de fer malléable. La fonte grise, au contraire, se couvre difficilement d'une couche d'oxide; elle conserve long-temps sa nature, mais enfin elle finit par perdre toute espèce de tenacité; loin de prévenir cet état d'incohérence à l'aide d'un enduit poreux, on l'augmente encore; tenue en bain, la fonte grise reste long-temps liquide, et demande, pour changer de nature et passer à l'état de fer, plus de temps et un plus fort courant d'air que la fonte blanche.

En résumant les propriétés de ces deux espèces de fonte, on voit que la fonte grise acquérant plus de liquidité que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

blanche, et ne subissant pas autant de modifications par l'action de l'air, se figeant moins vite, remplissant mieux les moules et jouissant d'une grande tenacité, c'est elle qu'on doit employer de préférence pour la confection de tous les objets moulés. Quant à la fonte blanche, c'est la plus favorable à traiter pour obtenir du fer ou de l'acier.

De la composition des différentes fontes. Une opinion généralement adoptée, c'est que la fonte grise contient une quantité beaucoup plus considérable de carbone que la fonte blanche, et que c'est à cet excès qu'elle doit la tenacité et la malléabilité dont elle jouit. Il n'y a que quelques années que cette opinion a été détruite par M. Karsten (1), célèbre métallurgiste, qui a prouvé que la fonte blanche, au contraire, était la plus chargée de charbon, et que la différence entre ces deux fontes provenait de l'état de combinaison dans lequel le carbone y était disséminé. Nous allons donner quelques détails pour faire connaître ces recherches importantes.

De la fonte blanche soumise à l'action des acides hydrochlorique et sulfurique, étendus d'eau, n'éprouve presque aucune action; ce n'est qu'au bout de plusieurs semaines qu'elle se couvre d'une légère poussière noire. De l'acide hydrochlorique concentré la dissout sans aucun résidu, à la chaleur de l'ébullition. En faisant usage de l'acide sulfurique, on obtient un peu de charbon noir doué de l'éclat métallique. L'acide nitrique, employé à la température ordinaire, sépare du métal des flocons noirs qui se colorent en brun-rougeâtre par un long séjour dans l'acide.

La fonte grise se comporte d'une manière toute différente; les acides hydrochlorique et sulfurique, étendus d'eau, l'attaquent lentement. On obtient, après plusieurs mois, un résidu qui contient le carbone dans trois états différens :

1°. Une partie se compose de feuilles et d'écailles dont

(1) Manuel de Métallurgie du fer, par Karsten, traduit de l'allemand par Culmann, capitaine d'artillerie. Chez Bachelier, libraire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un éclat métallique très prononcé, non soluble dans les acides et les alcalis, non attirable à l'aimant et ne brûlant qu'à la chaleur rouge. Ce composé est connu depuis long-temps sous le nom de *graphite*.

2°. Une autre partie présente aussi un aspect graphiteux; mais elle agit sur l'aiguille aimantée.

3°. Enfin, une autre partie, d'une couleur brun-noirâtre, n'est pas magnétique, colore la lessive de potasse en noir, et brûle avant que le creuset ne soit rouge.

La première partie, ou *graphite*, a été trouvée, par une suite d'expériences, ne contenir aucune portion de fer; M. Karsten la regarde comme du charbon parfaitement pur, ou, pour mieux dire, comme la base métallique de ce combustible.

Le résidu graphiteux qui forme la seconde partie du résidu n'est pas aussi facile à déterminer; mais il est certain que c'est une combinaison de carbone et de fer, composée d'un atome de fer uni à plusieurs atomes de carbone.

Quant à la troisième partie, c'est du charbon sous la forme ordinaire.

L'analyse de plusieurs fontes blanches a conduit M. Karsten à ce résultat remarquable, que le carbone qu'elle contient *s'y trouve combiné avec toute la masse du fer*, et que la fonte blanche lamelleuse contient le *maximum* de carbone que le fer puisse absorber à l'état liquide; enfin, qu'elle constitue un composé qui serait formé de deux atomes de fer unis à un atome de carbone, ou composé de 94,7 parties de métal et 5,3 de carbone. Cette fonte est par conséquent un véritable sous-carbure, qui peut être désigné par la formule Fe^2C.

Différentes fontes grises, soumises également à l'analyse, ont donné une moins grande quantité de carbone que la fonte blanche. Celle qui en contenait la plus grande proportion n'a donné que 4,60, tandis que d'autres n'en renfermaient que 3,15; et une circonstance encore entièrement contraire aux opinions reçues, c'est que ce dernier résultat a été donné par une fonte noire, obtenue dans des fourneaux alimentés par le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coke. Non-seulement dans la fonte grise la proportion de carbone est différente, mais encore ce corps paraît ne pas y être en combinaison comme dans la fonte blanche, mais disséminé à l'état de graphite et de mélange.

Ce qui prouve encore la dernière remarque que nous venons de faire, c'est qu'on peut, au moyen de certaines circonstances, faire passer la fonte blanche à l'état de fonte grise, et réciproquement.

Ainsi, de la fonte grise fondue et refroidie subitement donne une fonte blanche argentine, dure et cassante. Ce changement complet nous prouve que le graphite, qui a eu besoin d'une haute température pour se former, ne peut subsister que par un lent refroidissement, qui permet au carbone de s'unir au fer pour former du graphite; tandis que, si la congélation est instantanée, le carbone se dissout dans la masse, et donne naissance à la fonte blanche. Quant à la fonte blanche, on conçoit que, fondue et refroidie lentement, l'état du carbone qu'elle contient change, et qu'on obtient de la fonte grise.

Nous aurions encore beaucoup de considérations à ajouter sur la manière de se comporter de la fonte avec la chaleur, mais ce que nous venons de dire doit assez le faire pressentir. Nous allons nous occuper maintenant de la production de la fonte.

Ce métal est retiré généralement des minerais que nous avons désignés à l'article Fer sous le nom de *minerais de fer oxidés terreux;* les minerais métalloïdes sont également susceptibles de donner de la fonte.

Suivant le combustible que l'on a à sa disposition, on se sert, pour la fusion des minerais de fer, de deux procédés qui sont différens sous quelques rapports; nous pensons devoir diviser en deux paragraphes ce que nous avons à dire sur ce sujet.

1°. Fonte des minerais de fer au charbon de bois.

2°. Fonte des minerais à la houille.

Nous adopterons également la même division pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

transformation de la fonte en fer, et nous décrirons séparément ;

3°. L'affinage de la fonte au charbon de bois ;

4°. L'affinage de la fonte à la houille.

1°. *Fonte des minerais de fer au charbon de bois.*

La réduction des minerais de fer ne pouvant s'effectuer qu'à une haute température, on se sert pour cet objet de fourneaux dans lesquels on puisse la produire, en concentrant la chaleur en un certain point. On conçoit que ces fourneaux doivent avoir une assez grande hauteur ; car s'ils étaient comme les fourneaux à la catalane que nous avons fait connaître dans la première partie de cet article, toutes les modifications que doit subir le minerai, c'est-à-dire, le ramollissement, la fusion, la réduction et la décarburation du métal réduit, se succéderaient avec une trop grande rapidité, et on n'obtiendrait pas le but qu'on se propose. La forme des fourneaux usités pour fondre le fer, désignés sous le nom de *hauts-fourneaux*, est donc très importante. Nous allons indiquer leur forme générale, ainsi que leurs principales proportions, qui varient suivant les minerais que l'on veut traiter et le genre de fonte que l'on veut obtenir.

Formes de hauts-fourneaux au charbon de bois. Extérieurement (*V.* Pl. 29, fig. 1, 2, 3 et 4) les hauts-fourneaux ont la forme d'une tour quadrangulaire pyramidale, dont la hauteur varie de 18 à 60 pieds. Pour diminuer la masse de ces fourneaux, on les compose souvent d'un prisme, surmonté d'une pyramide. Quoique leur vide intérieur ait, en général, peu de largeur, on donne aux murs une épaisseur considérable, pour qu'ils puissent résister à l'action de la chaleur, qui tend à les renverser par la dilatation qu'elle produit sur les matériaux. En France, on a la coutume de faire la base du fourneau égale à la hauteur, et les parties supérieures, quoique moins épaisses, le sont encore beaucoup. Les Anglais font leurs fourneaux plus légers ; cependant la chaleur produite par la com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bustion du coke est plus considérable que celle développée dans les fourneaux alimentés par le charbon de bois. Leur solidité est cependant très grande ; ce qui nous prouve qu'on pourrait, sans nuire en rien à la solidité, diminuer l'épaisseur du masif des hauts-fourneaux français. Cette enveloppe extérieure, appelée *muraillement* ou *double muraillement*, est traversée de canaux pour le dégagement des vapeurs dont la force élastique romprait l'enveloppe extérieure. C'est aussi pour cette raison que l'on consolide la maçonnerie par plusieurs systèmes de barres de fer, reliées à l'extérieur par des ancres. A la partie inférieure, les hauts-fourneaux présentent plusieurs embrasures : le plus ordinairement, les fourneaux alimentés par le charbon de bois ne sont percés que de deux embrasures, l'une pour l'écoulement de la fonte, l'autre pour loger les soufflets et permettre l'introduction de l'air dans l'intérieur du fourneau.

La hauteur des fourneaux au-dessus du sol étant assez considérable, on est obligé de construire, pour monter sur la plate-forme le minerai et le charbon nécessaires à leur consommation, un chemin incliné. Souvent, pour cette raison, on adosse les fourneaux à des montagnes ; mais, dans ce cas, il faut avoir soin de les isoler, car ils pourraient recevoir de l'humidité qui nuirait beaucoup à leur marche.

C'est aussi pour isoler ces fourneaux de l'humidité qui s'introduirait par les fondations, qu'on a la coutume de pratiquer à leur partie inférieure des canaux *a*, *a* destinés à réunir les eaux et à leur donner un écoulement.

Le poids des hauts-fourneaux étant considérable, il faut les élever sur des fondations très solides. Quand le terrain sur lequel on les place n'est pas assez résistant, on établit un plotis et un grillage sur lequel on monte la maçonnerie. (*Voir*, pour plus de détails sur la construction des hauts-fourneaux, la Sidérotechnie de M. Hassenfratz.)

Le vide intérieur des hauts-fourneaux, dans lequel on charge le minerai et le charbon, s'appelle *cheminée intérieure* ou *cuve*. La forme la plus généralement adoptée pour ce vide inté-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieur, est celle de deux pyramides tronquées opposées base à base. Ces pyramides sont carrées ou rectangulaires; quelquefois elles sont circulaires ou ellipsoïdales; dans ce cas les pyramides deviennent des cônes tronqués. La forme conique est la plus commode à construire, parce qu'il suffit d'avoir un patron mobile autour d'un axe pour en déterminer tous les points.

Le plan d'intersection de ces deux pyramides est ce qu'on appelle le *ventre* du fourneau : c'est vers ce point que le minerai, préparé à la fusion dans la partie supérieure, se fond et se sépare de la gangue qui l'accompagne.

La pyramide supérieure s'appelle la *grande masse du fourneau* ou la *cheminée supérieure*. Elle est surmontée d'une partie cylindrique qui a 18 pouces ou 2 pieds de haut, que l'on appelle *gueulard*; c'est par cette ouverture qu'on charge le minerai et le charbon dans le fourneau. Pour que cette partie de la surface du gueulard ne se dégrade pas, on la recouvre d'une plaque de fer.

Dans la cheminée supérieure, le minerai éprouve un grillage qui volatilise l'eau et les différentes autres substances volatiles qu'il contient; il se désoxide par l'action du charbon et des gaz charbonneux avec lesquels il est en contact, et se prépare ainsi à la fusion.

La pyramide inférieure est désignée par le nom de *grand foyer* ou vide inférieur. Cette partie du fourneau se subdivise en plusieurs; quelquefois seulement en deux, d'autres fois en trois. Lorsqu'elle est divisée en deux seulement, la partie inférieure, dans laquelle le métal fondu se rassemble et s'accumule, s'appelle *creuset*; elle a la forme d'un prisme.

Quand le grand foyer est divisé en trois parties, comme on le voit dans la fig. 1, Pl. 29, qui représente la coupe verticale d'un haut-fourneau, la pyramide très évasée M est appelée *étalage*. C'est par leur exposition sur cette surface, que le minerai finit de se désoxider, et même que le fer se combine avec une certaine proportion de charbon pour se transformer en fonte. La seconde, N, dont les faces approchent très près de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verticale, est désignée sous le nom d'*ouvrage ;* enfin le prisme quadrangulaire P, dans lequel se rassemble la fonte, est le *creuset.*

Chacune de ces parties a des proportions différentes, suivant les pays, les minerais qu'on traite, le combustible que l'on a à sa disposition, et le genre de fonte que l'on veut produire. Indiquons succinctement les dimensions qui paraissent les plus avantageuses.

Nous avons annoncé que la hauteur des fourneaux varie de 18 à 60 pieds ; dans les fourneaux alimentés par le charbon de bois, les seuls dont nous nous occupons dans ce moment, la hauteur n'excède jamais 35 pieds. On conçoit que, dans les fourneaux qui ont peu d'élévation, les matières arrivent trop rapidement à une haute température, ce qui nuit à la réduction du minerai, et la rend d'autant plus incomplète que le minerai est plus réfractaire. La fonte séjournant, en outre, peu de temps au centre de la chaleur, il est difficile d'obtenir de la fonte grise. Ces petits-fourneaux, sujets à être refroidis par les circonstances accidentelles, subissent des variations considérables dans leur allure, et consomment trop de charbon ; les minerais ne séjournent pas assez long-temps dans la partie supérieure du fourneau, la désoxidation et la porisation ne sont pas complètes, de façon qu'une partie de la chaleur de l'ouvrage est employée à achever ces opérations ; il suit de là que la même quantité de charbon dans l'ouvrage doit être utilisé à liquéfier moins de fonte, puisqu'une partie est consommée à dégager des gaz et à réduire le minerai. Quoique l'on doive conclure de ceci qu'il faille préférer les fourneaux élevés, on sent que leur hauteur doit avoir une limite qui varie évidemment avec la qualité du combustible ; en effet, la température du gueulard diminuant à mesure que la hauteur du fourneau augmente, il arriverait un point où cette partie ne serait plus échauffée.

Si le charbon est très léger, qu'il provienne du bois de sapin, et que la machine soufflante soit faible, une hauteur de 0m

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8 mètres suffit; avec un tel fourneau, les minerais réfractaires ne se réduiraient qu'en partie.

Avec des charbons légers, si on dispose d'une machine soufflante assez considérable sous la pression voulue, on pourra donner au moins $9^{m},50$ d'élévation au fourneau. Enfin, si le bois est dur et que la machine soufflante ait le degré de force nécessaire, le fourneau ne doit jamais avoir moins de 11 mètres de hauteur.

Relativement à la largeur à donner à ces fourneaux, nous remarquerons que la chaleur étant plus intense dans les foyers étroits, moins leur intérieur s'élargira depuis le point où commence la fusion, plus les matières parviendront rapidement à une haute température. Donc, si le charbon qu'on doit consommer est léger, que les minerais soient réfractaires, et que la machine soufflante donne une petite quantité de vent, la cuve doit être moins large que si l'on avait à traiter des minerais fusibles, le charbon étant compacte et la machine soufflante d'une grande puissance. La force de la machine soufflante entre pour beaucoup dans la détermination des dimensions du fourneau. En effet, si nous supposons cette machine telle que l'on puisse faire varier la vitesse du vent proportionnellement à la compacité du charbon, les dimensions du fourneau doivent être déterminées d'après la quantité de combustible brûlée à la fois, tandis que la nature du minerai ne semble influer que très faiblement sur cette détermination. On conçoit, en effet, que la hauteur du fourneau doit augmenter avec la consommation du charbon, pour que toute la chaleur produite soit consommée. D'après ces principes, on voit qu'en augmentant le vent, on peut augmenter de beaucoup la capacité du fourneau : cette augmentation a cependant une limite en rapport avec la friabilité du charbon, qui, étant trop tassé, opposerait un obstacle mécanique à l'action du vent. On peut donc admettre comme certain qu'*il serait avantageux* de donner aux fourneaux plus de hauteur qu'on ne le fait généralement; mais il faut en même temps employer des machines plus puissantes, ce que les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

localités ne permettent pas toujours. Dans l'ouvrage de Karsten, que nous avons déjà cité, il dit « qu'une machine » soufflante donnant 37 mètres cubes d'air par minute, pa- » rait assez puissante pour un fourneau à charbon de bois de » $12^m,55$ de hauteur, sur une largeur au ventre de $3^m,14$ à » $3^m,76$. La vitesse du vent étant supposée proportionnée à la » nature du charbon, des soufflets qui ne fournissent que 6 à » 9 mètres cubes d'air par minute, peuvent activer à peine un » fourneau de $6^m,27$ de hauteur sur une largeur au ventre de » $1^m,56$. Si la force motrice est petite, il faut donner au four- » neau d'autant moins de hauteur que le charbon est plus » compacte, puisqu'on est obligé de proportionner la vitesse » du vent à la densité du combustible, et de diminuer par » conséquent le volume d'air lancé dans le fourneau. »

Les dimensions des hauts-fourneaux dépendent, ainsi que nous venons de le faire entrevoir, principalement du volume d'air qu'on lance dans le fourneau; mais, pour établir la rela- tion qui doit exister entre leur hauteur et leur largeur, il faut prendre en considération la nature du minerai et du char- bon. Ainsi, de deux fourneaux de même hauteur, celui chargé en charbon pesant et en minerai fusible doit être plus large que celui qui fond des minerais réfractaires, et est alimenté par un charbon léger; il s'ensuit que les étalages du pre- mier seront plus longs que ceux du dernier. Si le vent est fort, les étalages doivent faire un angle d'au moins 60° avec l'horizon.

Les dimensions de l'ouvrage dépendent de celles du four- neau; un ouvrage qui serait trop élevé, pourrait occasionner la destruction des parois. Dans les fourneaux ordinaires, l'élé- vation de l'ouvrage au-dessus de la tuyère ne doit pas être au- dessous de $1^m,88$, et sa largeur à la tuyère plus de $0^m,47$. L'ouvrage est toujours évasé vers le haut, pour faciliter la descente des charges. La largeur à la partie supérieure est ordinairement un tiers plus grande que celle prise à la hauteur de la tuyère. Tels sont les principes fondamentaux qui doi- vent guider dans le choix des proportions d'un fourneau. Il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est quelques circonstances qui apportent des modifications que l'on ne peut prévoir, et que l'expérience seule fait connaître. Les fig. 1, 2, 3 et 4, Pl. 29, représentent un fourneau construit depuis peu de temps dans le Nivernais, qui donne des résultats très avantageux.

La maçonnerie intérieure s'appelle les *parois*. Elles sont construites en pierres ou en briques très réfractaires. Ces parois ne s'appuient pas immédiatement contre le muraillement extérieur; elles en sont séparées par une couche de sable, de fraisil, ou de scories pilées. Cet isolement des parois a le double but de concentrer la chaleur, parce que l'air qui circule entre elles et le muraillement est mauvais conducteur du calorique; et de permettre aux parois de se dilater sans se fendre, et sans faire ouvrir l'enveloppe extérieure, ce sable pouvant être déplacé facilement. Ce genre de construction offre aussi l'avantage de pouvoir réparer l'intérieur du fourneau sans toucher au muraillement.

Quantité d'air consommé par un haut-fourneau, et vitesse qu'il doit avoir. Le choix de la machine soufflante est, d'après ce que nous avons dit, de la plus grande importance pour la prospérité d'une usine. (Nous les décrirons avec quelque détail, à l'article qui leur sera consacré.) Les meilleures, c'est-à-dire celles qui fournissent le plus de vent avec le moins de dépense de force, sont les cylindres à piston. Il est cependant encore un grand nombre d'usines qui sont alimentées par des soufflets en bois, et dans lesquelles on pourrait, avec le même cours d'eau, faire marcher des machines à pistons qui, en fournissant une plus grande quantité de vent, permettraient d'augmenter la hauteur des fourneaux, et en amélioreraient la marche.

La quantité de fonte produite, dépendant de la quantité d'air lancé dans le fourneau, *et vice versâ*, on peut, connaissant la capacité d'un fourneau, calculer les dimensions de la machine soufflante. Les bases de ce calcul sont fondées sur la quantité d'oxigène nécessaire pour brûler 100 parties pondérées de charbon, et le transformer en gaz acide carbo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nique. Ces calculs conduisent à conclure qu'un fourneau produisant 16396 kilogrammes de fonte par semaine, et le quintal métrique de fonte consommant 1104^{lit}83 de charbon, la quantité d'air lancé par jour, devra être de 42154 kilogrammes d'air, ou de 58^{lit}8528 par minute, correspondant à 1395 pieds cubes. Les fourneaux français de 25 pieds ne consomment ordinairement que 800 à 1000 pieds cubes par minute, quantité trop faible généralement.

La pression de l'air lancé dans le fourneau pour brûler les différentes espèces de charbon avec la vitesse convenable, et produire le *maximum* de chaleur, doit varier avec la qualité du charbon. Nous manquons d'expériences à cet égard; mais cependant M. Karsten admet dans son traité, qu'en général, les colonnes d'eau faisant équilibre à ces pressions, doivent avoir les hauteurs suivantes :

Espèces de charbons.	Hauteurs des colonnes d'eau.
Charbon de sapin, très léger.....	o^{m},31 à o^{m},46
Charbon de sapin de bonne qualité.....	o ,46 à o ,65
Charbon de pin sylvestre et de bois dur.	o ,63 à o ,94
Coke tendu et facilement inflammable..	1 ,25 à 1 ,88
Coke dur et compacte.....	1 ,88 à 2 ,51

Travail des hauts-fourneaux. Avant de mettre un fourneau en feu, il faut avoir soin que la provision en minerai, en charbon et en fondant, soit telle qu'on n'en manque pas dans le courant d'un fondage; car ce défaut de prévoyance feraît éprouver une grande perte; il faudrait *boucher* le fourneau pour empêcher la déperdition de chaleur, et en même temps pour consommer peu de combustible. Quelque soin qu'on prenne, ce bouchage est très désavantageux, non-seulement parce que la température du fourneau s'abaisse, mais, en outre, parce que les gaz ne s'échappant pas librement, font éprouver à la maçonnerie une pression assez grande qui tend à la dégrader.

Les charbons doivent être mis sous des hangars, pour qu'ils n'absorbent pas une trop grande quantité d'humidité;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les minerais, lorsqu'ils sont en grains, doivent avoir été lavés pour en séparer la partie argileuse qui souvent les empâte. Cette opération, toujours très simple, consiste en un débourbage que l'on effectue en les agitant dans l'eau avec une machine appelée *patouillet*, composée d'un arbre en bois sur lequel sont implantés des bras en fer. Cet arbre tourne dans une large cuve où est placé le minerai de fer, et dans laquelle arrive un courant d'eau qui emporte l'argile.

Pour les autres minerais, il est presque toujours utile de les griller; mais, comme cette opération est pratiquée dans le travail à la houille, nous l'indiquerons en le décrivant.

Les fondans consistent en calcaire appelé *castine* par les fondeurs, et en argile connu sous le nom d'*herbue*. Le premier de ces fondans est le plus habituellement employé, parce que les minerais de fer sont en général argileux. Les essais et les analyses que nous avons indiqués à l'article Fer, donnent les moyens de reconnaître la teneur et la composition du minerai, et par conséquent quel est le fondant qu'il convient d'employer ainsi que la proportion qu'il faut ajouter au minerai. Ayant fait l'approvisionnement du fourneau pour la campagne, on procède à sa mise en feu, qui ne saurait être faite avec trop de précautions. On commence par le sécher avec beaucoup de soin, surtout si le fourneau est récemment construit. On ferme d'abord l'ouverture de la tuyère, pour empêcher qu'il ne se fasse un courant d'air. Après avoir nettoyé le creuset, on allume extérieurement au fourneau un feu de bois sec très doux, qu'on approche successivement de l'ouvrage. On doit laisser écouler plusieurs jours avant de porter le feu dans le creuset, pour que l'humidité soit en grande partie dégagée. C'est à cette époque qu'on commence à jeter le charbon embrasé dans l'intérieur du creuset. On emplit ensuite l'ouvrage avec du charbon, en ajoutant successivement de nouvelles couches de charbon, à mesure que la dessiccation s'avance, et que la température du fourneau augmente.

On charge sans ajouter de minerai, jusqu'à ce que tout le fourneau soit rempli de charbon. Si le fourneau est très

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grand et que les parois n'aient pas été renouvelées, on peut abréger l'opération en remplissant la cuve en une seule fois, lorsque le charbon est arrivé à moitié ou aux deux tiers de la hauteur.

L'opération du *chauffage* terminée, opération qui dure de huit jours à trois semaines, suivant les réparations qu'on a fait subir au fourneau, on ajoute à chaque charge une petite quantité de minerai qu'on augmente successivement.

Lorsque le métal paraît dans l'ouvrage, on nettoie le creuset, on place la *dame*, pierre ou masse de fonte qui en ferme l'entrée, et l'on bouche le trou de la coulée avec de l'argile mélangée de poussière de charbon.

On commence alors à donner le vent. On fait d'abord marcher les machines soufflantes avec beaucoup de lenteur, afin que la température, vu la faible charge du minerai, ne puisse s'élever assez fortement pour mettre en fusion les pierres de l'ouvrage et des étalages. On augmente le vent à mesure que les charges plus fortes se présentent dans l'ouvrage; mais ce n'est qu'au bout de trois à quatre jours qu'il doit recevoir la vitesse proportionnée à la densité du combustible. Le fondeur doit avoir soin de nettoyer le creuset, afin que la fonte et le laitier, à mesure qu'ils coulent, puissent s'y loger, et en remplir peu à peu toute la capacité.

Il faut prendre garde à ne pas surcharger le fourneau en minerai pendant les premiers jours de sa mise en feu, attendu que la chaleur n'étant pas encore assez élevée, il pourrait se former des engorgemens qui nuiraient beaucoup à sa marche régulière, et auraient peut-être de l'influence sur toute la campagne. Lorsque le fourneau a acquis le degré de chaleur convenable, une surcharge accidentelle ne saurait avoir de suites aussi graves, parce que les murs peuvent céder une partie de leur calorique. A mesure que le charbon brûle et que le minerai se fond, ce qu'on exprime en disant que les charges descendent, il se forme un vide dans le gueulard. Il faut faire les charges de manière que ce vide ne devienne pas tel qu'en remplissant le fourneau, il puisse se refroidir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut mesurer exactement le minerai et le charbon composant une charge. Les charges ne doivent être ni trop fortes ni trop petites : dans le premier cas, elles refroidiraient le fourneau; dans le second, le minerai descendrait obliquement, et occasionnerait des chutes qui peuvent nuire à la marche régulière du fourneau.

Quand le laitier est arrivé à la hauteur de la *dame*, on l'arrache avec un ringard, ou avec un crochet appelé *croard*, parce que le premier laitier est ordinairement visqueux. Au bout d'un certain temps, lorsqu'il est devenu assez liquide et assez chaud, il coule à mesure qu'il s'accumule dans le creuset. La fonte étant plus pesante que le laitier, va toujours à la partie inférieure du creuset, dans lequel elle s'élève peu à peu. Quand elle est arrivée jusqu'à la surface de la dame, on se prépare à faire la coulée : pour cela, le fondeur, après avoir fait les rigoles dans lesquelles la fonte doit être moulée, nettoie la tuyère, ainsi que l'ouvrage, c'est-à-dire qu'il enlève les masses durcies et les laitiers visqueux qui s'y sont attachés; puis il arrête le vent. Il perce alors le trou de la coulée, en y enfonçant des ringards à coups de masse; opération souvent difficile, parce que la coulée est obstruée par de la fonte et des laitiers figés; la fonte s'échappe avec rapidité, et s'écoule dans les moules qui lui ont été préparés. Lorsque la fonte doit être raffinée, les moules ont la forme d'un prisme triangulaire très alongé, et le solide de fonte qu'on obtient s'appelle *gueuse*.

Lorsque le creuset est vide, on rebouche le trou de la coulée, on remplit le creuset de charbon allumé, on ferme la tympe, on débouche la tuyère, et on fait aller les machines soufflantes.

La fonte obtenue aux premières coulées est ordinairement blanche, bien que la proportion du minerai soit très faible relativement à la quantité de charbon, circonstance due à ce que la température n'est pas encore assez élevée. Ce n'est que lorsque la chaleur est arrivée à son point, que le fourneau prend une marche uniforme et donne de la fonte grise, si d'autres causes ne s'y opposent pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand la fonte est destinée à l'*affinage*, c'est-à-dire à être transformée en fer forgé, on coule la *gueuse* régulièrement toutes les douze, dix-huit ou vingt-quatre heures, selon la rapidité de la descente des charges, la capacité du creuset, et la richesse du minerai. Lorsqu'au contraire cette fonte est destinée au moulage, on ne peut avoir cette régularité, parce qu'on dépend des mouleurs. Dans ce cas, il est souvent impossible de faire couler directement la fonte dans les moules, et le plus ordinairement les ouvriers puisent la fonte dans l'avant-creuset avec des *poches* ou *cuillères* en fer, enduites intérieurement d'une couche d'argile.

La capacité du creuset est très variable; la quantité de métal qu'il contient est comprise entre 600 et 2500 kilogrammes.

Nous avons dit, au commencement de cet article, que la fonte blanche était plus facilement transformée en fer que la fonte grise, et que cette dernière était surtout propre au moulage. Une chose très intéressante pour le fondeur, est donc de pouvoir obtenir de la fonte blanche ou grise à volonté.

La fonte blanche est ordinairement le résultat d'un manque de chaleur qui ne lui a pas permis de se convertir en fonte grise; on l'obtient dans deux circonstances, quand le fourneau ne chauffe pas assez, soit à cause de sa forme ou de l'insuffisance des machines soufflantes, soit parce que la quantité de minerai est trop forte relativement à la proportion de charbon. Quand donc la forme et les machines soufflantes sont convenables, on peut, en augmentant le vent ou la quantité de charbon, ou tous les deux à la fois, obtenir de la fonte grise; on aura, au contraire, de la fonte blanche, en diminuant la quantité de vent et en *surchargeant* en minerai.

Des signes auxquels on reconnaît la marche d'un fourneau. La marche d'un fourneau se décèle par certains signes qu'il faut observer avec soin, car c'est par eux seuls qu'on prévient les accidens et qu'on règle sa marche.

1°. *Si la flamme qui sort par le gueulard* est faible, on est averti que le vent retenu ne peut s'élever avec assez de vitesse, alors la cuve est froide et les minerais ne sont pas assez pré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parés à la fusion; ce qui peut être attribué à la faiblesse du vent, à la qualité du charbon qui est trop menu, ou à la pente des étalages, qui est trop raide. Dans les deux premiers cas, on y remédie en augmentant la vitesse du vent, ou en chargeant du charbon plus fort. Quant à la pente des étalages, on est obligé de les laisser ainsi pendant toute la campagne.

2°. *Si la flamme se porte tout d'un côté*, on peut en conclure que la cuve est engorgée ou que les étalages sont inégalement inclinés, ce qui donne lieu à des éboulemens et à des descentes précipitées.

3°. *Une flamme sombre et pâle*, accompagnée d'une fumée visible, indique un manque de chaleur et une surcharge de minerai.

4°. *La poussière* qui sort du gueulard et qui tombe sur la plate-forme, indique aussi, par sa plus ou moins grande abondance, le degré de force avec lequel le vent s'élève au milieu des matières.

5°. *La flamme qui sort de la tympe*, lorsqu'elle est très forte, indique que le minerai est chargé en trop forte quantité, ou bien que la chaleur se concentre dans l'ouvrage. Lorsque le fourneau marche bien, tout le vent s'élève dans la cuve et on n'aperçoit pas de flamme à la tympe.

L'aspect de la tuyère et celui du laitier donnent au fondeur les indices les plus sûrs pour reconnaître la marche de son fourneau.

6°. Lorsque *la tuyère est claire*, et tellement brillante qu'au premier coup d'œil on ne puisse distinguer les matières qui sont dans l'intérieur du fourneau, la marche est bonne.

7°. Si, *la tuyère étant claire*, il s'y attache des masses durcies qu'on soit obligé d'enlever de temps à autre, afin qu'elle ne soit pas obstruée, il ne reste pas de doute que les minerais ne soient difficiles à fondre. Il faut donc, dans ce cas, augmenter le vent ou charger un mélange de minerais et de fondans qui soit plus fusible.

8°. *Si la tuyère cesse d'être claire et brillante*, que l'on distingue au premier coup d'œil les matières contenues dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

foyer, et que la couleur soit rougeâtre, le fourneau est surchargé en minerai. Le laitier est alors corrosif, bouillonne devant la tuyère et l'obstrue continuellement. Le laitier, très liquide d'abord, se fige promptement, quelquefois même dans l'intérieur du foyer, et finit par arrêter la descente des matières : alors la fonte se refroidit et forme des masses de fer demi-affinées, dont il faut se débarrasser à force de travail. On doit, dans cette circonstance, diminuer considérablement la charge de minerai pour réchauffer le fourneau.

9°. Lorsque les scories forment au-dessus de la tuyère une voûte appelée *nez*, il s'ensuit une décarburation de la fonte qui s'affine et se fige au-dessus de la tuyère. Cet effet est dû à un échauffement du fourneau ou à une surcharge de minerai. Dans le premier cas, on se contente de nettoyer la tuyère de temps en temps; dans le second, il faut augmenter la quantité de charbon, car le fourneau court risque de s'engorger.

10°. *La couleur du laitier* variant avec le minerai, ne peut pas donner de renseignemens positifs; cependant, sa couleur la plus habituelle est le vert et le bleuâtre. Dans le travail au charbon de bois, le seul qui nous occupe dans ce moment, le laitier est toujours vitreux, à moins qu'il ne soit soumis à une chaleur trop forte ou trop faible. Quand le laitier se rembrunit, qu'il perd son éclat vitreux, et qu'il devient terreux et caverneux, on est averti que le point où s'effectue la fusion est descendu trop bas, que le fourneau se dérange entièrement, et qu'il s'agglutine des masses qui engorgent le fourneau. Dans ce cas, il faut travailler par la tuyère et diminuer la quantité de minerai pour réchauffer le fourneau. Si les matières agglutinées ont fermé l'ouvrage, de manière à ne plus laisser de passage à l'air, on est obligé de mettre hors.

La mise hors d'un fourneau doit se faire aussi avec soin, pour que toutes les matières ne se prennent pas en masse : il faut diminuer successivement la quantité de minerai; et c'est lorsque le fourneau ne contient plus que du charbon, qu'on cesse les charges et qu'on éteint le fourneau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2°. *Fonte des minerais au moyen du coke.*

La houille ou charbon de terre ne peut être employé directement à la fusion des minerais de fer, on est obligé de la débarrasser du bitume qu'elle contient par une carbonisation, appelée improprement, par quelques personnes, *désoufrage;* car le dégagement du soufre n'est qu'une partie accessoire, et une houille qui ne contiendrait aucune pyrite, aurait besoin d'être soumise à ce genre d'épuration.

Les houilles très mélangées de matières terreuses ne peuvent servir au travail du fer; car, lorsqu'elles sont carbonisées, les matières terreuses sont alors en proportion telle que le *coke* qu'elles produisent, ne peut développer la chaleur nécessaire aux hauts-fourneaux. Il faut donc apporter un grand soin dans le choix de ce combustible. La manière de le carboniser peut aussi avoir de l'influence sur la qualité de ce charbon; nous décrirons à l'article Houille, les différens procédés employés, ainsi que la qualité du coke qui en résulte.

Des hauts-fourneaux à coke. Cette espèce de charbon étant moins facilement combustible que le charbon de bois, et exigeant que la pression à laquelle l'air lancé dans le fourneau est soumis, soit beaucoup plus forte que pour le charbon de bois, il s'ensuit que pour que toute la chaleur produite par le combustible soit mise à profit, les fourneaux à coke doivent être plus élevés que ceux qui marchent au moyen du charbon de bois. Leur hauteur varie ordinairement entre 13 et 16 mètres. Quelques-uns ont jusqu'à 20 mètres d'élévation; mais, dans ces derniers, on a l'habitude d'ajouter de grosses pièces de fonte manquées, et c'est pour qu'elles aient le temps de fondre qu'on leur donne cette hauteur.

La largeur du ventre de ces fourneaux est plus grande que celle des hauts-fourneaux à charbon de bois, parce que le coke étant plus compacte, est déplacé moins facilement par le courant d'air. Quant à la pente des étalages, elle doit être moins rapide; sans cela, les matières n'ayant pas un appui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffisant, glisseraient sur le plan incliné des étalages, et se resserreraient de manière à fermer le passage à l'air. L'inclinaison doit être telle que le plan des étalages fasse un angle de 66 à 70° avec l'horizon.

L'ouvrage, plus élevé que dans les fourneaux à charbon de bois, varie de $1^m,88$ à $2^m,15$; sa largeur, également plus grande, sera portée à $0^m,57$ à la partie près de la tuyère. Si on le faisait plus étroit, la chaleur produite dans ce point serait trop considérable, et il serait presque impossible de se procurer des matières assez réfractaires pour y résister.

Dans ces fourneaux, pour brûler avec la rapidité convenable les charbons placés sur le contre-vent, et afin de ne pas augmenter outre mesure la pression de l'air, on met deux tuyères opposées. Il est probable que, dans le travail au charbon de bois, l'introduction de deux tuyères serait une innovation favorable, parce qu'elle permettrait d'augmenter la hauteur des fourneaux; bien entendu qu'il faudrait aussi augmenter la quantité de vent lancé dans le fourneau.

En Angleterre, on a essayé d'employer trois tuyères: une placée du côté opposé au travail, désigné par le nom de *rustine*, et les deux autres sur les deux faces appelées *ouvrage*. Le résultat ne peut manquer d'être favorable, si le foyer a de grandes dimensions, et si la quantité d'air produite par les machines soufflantes est suffisante. Jusqu'ici ces fourneaux à trois tuyères ne se multiplient pas, et quelques-uns même ont été réduits à deux.

La forme des fourneaux, la disposition des canaux d'accrochement, l'isolement de la cuve du muraillement, sont entièrement les mêmes que pour les fourneaux à bois, ainsi qu'on peut le voir en comparant les fig. 5 et 6, Pl. 29, qui représentent le plan et la coupe d'un haut-fourneau à coke des environs de Dudley, dans le Staffordshire, comté renommé par la quantité de fonte qu'il produit et par sa qualité.

La quantité de vent consommé par les fourneaux à coke varie de 1300 à 1800 pieds cubes par minute, suivant la compacité du charbon, et le plus ou moins de fusibilité du mi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nerai. Un fourneau semblable à celui des fig. 5 et 6, Pl. 29, exige 1500 pieds cubes d'air. Un fourneau du pays de Galles, de dimensions à peu près semblables, en consomme 1700 pieds cubes.

Grillage des minerais. Cette opération a généralement pour but de diminuer la force de cohésion, et de faciliter ainsi l'influence que la chaleur et le carbone doivent avoir sur l'oxide de fer et la gangue qui l'enveloppe. Le minerai perd en outre, par le grillage, l'eau et l'acide carbonique qu'il contient. Il serait utile d'y soumettre tous les minerais, même ceux désignés sous le nom d'*alluvion*, ainsi qu'on le fait au Creusot; mais cette opération est indispensable pour les minerais durs, tels que le fer magnétique et le fer oligiste, qui n'éprouvent pas d'altération sensible par l'action de l'air, si ce n'est à la longue. Le fer spathique et les minerais des houillères pourraient, à la rigueur, ne pas être grillés, parce qu'ils se décomposent à l'air; cette décomposition étant très lente, le grillage en facilite beaucoup la fusion : aussi a-t-on l'habitude de les soumettre toujours à cette préparation.

Le grillage s'exécute à l'air libre, dans des enceintes de maçonnerie, ou dans des fourneaux. Le premier de ces procédés consiste à placer sur un sol dressé, et que l'on a couvert de combustible, des couches alternatives de minerai et de combustible. L'épaisseur de ces couches dépend de la qualité du combustible et du degré de chaleur que les minerais peuvent supporter sans entrer en vitrification. Les emplacemens de grillage s'entourent souvent de murs, pour empêcher que la chaleur ne soit inégalement répandue dans le tas de grillage, et que les parties exposées à l'action de l'air ne se vitrifient avant que les autres soient suffisamment grillées. On obtient, en outre, une économie dans le combustible par ces constructions. Enfin, on se sert de fourneaux, tantôt à réverbère, tantôt à cuve; lorsqu'ils sont construits de manière que le minerai puisse s'enlever par le fond, et que le travail continue sans interruption, ils ressemblent à ceux em-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ployés pour la cuisson de la chaux. Dans le pays de Galles, ces espèces de fourneaux sont très en usage. Les dispositions des localités sont telles dans ce pays, que le minerai extrait des mines est conduit par une descente légère dans les fourneaux de grillage, qui eux-mêmes sont placés de niveau avec la plate-forme des hauts-fourneaux et à une très petite distance. Pour effectuer ce grillage, on se sert toujours de menu charbon ou de charbon de qualité très inférieure.

Travail des fourneaux à coke. Le massif de ces fourneaux étant plus considérable que celui des fourneaux au bois, la mise en feu demande de plus grandes précautions; le coke brûlant plus lentement que le charbon de bois, la dessiccation est plus lente. Il faut avoir soin de ne pas précipiter cette opération, parce qu'on courrait risque de faire fendre les parois du fourneau, ce qui postérieurement nuirait beaucoup à la marche. La charge du minerai doit être graduée de manière que le fourneau ait acquis la chaleur convenable avant que l'on charge entièrement le minerai.

Le travail des hauts-fourneaux à coke, ainsi que les signes qui guident le fondeur, sont à peu de chose près les mêmes que pour le travail du charbon de bois. Nous ne nous étendrons donc pas davantage sur ce sujet. Nous engageons les personnes qui désireraient avoir des renseignemens plus circonstanciés, à lire ce que M. Karsten dit sur ce genre de travail, ainsi que le mémoire publié par MM. Dufrenoy et Élie de Beaumont, sur le travail du fer en Angleterre. Nous ajouterons quelques mots sur les laitiers de ces fourneaux.

Les laitiers des fourneaux à coke n'ont jamais la transparence de ceux des fourneaux à charbon de bois; ils sont en général compactes, terreux, d'un jaune grisâtre, quelquefois veinés de bleu; ils donnent une odeur argileuse quand on souffle dessus. Leur composition est différente; ils contiennent une plus grande quantité de chaux que les laitiers au charbon de bois. Ces derniers seraient entièrement infusibles s'ils en avaient cette proportion. Cette addition de chaux paraît surtout très favorable, quand les minerais ou le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charbon contiennent un peu de soufre, parce qu'il passe en partie dans le laitier, où il est probablement à l'état de sulfure de calcium. Des essais faits récemment en France tendent à prouver que l'augmentation de la chaux dans les laitiers au charbon de bois est aussi très favorable ; il faut, dans ce cas, augmenter la température du fourneau, soit en augmentant de beaucoup la quantité d'air qu'on a l'habitude de donner au fourneau, soit en rétrécissant un peu l'ouvrage.

La plupart de ces laitiers, très chargés de chaux, tendent à cristalliser, et les parties cristallines analysées ont donné des proportions entre les composans qui rapprochent beaucoup la composition de ces laitiers des pyroxènes à base de chaux.

La fonte obtenue au coke est en général plus foncée que celle produite par les fourneaux au charbon de bois ; elle est également plus douce et plus favorable à employer pour le moulage. On peut, suivant qu'on charge davantage en minerai et qu'on donne une pente plus rapide aux étalages, obtenir une fonte moins grise, que l'on destine à être affinée. Dans tous les cas, cette fonte est encore beaucoup moins facile à transformer en fer, que la fonte obtenue dans les fourneaux au bois.

Affinage de la fonte.

Le but principal de l'affinage est de séparer, par des oxidations successives, le carbone, avec lequel le fer est combiné dans la fonte, ainsi que les différentes autres substances qui sont alliées à ce métal, telles que les scories, le soufre, etc. L'affinage sera donc plus ou moins prompt, suivant la quantité de ces matières étrangères ; mais c'est surtout l'état du carbone dans la fonte qui accélère ou retarde l'affinage ; ainsi, lorsque le carbone est disséminé dans la fonte en combinaison dans toute la masse, comme dans la fonte blanche, l'affinage est facile ; il est au contraire très long, quand il est à l'état de graphite, comme dans la fonte noire. Dans ce dernier cas, le charbon ne brûlant presque qu'à la surface du bain,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la fonte doit être soumise plus long-temps à l'action oxidante de l'air. Il en résulte donc que, suivant le genre de fonte et suivant sa pureté, l'affinage est plus ou moins prompt, et entraîne dans une plus ou moins grande dépense de temps et de matières premières. D'après cet aperçu, on doit prévoir qu'il existe une assez grande variété dans les modes d'affinage en rapport avec la composition de la fonte. Il y a des affinages à une, à deux et à trois opérations, c'est-à-dire dans lesquels la fonte est soumise à une fusion et une oxidation, deux fusions et deux oxidations, etc. Mais tous ces modes d'affinage se réduisent à deux bien distincts : l'affinage au charbon de bois, opéré dans les feux de forge, c'est-à-dire dans lequel la fonte est en contact avec le charbon, et celui pratiqué dans les fours à réverbère, où la fonte mise sur la sole des fourneaux est soumise seulement à l'action du courant d'air qui est aspiré par la cheminée. Cette dernière méthode semblerait devoir être la meilleure, puisque dans les feux d'affinerie ordinaire, le fer étant en contact avec le charbon, doit absorber de nouvelle quantité de carbone, et qu'ainsi sa séparation ne doit pas être complète. Cependant, il n'en est pas ainsi ; le fer fabriqué dans les affineries ordinaires est meilleur que celui obtenu dans les fourneaux à réverbère. Il paraît que les matières étrangères, telles que le soufre, le phosphore, les terres, sont oxidés et enlevés plus facilement par le courant d'air des machines soufflantes, et par la quantité assez considérable de scories que produisent les cendres du charbon. Nous allons indiquer successivement ces deux méthodes, et comme il nous serait impossible de décrire tous les procédés d'affinage différens qui s'exécutent avec le charbon de bois, nous donnerons seulement ici le procédé le plus généralement employé en France.

3°. *Affinage de la fonte au charbon de bois.*

La fonte s'affine dans des usines appelées *forges*, dépendantes quelquefois des hauts-fourneaux, mais formant souvent des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

établissemens particuliers. Une forge se compose de un ou plusieurs feux d'affinerie, des machines soufflantes nécessaires pour les alimenter, et des marteaux ou cylindres employés à comprimer le fer. L'aire du foyer est élevée de 30 à 40 centimètres au-dessus du sol; ses autres dimensions sont généralement de $1^m,88$ en longueur, sur un mètre de largeur. Il est surmonté d'une cheminée qui repose sur des pilliers (fig. 7 et 8, Pl. 30); la surface est recouverte de plaques de fonte, dans un coin desquelles est ménagée une ouverture, où l'on construit le creuset. On pratique un canal au-dessous du creuset pour l'assécher.

Les dimensions du creuset varient avec le genre d'affinage; en France, ils ont généralement de 84 centimètres de longueur, sur 63 à 68 de largeur, et de 23 à 18 de profondeur. La profondeur est très importante, parce que la coagulation de la fonte devient d'autant plus prompte que le creuset est moins profond; il s'ensuit que la fonte blanche exige des feux plus profonds que ceux dans lesquels on traite la fonte grise. Les quatre côtés du creuset ont reçu des noms particuliers; celui de la tuyère s'appelle *varme*; l'opposé est le *contre-vent*; la face de devant est celle du *chio* ou *laiterol*; enfin, celle de derrière, sur laquelle est ordinairement placée la fonte à affiner, s'appelle la *rustine*. Ces côtés sont recouverts de plaques de fonte rectangulaires; la plaque de devant est percée de plusieurs trous, par lesquels les scories peuvent s'écouler pendant le travail.

La position des plaques, surtout celle du fond, est plus importante que les dimensions du creuset. Le *contre-vent* et la *rustine* penchent ordinairement en dehors, afin qu'on puisse sortir avec plus de facilité la masse de fer agglutiné appelée *loupe*. Le fond est presque toujours horizontal; cependant si l'on affine une fonte très grise, on peut l'incliner légèrement vers la tuyère; on donne, au contraire, une légère pente vers le contre-vent, si la fonte qu'on travaille tend à se coaguler avant d'être entièrement épurée. En Champagne, on observe généralement cette dernière disposition.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La direction du vent et sa force sont les deux choses qui influent le plus sur le succès de l'affinage, non-seulement sous le rapport de l'économie de fonte et de combustible, mais aussi sur la qualité du fer.

La buse qui porte le vent ne va pas jusqu'à l'extrémité de la tuyère, afin que cette dernière soit rafraîchie; elle en est distante de 60 à 65 millimètres. La tuyère est placée plus près de la rustine que de la face du chio; sa position varie suivant la qualité de la fonte, attendu que, toutes choses égales d'ailleurs, on retarde le passage de la fonte à l'état de fer ductile, en rapprochant la tuyère du chio, et on l'accélère de la manière inverse; mais il ne faut pas abuser de ces moyens, surtout du dernier, parce qu'on porterait le point de fusion trop près de la rustine, ce qui rendrait la manœuvre plus difficile. La distance la plus avantageuse est à $0^m,23$ de la rustine.

Dans la plupart des forges on emploie deux buses, et il n'est que depuis peu de temps qu'on les remplace par une seule. « Les métallurgistes praticiens, dit M. Karsten (1), » prétendent qu'on doit affiner avec deux buses, afin d'ob- » tenir un vent croiseur; ils pensent que c'est la manière de » bien opérer; mais le croisement est plutôt nuisible qu'utile, » parce qu'il réduit en un seul point l'endroit du foyer où le » fer entre en fusion, et que le vent y est intermittent. Qu'on » ne prétende pas qu'avec deux buses on puisse donner au vent » une direction particulière; c'est à l'ouvrier de présenter au » courant d'air, traversant le milieu du creuset, les parties du » métal qui ne sont pas encore épurées. »

La tuyère avance toujours d'une certaine longueur dans le feu, afin d'éloigner de la varme le point de plus haute température. Elle dépasse ordinairement la varme de $0^m,068$ à $0^m,092$.

La bouche de la tuyère est demi-circulaire. On proportionne ses dimensions à la qualité de la fonte : lorsqu'elle est blan-

(1) Page 319 du second volume de la traduction, par M. Culmann.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

che et facile à se coaguler, la tuyère doit être étroite, et avoir au plus $0^m,046$ de longueur, sur $0^m,029$ de hauteur; si l'on affine de la fonte grise, cet orifice peut avoir de $0^m,052$, sur $0^m,033$.

La tuyère est rarement horizontale; elle plonge vers le fond; l'angle qu'elle fait avec l'horizon, varie avec la qualité de la fonte : plus elle est plongeante, plus le métal reste long-temps liquide; plus elle approche de l'horizon, et plus la fonte passe promptement à l'état de fer ductile. Il s'ensuit que la fonte blanche exige un vent plus plongeant que ne le demande la grise.

La quantité d'air nécessaire au raffinage, varie suivant la nature de la fonte et du charbon. Cette quantité doit être modifiée avec les différentes périodes de l'affinage. Ainsi une fonte grise de bonne qualité, exige pendant la fusion de 135 à 145 pieds cubes d'air; la fonte blanche en demande 145 à 155 pieds cubes. Quand on fait la pièce, il en faut suivant la nature de la fonte de 180 à 190; et quand on avale, de 215 à 225 : c'est la dernière opération que l'on fasse subir à la loupe.

On peut résumer ainsi les règles principales de la construction des feux (1) : l'emploi d'un vent rasant et d'un foyer de 18 centimètres de profondeur seulement, ne peut convenir que pour une fonte grise de la meilleure qualité. Si elle était un peu moins bonne, on ne changerait pas la position du fond, mais on donnerait à la tuyère une inclinaison de 6 millimètres à peu près; disposition recommandable dans tous les cas, parce qu'elle diminue le déchet.

Une fonte grise de mauvaise qualité, devrait être traitée dans un feu de 20 à 21 centimètres de profondeur et dont la tuyère serait très plongeante.

Un feu très profond de 23 à 24 centimètres et un vent rasant, ne doivent être employés que pour une bonne fonte blanche; mais il vaut mieux diminuer la profondeur du creuset et augmenter le plongement de la tuyère, réduire l'un à 22 cen

(1) Extrait de la Métallurgie du fer de Karsten, traduite par M. Culmann.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

timètres et donner à l'autre une pente de 10 millimètres, si toutefois on a pour but principal d'obtenir un très bon fer; lorsqu'on veut plutôt économiser la fonte, il faut préférer l'emploi d'un creuset profond.

Un feu, dont la tuyère élevée près de la varme de 23 centimètres au-dessus du fond, plonge de 10 millimètres, convient à l'affinage d'une fonte blanche impure, et peut servir aussi au traitement de la plupart des fontes mêlées, lorsqu'on veut obtenir un bon fer.

Si, malgré le plongement de la tuyère, on était obligé de baisser davantage le fond et de donner au feu 25 à 26 centimètres de profondeur, ce ne pourrait être qu'en affinant une fonte extrêmement blanche et très disposée à louper; mais il est rare que les dimensions ci-dessus indiquées ne puissent convenir.

Pour exécuter l'opération de l'affinage, on garnit la surface du creuset de petits charbons ou *fraisil*, on en recouvre aussi le fond, et on emplit le creuset de charbon. La gueuse à affiner, placée sur des rouleaux, pour qu'elle soit plus facile à manœuvrer, est avancée dans le creuset; lorsqu'elle est grise, on la place à 6 pouces de la tuyère. La fonte blanche en est tenue une plus grande distance. On met ordinairement dans le creuset de la *sorne* (scorie qui adhère à la loupe), provenant d'une opération précédente. On recouvre la fonte d'une mesure de charbon, et on fait aller les soufflets. La fonte ainsi exposée à l'action de la chaleur, se fond peu à peu et se rend dans le creuset. Pendant cette fusion, le métal étant exposé à l'action de l'air, une partie du charbon qu'il contient est brûlée. Aussitôt que la gueuse se liquéfie à son extrémité, on l'avance dans le creuset. Les scories s'accumulent dans le fourneau, et le fondeur doit les faire écouler s'il reconnaît que leur quantité est trop considérable; il faut qu'il ait soin d'en laisser une partie dans le feu pour empêcher l'oxidation et diminuer le crochet. Si la masse fondue est un peu dure, l'affineur augmente le vent; dans le cas contraire, il tâche de la soulever près de contre-vent avec un ringard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on a ainsi fondu une quantité suffisante de fonte pour une pièce, on commence le travail de la loupe, opération qui présente deux périodes différentes. Dans la première on soulève la masse à plusieurs reprises; dans la seconde, qu'on appelle *avaler* la loupe, on soulève le métal qui, déjà épuré, fond ensuite en bouillonnant.

Pour exécuter la première partie de l'opération, l'affineur, aussitôt que la fusion est achevée, enlève les petits charbons qui couvrent le devant de l'aire, met le fer à nu, et procède au travail de la loupe; pour cela, il la soulève avec un ringard et la rapproche de la face du contre-vent; il la tient ainsi soulevée avec un second ringard qu'il place en croix pour pouvoir la tourner à volonté. La masse ferreuse a reçu pendant la fusion le degré d'affinage convenable; elle se divise en trois ou quatre parties lorsqu'on la soulève, de sorte qu'elle présente une très grande surface à l'action de l'air, et peut être épurée en peu de temps. L'affineur retire les fragmens de métal du feu, y verse du charbon, et les place sur ce combustible nouveau. Selon leur degré d'affinage, il donne plus ou moins de vent, et jette, si le cas l'exige, une pelletée de batitures dans le feu. Les interstices laissés entre les morceaux de métal, sont remplis de charbon pour les empêcher de s'agglutiner. Le fer entre bientôt en fusion et se rend dans le creuset. Pour économiser le combustible, on garnit le pourtour du foyer de fraisil qu'on arrose fréquemment.

Quel que soit le degré d'affinage du métal fondu, il faut toujours le soumettre à la seconde opération que nous avons énoncée. Pour économiser le temps et le combustible, on a quelquefois essayé de s'en dispenser; mais l'expérience s'est prononcée presque toujours contre cette manière d'abréger le travail.

Pour avaler la loupe, on soulève la masse au-dessus de la tuyère, de manière que le vent passe au-dessous. L'affineur enlève alors avec son ringard la sorne attachée au fond du creuset, et renverse ensuite la masse sur les charbons embrasés, qu'il couvre de combustible frais. On donne un fort coup

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de vent pour produire un haut degré de chaleur qui fasse bouillonner le fer, le rendre à demi liquide et opère une séparation complète des scories et du carbone. L'activité des machines soufflantes, le bouillonnement de la masse qui présente au vent des points de contact nombreux, la haute température, tout concourt à l'épuration du métal. Le fer étant ainsi réuni dans le creuset, l'ouvrier en élève des lopins successifs en plongeant dans la masse une barre, autour de laquelle s'attache une quantité de fer suffisante pour les former. L'opération chimique est terminée, il ne s'agit plus que d'étirer le fer en barres par des opérations purement mécaniques, au moyen de marteaux ou de cylindres. Supposons, ce qui est plus général en France, que ce soit avec un marteau de la forme représentée par les fig. 9, 10, 11 et 12, Pl. 86; nous parlerons des cylindres en nous occupant de l'affinage dans les fourneaux à réverbère.

« Le marteau doit peser au moins 200 kilogram., et battre de 90 à 100 coups par minute (1). Sa panne doit se confondre avec la table de l'enclume qui doit avoir une légère inclinaison du devant à l'arrière.

» Quand on n'a pas divisé la loupe en lopins, en enfonçant une barre de fer froide dans la masse à laquelle s'attache du fer, ce qui fait appeler cette opération *affinage par attachement*, on profite de la chaleur de la loupe, pour lui donner une forme régulière et pour la couper en plusieurs parties qui puissent être maniées et forgées en barres avec facilité. On saisit ces lopins avec une grande tenaille appelée *écrevisse*, et on la traîne près de l'enclume. On la soulève et on la place sur la table de l'enclume, de manière que la partie qui était tournée vers la vanne soit couchée sur l'enclume, et que le côté opposé dont le fer est moins bon et bien moins soudé, éprouve d'abord l'action du marteau. Ses coups se succèdent lentement, pour aplatir la loupe et en faire sortir le laitier. Bientôt le mouvement est accéléré. Le forgeron avance alors, retire ou tourne

(1) Extrait de la traduction de Karsten.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la pièce de telle sorte que la surface en devienne uniforme. Il est aidé dans ce travail par un ouvrier qui soutient la masse avec le levier de fer et l'empêche de tomber. Cela fait, il la retourne sur sa longueur, de manière que le côté qui avoisinait le chio soit placé sur l'enclume, et que le marteau frappe sur celui de la rustine ; l'ouvrier maniant la pièce comme précédemment, fait agir le marteau avec toute sa vitesse. Cette opération s'appelle *cingler la loupe*.

» Le forgeron saisit ensuite la pièce avec la petite tenaille à cingler, la tourne de manière que le côté qui était en dessous dans le foyer, touche l'enclume, et que la surface opposée reçoive les coups de marteau qui doivent agir avec le maximum de vitesse. La pièce reçoit alors la forme d'un parallélipipède ; il la coupe en 4, 5 ou 6 morceaux. A mesure qu'on détache ces lopins, on les place dans le feu et on les dresse.

» Pour étirer ces lopins, on les chauffe au blanc soudant, et on en forme des *maquettes* qu'on refroidit dans l'eau et que l'on met de côté. Dans certaines usines, on ne procède à l'étirage de ces maquettes que pendant la fusion subséquente. Ailleurs on les étire de suite, ce qui est plus avantageux, parce qu'on profite de la chaleur qu'elles retiennent encore. L'étirage des maquettes et des barres s'exécute de la même manière. »

Un feu bien desservi doit occuper cinq ouvriers : un maître affineur, un marteleur, deux chauffeurs et un aide. Le travail commence dans la nuit du dimanche au lundi, et continue sans interruption jusqu'au samedi soir.

» Le déchet qui est très variable, dépend de la nature de la fonte et de l'adresse de l'ouvrier. Il peut s'élever jusqu'à 40 %, mais souvent il n'est que de 26 %. La consommation de charbon dépend également de l'habileté de l'ouvrier et de la qualité de la fonte ; elle est assez habituellement d'un mètre cube 847 de charbon par 100 kilogrammes de fer ductile. La quantité de fer forgé dépend non-seulement de l'habileté des ouvriers, mais aussi de la puissance des machines soufflantes, du poids et de la vitesse du marteau, de la qualité de la fonte, de celle du combustible et de la dimension du fer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque ces circonstances ne sont pas défavorables, un feu produit, par semaine, de 2500 à 3000 kilogrammes de fer en barres.

4°. *Affinage à la houille dans les fours à réverbère.*

Le charbon de bois étant fort rare en Angleterre, et la houille y étant répandue, au contraire, avec une grande profusion, les Anglais sont les premiers qui aient essayé d'employer ce combustible minéral dans le travail du fer. Des essais malheureux leur ayant appris que l'on ne pouvait affiner entièrement le métal dans des feux d'affinerie, au moyen du coke, parce que le fer qu'on obtenait, était toujours rouverain, et se soudait très mal, on a substitué aux feux d'affineries les fours à réverbère; toutefois, comme la fonte très grise que produisent les hauts-fourneaux anglais serait difficile à traiter dans les fours à réverbère, qu'elle exigerait trop de temps, et subirait un trop grand déchet, on a divisé l'affinage en trois opérations; la première s'exécute dans des fourneaux analogues aux affineries ordinaires, appelés *fineries*, les deux autres dans des fourneaux à réverbère.

Les *fineries* (REFINERY FURNACE) sont composées d'un massif de maçonnerie, qui peut avoir neuf pieds carrés, il est élevé de trois pieds au-dessus du sol. Le creuset placé au milieu de ce massif a 2 pieds et demi de profondeur. Il est rectangulaire, ses dimensions sont en général de 3 pieds sur 2, il est formé de plaques de fonte recouvertes d'argile; la cuve se rétrécit au-dessus de la tuyère, forme qui augmente l'effet du combustible; le creuset porte sur le devant un trou, par lequel on fait couler les scories et le métal fondu; un mur en briques est construit du côté de la tuyère; quant aux trois autres faces, elles sont fermées avec des portes en tôle, fixées dans les piliers en fer, qui soutiennent la cheminée dont les fineries sont surmontées.

La tuyère est placée à la hauteur du foyer; son embrasure est garnie de plaques de fonte doubles, entre lesquelles circule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un courant d'eau, pour éviter qu'elle ne brûle, souvent aussi on fait circuler de l'eau autour du creuset, pour la même raison. On donne le vent au moyen de deux buses; quelquefois aussi il y a deux tuyères, disposition qui paraît avantageuse. Les tuyères sont inclinées de 20 à 25°, vers le fond du creuset, de manière à plonger sur le bain. La quantité d'air lancé est à peu près de 200 pieds cubes par minute.

Pour exécuter cette première opération, après avoir nettoyé le creuset, on le remplit de coke, sur lequel on pose des morceaux de fonte de 20 à 25 kilogrammes qu'on recouvre d'un amas de coke en dôme; on met le feu; au bout d'un quart d'heure, quand il s'est communiqué partout, on donne le vent; à mesure que le coke brûle, on en ajoute de nouveau. Cette opération simple consiste seulement à tenir la température assez élevée pour que la fonte soit toujours liquide; pendant cette fusion on voit continuellement les charbons se soulever, mouvement dû à l'action du vent et au boursouflement qu'éprouve la fonte par le dégagement des gaz carbonés. Lorsque toute la fonte est en fusion, ce qui arrive ordinairement au bout de deux heures à deux heures et demie, on ouvre la percée, et le métal coule dans un emplacement pratiqué sur le devant du fourneau, de manière qu'il forme une plaque épaisse de 2 pouces à 2 pouces et demi; une petite couche de scories le recouvre; on jette de l'eau pour le refroidir promptement. La fonte, qu'on appelle alors *fine-métal*, est devenue très blanche, sa cassure est rayonnée, et elle est souvent très caverneuse. La fonte, par cette opération, a déjà subi une première épuration; mais l'objet essentiel, c'est qu'elle a éprouvé un changement dans le mode de combinaison du fer avec le carbone.

Les scories qui accompagnent le fine-métal sont noires et entièrement analogues à celles qui sortent des affineries ordinaires.

La charge varie de 13 à 15 quintaux métriques, la perte est évaluée de 12 à 15 pour cent; la quantité de houille consommée est environ de 200 à 250 kilogrammes pour 1000 de fonte; la durée d'une opération est de deux à trois heures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La seconde opération de l'affinage, appelée *puddlage*, s'exécute dans un fourneau à réverbère, fig. 3, 4 et 5, Pl. 30, désigné sous le nom de *fourneau à puddler* (1) (PUDDLING FURNACE), qui ne diffère des fours à réverbère ordinaires que par la forme de la sole et par leur plus faible tirage; leur cheminée n'a que 24 pieds de haut; la sole, qui est presque horizontale, n'offre qu'une légère pente pour l'écoulement des scories. On adapte à ce fourneau un registre P (fig. 3), pour modifier ou intercepter le passage de la flamme pendant le travail. La porte du travail doit s'abaisser et se soulever facilement, pour intercepter le passage de l'air.

La sole est en sable gras, assez réfractaire pour ne pas se liquéfier, et cependant pas assez pour se réduire en sable en se mêler au fer. Dans quelques usines, cette sole est en scories pilées; l'avantage le plus grand qu'on retire de cette innovation, c'est que la sole étant déjà saturée de fer, n'en absorbe plus. Le pont, qui a 10 à 11 centimètres de hauteur, protége le fer contre l'influence de l'air froid.

Le fourneau étant échauffé par des opérations antérieures, on place des morceaux de fonte les uns sur les autres, de manière à former des piles qui montent jusqu'à la voûte; il ne doit pas exister une grande distance entre les morceaux, parce que la flamme y passerait trop vite et occasionnerait une trop vive oxidation; on laisse le milieu libre pour pouvoir brasser la matière qui se fond successivement. On ferme la porte et l'on ouvre le registre, de manière à donner un coup de feu très fort pour accélérer la fusion.

Au bout de vingt minutes environ le fine-métal est parvenu au rouge-blanc, et ses angles commencent à entrer en fusion; il tombe alors des gouttelettes de fonte sur la sole du fourneau; l'ouvrier ouvre la porte, et, avec une barre de fer élargie à son extrémité comme une spadelle, il enlève les morceaux de fine-métal qui commencent à fondre, et continue ainsi jusqu'à ce que tout le métal soit dans une fusion épaisse; alors il

(1) Ce mot est tiré de l'opération de brasser le fer, qui s'exprime en anglais par *to puddle*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ferme le registre pour intercepter le courant d'air, et il ôte même le feu pour abaisser la température du fourneau; l'ouvrier remue ensuite continuellement le métal fondu qui se boursoufle et laisse dégager une quantité considérable de gaz oxide de carbone, que l'on aperçoit par la flamme bleue qui existe à la surface du bain. Le métal s'affine peu à peu et devient moins fusible; les ouvriers continuent à brasser le métal jusqu'à ce qu'il soit réduit entièrement en petits grains isolés analogues à du sable. Lorsqu'il est dans cet état, on rétablit le feu, et l'on ouvre le registre : la température augmentant peu à peu, le métal commence à se ramollir et à s'agglutiner; le fondeur prend alors avec sa spadelle un noyau de métal et le fait rouler sur la sole, de manière à ce qu'il ramasse d'autre fer et forme une *balle* ou une *loupe*, du poids de 30 à 35 kilogrammes; il place cette balle dans la partie du fourneau qui reçoit la plus grande chaleur; il transforme ainsi en balles toute la charge, qui peut être de 170 à 200 kilogrammes. Lorsque ces balles sont suffisamment échauffées, l'ouvrier les prend successivement avec une tenaille et les porte soit sous le marteau, soit sous les cylindres dégrossisseurs, qui sont représentés par les fig. 1 et 2, Pl. 30. La compression qu'éprouve le fer est si grande que les scories jaillissent avec force. Les cylindres cannelés présentent des rainures dont la surface diminue successivement. La première A, sur laquelle on passe la balle au sortir du fourneau, est ellipsoïdale; elle ne fait pas tout le tour des cylindres : l'un d'eux porte un plan incliné qui forme une résistance sur laquelle la balle s'appuie pour s'alonger. Un ouvrier la met entre les cylindres, un second, placé de l'autre côté, la reçoit et l'introduit de nouveau entre eux; il la passe ainsi cinq à six fois, en ayant soin de rapprocher les cylindres à chaque fois au moyen d'une vis de pression. On la fait passer ensuite entre les autres rainures, de manière que le fer soit étiré en barres plates d'un demi-pouce d'épaisseur et de 3 pouces de largeur.

Dans un grand nombre d'usines, en général, dans celles du Staffordshire, les marteaux sont encore en usage pour com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mencer à forger la loupe et la transformer en pièce ; mais celle-ci est immédiatement étirée en barres sous les cylindres. Le fer est encore très impur et ne pourrait être employé dans cet état ; pendant qu'il est encore rouge, on le recoupe en barres dont la longueur est proportionnelle à l'échantillon de fer que l'on veut produire, et on place plusieurs de ces barres, ordinairement quatre, l'une sur l'autre pour les souder. Cette troisième opération s'exécute dans des fourneaux à réverbère plus longs que les fourneaux à puddler. Quand ces barres sont parvenues à la chaleur nécessaire au soudage, on les sort du fourneau, et on les étire entre les cylindres, en les faisant passer dans des cannelures dont les dimensions diminuent progressivement. Nous avons donné dans les fig. 1 et 2, Pl. 30, le dessin des différens cylindres nécessaires à une forge.

Un fourneau à puddler est desservi par trois ouvriers. On peut passer dix charges par jour. Une machine de compression emploie quatre ouvriers ; elle suffit pour étirer le fer que produisent six, huit et même seize fours à réverbère.

Cette méthode d'affiner, appelée *affinage anglais*, est beaucoup plus expéditive que celle généralement en usage sur le continent, et procure par suite une grande économie de main-d'œuvre. Comme il est employé en général dans les lieux où l'on exploite la houille, il s'ensuit que la dépense du combustible est beaucoup moindre, et que le fer revient à un prix beaucoup moins élevé que dans les forges au charbon de bois.

D.

FONTE MOULÉE. Nous avons vu, dans l'article précédent, qu'une partie de la fonte obtenue des hauts-fourneaux est transformée en fer malléable. Un usage non moins important de cette combinaison du fer, est d'en fabriquer des objets moulés, désignés souvent sous le nom de *fer coulé*. On se sert aussi de vieilles fontes pour cet usage. L'art de mouler la fonte n'est pas très ancien ; mais à peine a-t-on connu l'emploi du fer moulé dans les usages domestiques, qu'on a senti l'avantage que pouvaient en retirer les Arts. Ce sont particulièrement les Anglais qui en ont étendu l'usage,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et on leur doit les progrès rapides que le moulage de la fonte a faits depuis une cinquantaine d'années. Ils ont substitué l'emploi de la fonte moulée au fer malléable dans un grand nombre de cas; la fonte peut également remplacer le bronze dans beaucoup de circonstances, et elle a sur ce métal les avantages suivans :

1°. Elle est d'un prix moins élevé : son usage peut donc devenir plus général que celui du bronze. Son prix est tel que, dans beaucoup de circonstances, elle peut remplacer le bois et la pierre (1).

2°. Elle est plus réfractaire; on peut donc l'employer pour des objets destinés à subir un degré de chaleur qui mettrait le bronze ou le cuivre en liquéfaction.

3°. Elle est plus dure que le cuivre, du moins dans certaines circonstances. On l'emploiera donc avec avantage à la confection des enclumes, des marteaux, des pilons, des cylindres de compression, des fers de charrue, ainsi qu'à beaucoup d'objets soumis à un frottement considérable.

4°. Elle est beaucoup plus liquide et prend moins de retrait en se figeant. Elle peut donc recevoir des impressions plus délicates que le bronze, qui est plus épais et se retire davantage en passant à l'état solide.

A ces avantages nombreux on peut opposer les inconvéniens suivans, qui empêchent qu'on puisse employer la fonte pour la confection des statues; d'abord elle exige un degré de chaleur plus élevé que le bronze, ensuite elle attaque les moules davantage, et se fige plus vite que lui.

Toutes les fontes ne sont pas propres au moulage; on ne peut employer que celles qui jouissent des qualités suivantes:

1°. Elle doit être très liquide, se figer le moins vite possible, afin de remplir le moule parfaitement;

2°. Refroidie, elle ne doit pas avoir de soufflures intérieurement, ni présenter des inégalités à sa surface;

3°. Lorsqu'elle est destinée à recevoir les impressions déli-

(1) Extrait de la Métallurgie du fer, par Karsten, traduite par Culmann.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cates, elle ne doit pas dégager beaucoup de graphite en se figeant, parce que la netteté des contours en souffrirait ;

4°. Il faut qu'après le refroidissement, elle soit le moins aigre possible ;

5°. Convertie en objets qui doivent être travaillés au forêt et à la lime, elle ne doit pas avoir une très grande dureté après le refroidissement ; mais elle doit posséder un peu de malléabilité ;

6°. Il ne faut pas que, douée d'un excès de chaleur, elle puisse attaquer les moules, ce qui dégraderait la surface de l'objet ;

7°. Employée pour les objets durs, il faut qu'elle soit fusible malgré sa dureté, et qu'elle ne devienne pas aigre ;

8°. Elle doit prendre peu de retrait, afin que les proportions de l'objet ne soient point altérées ;

9°. Il ne faut pas qu'elle soit poreuse, surtout si les objets moulés sont destinés à faire bouillir les liquides.

D'après les qualités que doit posséder la fonte moulée, on voit que la fonte grise est la plus propre à cet usage ; en effet, la fonte blanche, quoique plus fusible que la grise, se fige plus vite que cette dernière ; elle est en outre très cassante et très dure. La fonte très grise, que nous avons désignée sous le nom de *fonte noire*, produite par les fourneaux à coke, ne peut être employée pour les objets délicats, parce qu'elle dégage beaucoup de graphite, ce qui la rend poreuse ; mais elle est très bonne pour la confection des pièces qui exigent de la résistance. Cette fonte ne doit cependant pas être employée directement au sortir du haut-fourneau, parce qu'elle est chargée de métaux terreux dont une partie combinée avec le charbon est mise à nu par le refroidissement, et la fait crevasser par le contact de l'air. Il faut donc soumettre cette fonte à une seconde fusion qui lui fait subir une espèce de raffinage.

Refonte de la fonte ou fer cru. On effectue cette seconde fusion,

1°. Dans des creusets ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2°. Dans de petits fourneaux activés par des soufflets et désignés sous le nom de *fourneaux à manche*. La fonte est, dans ce cas, chargée en couches alternatives avec le charbon;

3°. Sur la sole d'un fourneau à réverbère. La fonte se rassemble dans une espèce de bassin ou creuset, pratiqué à son extrémité.

Ces diverses méthodes sont employées dans des cas différens. La première n'est en usage que lorsqu'on coule des objets de très petite dimension; la seconde donne une quantité de fonte assez considérable pour mouler un grand nombre de pièces; mais lorsqu'elles ont de grandes dimensions, comme les pièces d'artillerie ou les cylindres de machines à vapeur, qui exigent une grande quantité de fonte, on est obligé de se servir de fourneaux à réverbère. Nous allons donner quelques détails sur ces divers procédés.

Fusion dans des creusets. Cette opération très simple peut s'exécuter partout. Elle consiste à mettre des fragmens de fonte dans des creusets qu'on place ensuite dans des fourneaux alimentés par un fort courant d'air aspiré par la cheminée, appelés par cette raison *fourneaux à vent*. Une ouverture placée au-dessus de la grille sert pour charger le fourneau et y introduire le creuset. Cette porte est fermée pendant la fusion. Suivant la grandeur du fourneau, on peut y mettre un ou plusieurs creusets. Les creusets ne posent pas immédiatement sur la grille, parce qu'ils seraient continuellement refroidis par l'air qui entre dans le fourneau; mais ils sont placés sur de petits cylindres en terre réfractaire, appelés *fromages*. Les creusets doivent être très réfractaires, cette condition est la plus grande difficulté de ce fondage; il faut aussi qu'ils ne soient pas susceptibles de se fendre en passant du chaud au froid. De bons creusets durent plusieurs fondages. Leurs dimensions sont telles qu'ils peuvent contenir de 10 à 15 kilogrammes de fonte. On se sert indifféremment de charbon de bois ou de coke. Lorsque la fusion est parfaite, l'ouvrier enlève le creuset du feu au moyen d'une tenaille qui en a la forme, et verse la fonte dans le moule qui est préparé à l'avance.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par cette méthode, on perd une quantité de fonte qui s'élève de 25 à 30 p. %. Cette perte énorme n'est due qu'en faible partie à la vitrification de la fonte; la plus grande perte résulte de sa dispersion dans l'usine et de la fonte qui reste attachée au creuset. La dépense en combustible est considérable; on peut l'évaluer à 7 ou 8 fois celle nécessaire pour la préparation de la fonte dans les hauts-fourneaux, c'est-à-dire que, dans cette opération, on consomme de 20 à 24 fois autant de combustible qu'on fond de matière. Il résulte donc de ce que nous venons de dire, que la méthode de liquéfier la fonte dans les creusets est extrêmement simple; mais qu'elle est très dispendieuse à cause du grand déchet qu'éprouve ce métal, de la consommation énorme de combustible et de la dépense des creusets, dépenses qui montent à plus du double du prix de la fonte.

Fusion dans des fourneaux à manche. Les fourneaux à manche, employés pour cette opération, varient beaucoup dans leurs dimensions; on peut dire qu'on les fait de toutes hauteurs, depuis 3 pieds jusqu'à 20 ou 22, suivant la quantité de fonte dont on a besoin. Lorsqu'ils sont très bas, leur intérieur est ordinairement cylindrique : on leur donne intérieurement une forme assez analogue à celle de la cuve des hauts-fourneaux, quand ils atteignent une certaine hauteur. Les fig. 1 et 2, Pl. 31, représentent un de ces fourneaux employés dans la fonderie de Gleiwitz; il a 8 pieds de haut. Il est formé intérieurement avec des briques très réfractaires. L'enveloppe extérieure est composée de plaques de fonte; on remplit l'espace qui reste entre les briques et les parois avec du poussier ou des cendres, pour diminuer les pertes de chaleur. La sole F faite en brasque (mélange d'argile et de poussière de charbon), est inclinée vers la coulée, afin que la fonte puisse s'écouler facilement. La tuyère est placée en face de la coulée, à une hauteur qui dépend de celle du fourneau.

Ces fourneaux, lorsqu'ils sont récemment construits ou réparés, doivent être séchés avec précaution. Cette opération terminée, on les remplit de charbon et on donne le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vent; on met ensuite la fonte en fragmens à la partie supérieure du fourneau. A mesure que le charbon se consume on en met de nouveau, en ayant soin de charger des couches alternatives de charbon et de fonte; dès que les premières gouttes de fonte arrivent sur la sole du fourneau, on bouche le trou de la coulée, que l'on avait laissé ouvert afin que la flamme, en sortant par cette ouverture, échauffât la sole. Le travail, très simple, consiste à maintenir la température assez élevée pour que la fonte ne figé pas, à charger le fourneau et à nettoyer la tuyère. Quand le creuset contient assez de fonte, on ouvre la coulée et on reçoit la fonte dans des poches, pour la verser ensuite dans les moules.

Dans une usine, il est rare qu'on n'ait qu'un seul fourneau à manche; il en existe pour le moins deux, soit pour avoir la faculté de couler de grandes pièces, soit pour se servir alternativement de chaque fourneau; car, au bout de huit à dix heures, il s'est amassé une si grande quantité de scories qu'il faut les faire sortir; sans cela elles absorberaient beaucoup de fer, et obstrueraient le fourneau. On laisse donc descendre les charges, on vide le creuset et l'on enlève les scories; on laisse alors reposer le fourneau pendant six à huit heures, pour le mettre de nouveau en activité.

Si le fourneau est construit avec de bons matériaux, il peut servir pendant trois semaines ou un mois sans réparation.

Dans ces fourneaux le déchet est beaucoup moins considérable que dans la méthode précédente : il varie avec la nature de la fonte et du combustible; mais il ne s'élève jamais à plus de 5 ou 6 p. $\frac{0}{0}$, à moins que le fourneau n'éprouve un très grand refroidissement, et que le coke ne soit impur.

La quantité de combustible consommé varie avec la nature de la fonte, la forme du fourneau et le vent; dans les fourneaux semblables à celui des fig. 1 et 2, Pl. 31, on peut l'évaluer à 36 à 40 kilogrammes de charbon de bois, ou à 50 kilogrammes de coke pour 100 kilogrammes de fonte, le charbon et le coke étant supposés de bonne qualité. Par cette fusion, la fonte n'éprouve presque aucun changement; seulement son grain devient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus fin et plus serré; il paraîtrait que le graphite interposé entre les particules du fer cru, est ou chassé ou dissous plus uniformément par une seconde fusion.

Fusion dans les fourneaux à réverbère. Les fig. 3 et 4, Pl. 31, représentent un fourneau à réverbère employé à cet usage, dont la forme de la sole est à peu de chose près celle d'un trapèze. Cette forme est du reste très variable, tantôt elle est elliptique ou rectangulaire; celle que nous avons indiquée est très bonne, du moins nous sommes sûr que le fourneau qu'elle représente donne des résultats très avantageux, tant pour l'économie du combustible que pour la température du métal fondu. La sole du fourneau se divise en deux parties: l'une B, contiguë au pont de la chauffe (mur qui sépare la sole du fourneau), appelée l'*autel*, est horizontale, c'est sur elle que l'on place les saumons de fonte à liquéfier; l'autre partie C est inclinée vers la cheminée, pour que la fonte puisse s'écouler librement, et se rendre dans l'espèce de creuset pratiqué à son extrémité inférieure. Son inclinaison doit être de 20 à 25° avec l'horizon. Si la pente était trop douce, la fonte ne coulant pas s'affinerait et deviendrait trop épaisse.

La sole doit être construite en matière très réfractaire. Le sable quartzeux mélangé avec de l'argile réfractaire donne de bonnes soles. Le fourneau n'est percé que d'une seule ouverture D, par laquelle on charge les saumons sur l'autel; elle est fermée par une porte qu'on soulève ou qu'on abaisse au moyen de contre-poids. On l'enduit intérieurement d'une couche d'argile pour l'empêcher de se fondre ou de se détériorer par l'oxidation. La voûte GH doit recevoir une inclinaison analogue à celle de la sole, afin que la flamme puisse échauffer la fonte dans toute la longueur du fourneau. La hauteur de la voûte est telle que la coupe faite au point le plus large, soit au plus égale aux $\frac{3}{4}$ de la surface de la grille. Elle doit être exécutée avec soin, et construite en briques réfractaires.

La chauffe E est proportionnée à la grandeur du fourneau; les barreaux doivent être assez séparés les uns des autres, pour que l'air puisse circuler librement, et que les escarbilles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tombent dans le cendrier. L'ouverture F de la chauffe est évasée en dehors, afin que l'on puisse mettre le combustible avec facilité.

La hauteur de la cheminée d'un fourneau à réverbère est de 15 à 16 mètres. Elles sont construites intérieurement en briques réfractaires; on les solidifie par des armures en fer placées au coin du fourneau, comme on le voit sur la fig. 4. Un tuyau rampant N, qui part du milieu des fourneaux, conduit la fumée dans la cheminée; l'intérieur des cheminées est étroit; s'il était trop large, il pourrait s'y établir un double courant d'air, l'un descendant et l'autre ascendant. Ainsi, lorsqu'on se sert de la même cheminée pour deux fourneaux à réverbère, il faut avoir soin de diviser l'intérieur en deux compartimens.

La fonte qu'on veut liquéfier, ne doit être ni en pièces trop grosses, ni trop minces; la forme la plus avantageuse est en barres de 7 à 10 centimètres de côté; les barres sont placées sur l'autel en piles croisées; il ne faut ni trop serrer ces barres, ni trop les écarter, afin de donner un tirage convenable, et d'utiliser toute la capacité du fourneau. On élève la température rapidement, parce que la fonte éprouvant un changement dans sa composition, sera d'autant plus altérée que la fusion serait plus lente. En effet, exposée long-temps à l'action de la flamme et de la chaleur, elle se couvre d'une couche d'oxide si épaisse, qu'on ne peut alors liquéfier la partie inférieure que par un coup de feu des plus violens; et lorsqu'on y est parvenu, elle s'écoule en laissant sur le fourneau une enveloppe creuse de fonte en partie réduite, que l'on appelle *carcas*. Si les objets que l'on veut couler doivent être très résistans, comme les bouches à feu, on se sert de fourneaux moins inclinés; dans ce cas elle coule moins rapidement dans le creuset, elle devient plus claire, et sa cassure paraît plus crochue; le métal est alors plus tenace, et plus malléable.

La conduite du fourneau est très simple; elle consiste à prendre toutes les précautions possibles pour empêcher l'air extérieur de pénétrer par les différentes ouvertures dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

foyer. Pour cela on maintient la grille toujours chargée de houille, on la remplit entièrement, au lieu de charger souvent; le feu doit brûler avec beaucoup de vivacité, raison pour laquelle un ouvrier placé au-dessous de la grille dégage les escarbilles, qui obstruent l'entrée de l'air. Le temps nécessaire pour faire une fonte de 800 à 3000 kilogrammes, varie entre deux et quatre heures, selon les proportions des fourneaux, et la qualité du combustible.

Quelque soin qu'on ait apporté à détacher de la surface des gueuses les petits grains de sable qui y sont attachés, la fonte se couvre toujours d'une légère couche de scories produites par la fusion des cendres entraînées par le courant d'air, et des matériaux qui composent le fourneau. Ces scories dissolvent toujours une certaine quantité de fer; mais la plus grande perte résulte des carcas qui restent sur l'autel. Cette perte est d'autant plus grande que le fourneau a été échauffé avec plus de lenteur, et que la fonte est moins grise.

Quand toute la fonte est réunie dans le creuset, on ne doit pas la tenir en bain long-temps, parce qu'elle s'épaissit, et coule moins facilement; d'un autre côté, cette espèce de repos affine la fonte, et lui donne plus de résistance. Quand les pièces que l'on veut couler ont de grandes dimensions, et que l'on est obligé de réunir la fonte de plusieurs fourneaux à réverbère, il faut faire en sorte que la fusion ait lieu en même temps dans les différens fourneaux; sans cela on serait exposé à avoir une partie de la fonte trop épaisse.

Lorsque la fusion est parfaite, on ouvre le trou de la coulée I (fig. 3 et 4, Pl. 31), et l'on fait couler la fonte dans un bassin, où l'on sépare les impuretés qu'elle peut contenir en la puisant avec des poches. Si les pièces qu'on veut mouler sont de grandes dimensions, on reçoit la fonte au sortir du fourneau à réverbère dans des chaudières en fonte, qui portent deux bras supportés par des grues; au moyen de ces grues on transporte ces chaudières à l'endroit où est placé le moule préparé d'avance.

Les poches, ou les chaudières qui servent à puiser ou à transporter la fonte liquide, doivent être parfaitement sèches; sans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cela, l'humidité qui s'en dégagerait ferait bouillonner le métal, dont une partie serait ainsi lancée au-dehors sous forme de pluie.

Aussitôt que l'on a fait couler toute la fonte, on enlève avec des ringards les carcas qui se sont formés sur l'autel, en ayant soin de le dégrader le moins possible; mais quelque attention que l'on apporte, il est presque toujours indispensable de réparer la sole à chaque fondage.

Dans ces fourneaux, malgré qu'il se fasse une très légère quantité de scories, cependant le déchet est un peu plus grand que dans les fourneaux à manche. Il s'élève de 10 à 15 p. 100. L'absorption que fait la sole entre pour beaucoup dans cette perte. La consommation en combustible est aussi plus considérable; on peut évaluer que 100 kilogrammes de fonte exigent à peu de chose près 100 kilogrammes de houille.

La houille est, sans aucun doute, le meilleur combustible à employer dans les fourneaux à réverbère; mais cependant le bois développe une assez grande chaleur pour liquéfier la fonte; les fourneaux à réverbère de la fonderie de Saint-Pétersbourg sont alimentés par du bois. Dans ce cas, les dimensions que nous avons indiquées ne peuvent plus être employées; les fourneaux chauffés par le bois doivent avoir des grilles très grandes; leur rapport avec la sole est au plus de deux à trois. Il faut aussi que les voûtes soient plus surbaissées, et les cheminées plus étroites que dans les fourneaux à la houille. Quand on fond avec du bois, on obtient beaucoup de cendres, et par conséquent il se forme une plus grande quantité de laitier. D'après des expériences faites en Russie, 100 kilogrammes de fonte consomment pour être liquéfiés 170 kilogrammes de bois. Cette consommation est beaucoup plus grande que lorsqu'on emploie de la houille; d'où il suit qu'on ne peut se servir de ce combustible que dans les pays où il est très abondant.

Si on compare les trois méthodes de fusion que nous venons d'indiquer, on peut tirer les conséquences suivantes :

1°. La fusion dans les creusets entraîne une très grande consommation de combustible et un déchet considérable de fonte;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais l'établissement des fourneaux dans lesquels on l'exécute étant peu coûteux, cette méthode peut être employée lorsqu'on coule de petits objets.

2°. La fusion dans les fourneaux à réverbère est dispendieuse par la construction de ces fourneaux qui exige des matériaux réfractaires, et par la consommation en combustible qui est encore très grande; mais ils ont l'avantage de pouvoir contenir une grande quantité de matière, et de permettre ainsi de couler des pièces de toutes dimensions.

3°. Quant aux fourneaux à manche, on peut y refondre toute espèce de fonte; la consommation en combustible, et le déchet en fer est moins grand que dans les fourneaux précédens; ils doivent donc être préférés, lorsqu'ils pourront contenir assez de fonte pour les objets que l'on veut mouler.

Du moulage de la fonte. Les moules peuvent être de trois espèces : 1° *moule en métal*, 2° *moule en sable*, 3° *moule en argile*.

Les moules en métal sont peu employés pour couler la fonte; ils sont principalement en usage pour les fondeurs en étain, en zinc, etc. On s'en servait autrefois pour mouler les boulets de canon; dans ce cas les moules étaient composés de deux pièces hémisphériques massives, appelées *coquilles*, que l'on accouplait. Ces moules sont fort utiles, quand on veut mouler un grand nombre de pièces de la même forme.

Des moules en sable. Le sable et l'argile sont les deux substances avec lesquelles on confectionne les moules à couler la fonte. Si les pièces que l'on veut mouler ne doivent avoir qu'une face, comme une plaque de cheminée, etc.; on moule à découvert, et il suffit, dans ce cas, de faire une empreinte dans le sable qui forme le sol de l'atelier du haut-fourneau, en y enfonçant le modèle que l'on veut mouler; on a eu soin de bêcher ce sable pour que l'empreinte puisse se marquer avec exactitude. Les objets moulés de cette façon, le sont ordinairement avec de la fonte qui sort immédiatement du haut-fourneau.

Lorsque les pièces à mouler ont toutes leurs surfaces unies,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la méthode précédente ne peut plus être employée ; il faut que la fonte soit comprise de tous les côtés par les parois du moule ; dans ce cas, on est obligé de faire le moule de plusieurs pièces qui se rapportent, et qui sont comprises entre des châssis ; dans ce genre de moulage, qu'on peut appeler *en châssis*, le mouleur, après avoir placé du sable dans un châssis, pose le modèle dessus, et bat fortement la terre qui l'entoure, pour qu'elle en prenne exactement l'empreinte ; il retire alors le modèle, saupoudre avec du charbon en poussière l'intérieur du moule, afin que la fonte ne le dégrade pas. Les modèles doivent avoir un certain retrait, afin qu'on puisse les faire sortir de la terre ou du sable sans arracher une partie du moule, ce qu'on appelle *se dépouiller*. Les différentes parties du moule sont ensuite rapprochées les unes des autres, et sont réunies avec des vis et des écrous, de manière à ne former qu'un seul tout. On peut distinguer le mélange de *sable maigre*, du mélange de *sable gras*. Quand on se sert du premier, on ne fait point sécher le moule, parce qu'il se dégraderait, l'eau ne produisant d'autre effet que de faire blanchir la fonte à l'extérieur, inconvénient qui est cependant assez grave pour que l'on doive se servir de sable gras, c'est-à-dire d'un mélange d'argile et de sable, quand les objets doivent être travaillés au foret et à la lime, ou qu'ils doivent supporter de grandes résistances.

On fait des empreintes au moyen du sable gras, de la même manière que précédemment ; le travail ne diffère que dans la préparation de la terre employée et dans la dessiccation des moules achevés. On en fait usage quand la surface de la fonte doit rester douce, que l'empreinte obtenue en sable maigre ne saurait se soutenir, et qu'on veut couler de gros objets dont le moule serait exposé à être détruit par le poids et la vitesse de la matière liquide.

Des moules en argile. On ne se sert de ce genre de moulage que pour couler des pièces creuses, dans le cas où l'on veut éviter les frais de fabrication d'un modèle, lorsque les dimensions des pièces à couler sont telles que les châssis cesseraient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'être maniables, ou enfin lorsque le poids des noyaux écraserait les moules, et qu'il serait trop difficile de les soutenir dans la position voulue.

Le mouleur commence donc à confectionner le noyau, et lui donne la forme que doit avoir le vide intérieur du modèle. Appliquant ensuite sur ce noyau plusieurs couches d'argile, il fait une enveloppe appelée *chemise*, dont la surface extérieure, égale en tous points à celle de la pièce, doit être revêtue ensuite d'une seconde enveloppe nommée *manteau*, qui prend l'empreinte de la première, et qui, avec le noyau, va constituer le moule en entier. Pour l'achever, on retire le manteau et on le remet en place, après avoir enlevé et détruit la chemise.

Pour donner une idée exacte de ce genre de travail, je vais décrire le moulage d'un gros cylindre de machine à vapeur, d'après la méthode employée à Gleiwitz. On fait usage, dans le moulage des gros cylindres, d'un manteau et d'un noyau séparés, que l'on construit dans des creux pratiqués dans le sol de l'atelier.

On prépare le manteau (fig. 5 et 6, Pl. 31) dans une cavité cylindrique, au moyen d'une *chablone* ou *calibre* fixé sur un axe vertical avec lequel il tourne. On commence par couvrir le sol de cette cavité d'une couche de terre, qui devient très dure par le séchage, et qui est un mélange à parties égales d'argile et de crottin de cheval. On place ensuite l'axe et la chablone, qui est formée d'une planche en sapin, de 1 $\frac{1}{2}$ pouce d'épaisseur et 9 pouces de largeur. Les talons t, t servent à former les rebords du cylindre ; les ouvertures qu'elle a à sa partie inférieure servent à y engager les modèles, qui forment la couronne du cylindre, et qui doivent pouvoir se délier à volonté. Enfin, l'extrémité saillante de chacun de ces derniers modèles sert à former, pendant la révolution de la chablone, le soutien de la plaque qui doit recouvrir la couronne. L'axe et la chablone étant dans la position convenable, on construit par murailleme nt une partie cylindrique au centre du manteau, laquelle sert à introduire le noyau. On fait ce mur circulaire avec des bri-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ques ordinaires, et de la terre humectée comme mortier. L'intervalle entre la cuve et le mur est rempli ensuite de terre mélangée. On enlève alors l'axe et la chablone, et on sèche le mur en faisant du feu dans l'intérieur. On recouvre ensuite la surface de ce mur circulaire, qui doit former la partie inférieure de la couronne, d'une couche épaisse d'un pouce de terre ordinaire de noyau, et l'on donne la forme inférieure de la couronne au moyen du modèle lié à la chablone ; on la sèche ; on place les noyaux de terre pour les trous taraudés ; on les maintient par des briques ; puis on recouvre l'emplacement de la couronne d'une plaque de fonte formée de quatre parties et enduite de terre. Ces plaques reposent de 1 à 2 pouces sur la muraille, et sont soutenues par des clous. A partir de cette plaque, on construit à l'ordinaire le manteau jusqu'à la couronne supérieure, qu'on forme de même que l'inférieure. Entre la chablone et le manteau on laisse un intervalle de demi-pouce, qu'on remplit de terre après l'entière construction de la muraille, et l'intervalle entre la cuve et la muraille est rempli de masse dans laquelle on ménage au moyen de bâtons de bois, des canaux pour le dégagement de l'humidité. Lorsque le manteau est prêt, on le laisse sécher à l'air, et on le recouvre intérieurement d'une couche de terre de demi-pouce d'épaisseur, qu'on moule exactement à la chablone. On sèche alors le manteau au moyen d'un fourneau suspendu dans son intérieur, et qu'on peut élever ou abaisser à volonté avec une grue, de manière à en sécher également toutes ses parties. Pour le séchage d'un manteau de 10 pieds de hauteur, et de 4 pieds et demi de diamètre, on use en 3 jours de 70 à 80 quintaux métriques de houille.

Le noyau du cylindre (fig. 7 et 8, Pl. 31) qui doit former sa partie creuse, est construit d'une manière inverse du manteau ; ici c'est le noyau lui-même qui est mobile, tandis que la chablone est fixée. Ce noyau se prépare sur un disque circulaire, à travers lequel passe l'axe. Ce disque a le diamètre du noyau ; la chablone est fixe à sa partie supérieure à la tige de fer, au bas elle est unie par des coins à la plaque du fond. L'éloignement de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la chablone à l'axe, est de $\frac{1}{4}$ de pouce plus grand que le diamètre du noyau, savoir, $\frac{1}{8}$ pouce pour le retrait pendant le séchage, et $\frac{1}{8}$ pour celui qui a lieu pendant le coulage. On construit le noyau avec des briques ordinaires autour de la chablone ; on le recouvre de demi-pouce de terre ; alors on le sèche, puis enfin on l'enduit et on le noircit.

Le noyau étant préparé, on l'introduit dans le manteau, à l'aide d'une grue ; on place alors la forme du col, dans la partie supérieure de laquelle sont deux trous pour le passage de l'air, les noyaux pour les trous taraudés de la couronne supérieure, et la plaque supérieure qui recouvre le tout. Cette dernière plaque porte quatre trous, qui correspondent au creux entre le noyau et le manteau, et dont deux servent pour le coulage, et deux pour le passage de l'air.

Lorsque le moule est ainsi préparé, et qu'il est bien sec, on peut couler ; opération qui consiste simplement à verser la fonte dans les trous de coulée. Il faut les multiplier autant que possible, afin que toutes les parties du modèle soient remplies à la fois. Pendant qu'on coule le métal, il s'échappe par les évents des gaz, qu'on a soin d'allumer avec du bois ou de la paille. On laisse refroidir les pièces, et l'on ouvre ou l'on détruit le moule pour arriver à la pièce moulée, qu'on répare souvent postérieurement avec la lime, ou avec d'autres outils.

Adoucissement de la fonte. La fragilité de la fonte blanche, et l'impossibilité de la travailler au foret ou à la lime, ont engagé Réaumur à chercher les moyens d'adoucir la fonte et d'en augmenter ainsi la tenacité. Il a trouvé que chauffés dans la poussière de charbon et dans la cendre d'os, les objets de fonte blanche devenaient moins fragiles : c'est ce procédé qu'il a proposé d'introduire dans les fonderies. On conçoit que cette opération est un commencement d'affinage que subit la fonte, qui la transforme en partie à l'état de fer malléable. Cette opération ne peut pas s'effectuer pour les grandes pièces, pour la fabrication desquelles il est très avantageux d'employer de la fonte grise ; mais on peut s'en servir pour confectionner

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une foule d'objets difficiles à fabriquer en fer forgé, ou qu'on veut obtenir à très bon marché. Nous avons vu à Sheffield des couteaux et des ciseaux fabriqués par cette méthode. La douzaine des premiers coûtait 24 sous, et celle des ciseaux était de 12 sous.

Plusieurs personnes se sont occupées, avec plus ou moins de succès, de cet adoucissement de la fonte. La Société d'Encouragement a décerné un prix de 3000 fr. à MM. Baradelle et Théodore, pour la fabrication en fonte adoucie de divers objets de cette nature. D.

FONTENIER-SONDEUR (*Technologie*). L'art du *Fontenier-Sondeur* consiste à reconnaître les différentes espèces de terrains dans lesquels on doit rechercher des eaux souterraines, et à savoir employer les moyens pour ramener une partie des eaux à la surface du sol, à l'aide de la sonde du mineur ou du fontenier. Lorsque le sondeur est arrivé jusqu'à l'eau qu'il recherche, cette eau s'élève dans le trou de la sonde, et souvent jaillit au dehors. Alors on fait, tout autour du trou que laisse la sonde, une construction particulière au moyen de laquelle les terres sont retenues et ne peuvent plus s'ébouler. Il résulte de cette construction ou un puits ordinaire, ou des eaux jaillissantes, mais dont la source est quelquefois à 100 mètres (300 pieds) de profondeur, et même plus.

Ces sortes de puits se nomment *puits artésiens*, parce que, depuis un nombre d'années considérable, dont on ne peut fixer exactement la date, cette méthode est pratiquée dans l'ancienne province d'Artois. On n'avait rien d'écrit sur cette matière importante; la Société d'Encouragement de Paris proposa, en 1818, un prix de 3000 francs pour le Manuel ou la meilleure Instruction élémentaire et pratique, sur l'art de percer ou de forer, à l'aide de la sonde du mineur ou du fontenier, les puits artésiens, depuis 25 mètres de profondeur jusqu'à 100 mètres et au-delà, s'il est possible. Ce prix fut décerné en 1819, à M. Garnier, ingénieur des mines, et son mémoire fut imprimé par ordre du gouvernement. La seconde édition de cet ouvrage intéressant est sous presse; elle est con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sidérablement augmentée, ce qui nous empêche de traiter ici cet article comme il le mérite. D'ailleurs, ces sortes de fontaines portant généralement le nom de PUITS ARTÉSIENS, il est plus convenable d'en renvoyer la description et les détails à ce mot, ce qui nous permettra de ne rien avancer d'incomplet ou de suranné, sur un objet d'une si grande importance pour l'agriculture des départemens méridionaux de la France, qui ne les connaissent pas, quoiqu'ils soient très pratiqués dans le Nord, en Allemagne et en Italie. (*V.* PUITS ARTÉSIENS.)

L.

FORAGE, FORERIE DES CANONS. Il n'y a pas encore très long-temps qu'on coulait les canons creux. Alors il n'y avait, pour ainsi dire, qu'à polir l'âme des pièces avec des allésoirs. Pour cela on plaçait le canon verticalement, la culasse en haut, dans un coulisseau. La tige de l'allésoir servait d'axe à un manége que deux chevaux faisaient tourner. Le poids du canon, convenablement modifié par des contre-poids, le faisait descendre sur l'allésoir à mesure que le travail avançait. Mais le noyau de terre qui formait l'axe de la pièce était par trop sujet à se décentrer, et même à se courber; d'un autre côté, la gêne qu'il apportait à la retraite du métal, par le refroidissement, occasionnait des soufflures qui rendaient les pièces défectueuses. Maintenant on coule les canons pleins, ainsi que nous l'avons expliqué à l'article BOUCHES A FEU, et on les fore ensuite.

Les foreries sont de deux espèces : les foreries verticales et les foreries horizontales. C'est un nommé Maritz qui a imaginé, le premier, de placer les canons horizontalement et de les faire tourner eux-mêmes, au lieu de faire tourner les forets. Ceux-ci étant parfaitement maintenus dans la direction de l'axe des pièces, on est assuré que l'âme est bien centrée, lorsque ces pièces, en tournant sur elles-mêmes, laissent la tige des forets absolument immobile. Quand c'est, au contraire, le foret qui tourne, si la direction qu'on lui donne ne coïncide pas exactement avec l'axe du canon, on peut être certain que l'âme ne se trouve pas au centre. Aussi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les foreries aujourd'hui, soit verticales, soit horizontales, sont-elles établies de manière que la foret reste immobile.

Le forage du canon reçut, au commencement de la guerre de la révolution, des perfectionnemens notables sous le rapport de la promptitude du travail. Par exemple, on était, avant cette époque, aux fonderies de Strasbourg, de Douai, de Ruelle, de Rochefort, d'Indret, dans l'usage de passer plusieurs forets les uns après les autres, pour mettre la pièce à son calibre, chaque foret augmetnant le diamètre de l'âme de 8 à 10 lignes, et après tous ces forages successifs, on passait enfin l'allésoir. Ce mode peu expéditif, et dispendieux à cause du grand nombre de forets qu'il fallait avoir et du temps considérable qu'on perdait pour les changer, fut remplacé par un seul forage. L'âme fut presque mise de calibre du premier coup. On n'avait plus qu'à y faire passer l'allésoir, qui l'agrandissait seulement de 2 lignes. La tige du foret pouvant alors être beaucoup plus forte, et ne pliant point, n'expose pas le foret à changer de direction aussi facilement que dans le cas du forage à plusieurs reprises.

Le moteur d'une forerie peut être indifféremment l'eau, les chevaux ou la vapeur. On fore ordinairement quatre canons à la fois, pour chacun desquels on compte l'emploi d'une force de trois à quatre chevaux, suivant les calibres des canons. Le forage des canons de fer fondu pour la marine, est plus pénible que le forage des canons de bronze.

Quel que soit le moteur, il donne le mouvement à quatre roues successives plus ou moins, suivant sa force, qui engrènent les unes dans les autres, dont les axes portent des carrés à l'une de leurs extrémités. Dans le prolongement de chacun de ces axes, est posée une pièce de canon, supportée par deux collets dont l'un est placé sous l'étranglement du bouton de culasse, et dont l'autre est sous la naissance de la tulipe. En montant la pièce, on a dû ménager à l'extrémité du bouton de culasse, une tige carrée de la même dimension que le carré des axes des roues, mais qu'on coupe après l'o-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pération du forage et du tour. Les carrés de la culasse du canon et de l'arbre de la roue étant placés vis-à-vis l'un de l'autre, on glisse dessus un manchon de fer fondu du même calibre qui transmet le mouvement de la roue, quand elle vient à tourner, au canon qui lui correspond. Ainsi, en donnant le mouvement à une seule roue, les trois autres y participent, et on fait forer quatre pièces de canon à la fois, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer. Mais, comme il en est de même pour chacune, quel que soit leur nombre, nous décrirons cette opération comme s'il n'y en avait qu'une.

Avant de placer le canon dans ses collets, on a dû le pointer par ses bouts et le mettre sur un très fort tour, pour tourner les deux endroits correspondans aux collets. A cet effet, on place le canon dans les coches ou entailles circulaires de deux chantiers posés sur un plan horizontal. Alors avec un TRUSQUIN D'ÉTABLI (*V.* ce mot : c'est ainsi qu'on nomme le trusquin avec lequel on trace des lignes parallèles au plan horizontal), on détermine les points de centre sur chaque bout, en faisant prendre au canon qui porte encore la masselote, quatre positions différentes, en le faisant tourner sur lui-même à chaque fois d'un quart de révolution. On a eu soin d'unir les bouts, soit à la lime, soit au marteau, et de les frotter avec du blanc, pour que la trace du trusquin s'y marque bien. Menant ensuite deux diagonales au carré qui en résulte, leur intersection est le centre, qu'on perce un peu à l'archet et qu'on pointe fortement.

Ce travail préliminaire terminé, le canon est mis dans ses collets, vis-à-vis l'axe qui doit le faire tourner et avec lequel il est uni au moyen d'un manchon carré, ou d'un toc-toc. On commence par détacher la masselote à l'aide d'un outil en forme de bec-d'âne, fortement fixé au bâti de la forerie, et qu'un ouvrier fait avancer en tournant une vis de pression. La masselote étant abattue, on dresse la bouche du canon, et on y trace non-seulement un nouveau centre, mais encore quelques cercles concentriques dont un est égal au diamètre de l'âme que doit porter le canon, et les autres un peu plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grands, et qui servent comme de repères pour s'assurer que l'âme est bien au centre.

Pour forer l'âme, on présente au canon, pendant qu'il tourne, un foret qu'on presse contre le métal, et qui est porté par une tige de fer assez grosse pour résister à la torsion, assez longue pour aller jusqu'au fond de l'âme, et qui est placée exactement dans la direction de l'axe du canon. (*V.* FORETS et Pl. 26, fig. 5.)

On place la langue-de-carpe du foret dans le centre de la pièce, où on le maintient à l'aide d'une traverse servant de support, placée auprès de la bouche de la pièce. C'est dans ce commencement qu'il faut apporter la plus grande attention: un trou mal commencé est très difficile à rectifier. Pour être sûr que l'âme sera exactement concentrique, il faut que le foret reste absolument immobile, et ne participe en aucune manière au mouvement du canon. Le bout, ou, comme on dit, la langue-de-carpe du foret fait d'abord son trou à un pouce et demi de profondeur : alors la première lame commence à mordre et augmente l'ouverture; la deuxième lame mord ensuite, augmente encore l'ouverture et met l'âme de calibre, à 2 lignes près qu'on réserve pour l'allésoir. La surveillance doit se continuer jusqu'à ce que les deux lames soient engagées dans le métal. Alors le foret ne se dérange guère, à moins qu'il ne rencontre dans le métal quelque endroit dur ou des soufflures.

Il arrive, quand les tranchans ne coupent plus bien, que les débris métalliques se bourrent. Cet engorgement est annoncé par le bruit que fait le foret. Alors on retire la limaille avec un crochet fait en gros fil de fer; ou si ce moyen ne suffit pas, on retire le foret même. Cet inconvénient n'existe pas dans les foreries verticales; mais elles en ont d'autres plus graves, qui font donner la préférence aux foreries horizontales.

Il résulte de la forme du foret, que le fond de l'âme se trouve composé de plusieurs parties saillantes les unes sur les autres. Tous ces réduits doivent être effacés avant d'y passer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'allésoir. A cet effet, on se sert d'un outil qu'on nomme de *fond,* qui n'est autre chose qu'une mèche demi-circulaire du calibre du plus grand trou, et dont le bout est armé d'une lame d'acier; elle coupe d'abord le premier réduit, ensuite le second, et puis on la pousse jusqu'à ce qu'elle ait atteint le fond du trou conique pratiqué par la langue-de-carpe du foret.

Les allésoirs à canon sont de forme cylindrique dans la longueur desquels on pratique une entaille égale au quart de la circonférence (*V.* Pl. 26, fig. 6), dans laquelle on fixe une lame d'acier fondu, dont la saillie est juste ce qu'il faut pour le calibre du canon.

Il est important de régler la vitesse de rotation du canon. S'il tourne trop vite, le forage avance moins, par la raison que les tranchans des forets ou des allésoirs s'échauffent, se détrempent et s'usent promptement : on perdrait beaucoup de temps à les réparer, et ce retard serait encore le moindre inconvénient qui en résulterait; car le changement de taillant, dans l'allésoir surtout, formerait dans l'âme des ondulations qu'on effacerait difficilement après. Pour forer une pièce de 36 en bronze, on lui fait faire de quatre tours et demi à cinq tours par minute, et pour une pièce de 4, on n'en fait pas faire au-delà de sept. Il est plus avantageux de faire tourner lentement et de donner plus de pression au foret, surtout quand il s'agit du fer ou de la fonte.

Le mouvement progressif du foret peut se donner de différentes manières. On pourrait, par exemple, y appliquer la vis dont nous avons donné la description au mot ALLÉSOIR. Mais on emploie ordinairement une crémaillère attachée au chariot de la machine à forer, et un pignon fixe : celui-ci, à l'aide d'un levier à déclic que porte son axe, et d'un poids suspendu à une corde qui s'enroule sur un arc de cercle fixé à l'extrémité du levier, pousse la crémaillère, et par conséquent le chariot de la forerie dans lequel est fixée invariablement la tête du foret, contre le canon. L'ouvrier foreur a soin de remonter le levier et le poids, lorsqu'il s'aperçoit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils sont en bas et ne produisent plus d'effet. Il fait ce *remontage* à l'aide d'un petit treuil disposé convenablement pour cela.

On amène les pièces à la forerie sur des chariots en fer construits pour cet usage, et qui roulent sur des chemins de fer. Des grues établies auprès de la machine à forer, servent à les décharger et à les mettre sur les chantiers et dans les collets. (*V.* GRUES.)

La limaille produite par le forage est un objet considérable, puisqu'elle est égale en poids à un cylindre égal à l'âme de chaque canon. Si la limaille est de bronze, on la porte au fourneau de réverbère pour les coulées suivantes; mais on ne l'y jette que quand il y a déjà un bain de métal, et en petites quantités à la fois : alors elle entre en fusion. (*V.* FONDERIE.) La limaille de fonte de fer ne peut pas être, comme celle de bronze, rapportée au fourneau. Elle ne s'y fondrait pas quand même on la projetterait dans un bain. La meilleure manière d'en tirer parti est d'en faire du fer forgé dans une affinerie ordinaire; mais il ne faut pas la jeter sur le foyer; elle se brûlerait complètement et se dissiperait en étincelles brillantes comme celles d'un feu d'artifice. On répand de l'eau dessus et on la laisse se rouiller un peu, afin d'y introduire de l'oxigène qui puisse détruire le carbone dont elle est surchargée et qui lui donne la couleur grise; on la met ensuite au feu de chaufferie, ayant soin de ne pas l'exposer au vent des soufflets.

Le contour extérieur des pièces de canon de bronze se tourne ordinairement sur les collets de la machine à forer. Pour cela, on a un outil qu'une vis promène dans toute la longueur, et qu'une autre vis fait approcher plus ou moins du canon. On sent que cet outil, tout en conservant la faculté de se mouvoir horizontalement dans deux directions perpendiculaires, doit être maintenu d'une manière solide sur l'une des poutrelles qui forment la base de la machine.

Les canons en fer ne se tournent pas, et l'on y trouve, indépendamment de l'économie de main-d'œuvre, les deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avantages suivans, savoir : 1°. les pièces, conservant leur surface extérieure qui est toujours très dure, ont plus de solidité; 2°. la surface extérieure, telle qu'elle sort de la fonte, est moins susceptible de se rouiller que quand elle a été entamée par l'outil.

Bien qu'il semble théoriquement impossible, d'après les procédés de forage, que l'âme des bouches à feu puisse être excentrique, il arrive néanmoins qu'on en rebute beaucoup pour cette cause. La tolérance à cet égard est fort peu de chose, et on a raison; car, pour peu que les deux axes de la pièce et de l'âme ne coïncident pas et fassent entre eux un angle, il en résulte une déviation du boulet qui s'accroît en raison de la distance, et va frapper fort loin du but sur lequel on l'a dirigé. Cette excentricité de l'âme est non-seulement nuisible à la manœuvre, mais encore il peut arriver que l'explosion de la poudre fasse crever le canon du côté où il se trouve plus faible.

Parmi les instrumens dont on se sert dans l'artillerie pour vérifier toutes les parties d'une pièce de canon, il s'en trouve un dont on fait usage pour vérifier la rectitude de l'âme. C'est une espèce de compas à deux branches, dont une est introduite dans le canon, tandis que l'autre, en tournant tout autour, marque la différence qui peut s'y trouver. Sans doute ce moyen de vérification est suffisant, puisque le corps de l'artillerie l'a admis; mais il me semble qu'un moyen proposé par un capitaine de cette arme, M. de Rocheline, est plus simple et d'une exactitude plus rigoureuse. Il consiste à introduire dans l'âme du canon, pendant qu'il est encore dans les collets de la machine à forer, un cylindre ou quelque chose qui en tient lieu, ayant le calibre et une longueur double à peu près du canon. L'axe de ce cylindre prolongé au dehors porte une pointe, vis-à-vis laquelle on place un plan vertical contre lequel cette pointe tracera un cercle quand on viendra à faire tourner le canon sur-lui-même, si toutefois l'âme est excentrique; le rayon de ce cercle sera précisément la mesure de l'excentricité de l'axe. On voit de suite que si l'axe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'âme se confond avec celui du canon, le cercle se réduira à un point.

Indépendamment du forage de l'âme, il y a encore celui de la lumière du canon, et le forage pour le placement du grain. L'un et l'autre se fait au moyen d'une machine particulière, qui tient le foret dirigé sous un certain angle déterminé. Cette machine est disposée de manière que le canon, portant sur le châssis qui en forme la base, se trouve dirigé convenablement pour la pente. On perce ce trou avec des mèches ordinaires qu'on fait tourner, soit avec un vilebrequin, soit avec une grande roue de tour; on donne le mouvement progressif à la mèche au moyen d'une vis de pression, comme dans les machines à percer ordinaires. E. M.

FORAIN. (*Commerce.*) Marchand qui ne fréquente que les foires, et va revendre dans l'une ce qu'il a acheté dans l'autre. Par extension, on donne aussi ce nom à un marchand qui n'est pas du lieu où il fait son négoce, et va de ville en ville colporter sa marchandise. FR.

FORCE (*Arts mécaniques*). Lorsqu'on voit une force réussir, à l'aide de certains agens, à surmonter des résistances considérables, et qu'on ne réfléchit pas aux circonstances de ce mouvement, on est porté à croire que ces *effets* sont sans bornes, et que le mécanicien peut tellement disposer ses appareils, qu'il se rende maître de tout ce qu'il veut produire. Mais cette erreur vient de ce qu'on néglige de considérer l'un des élémens essentiels de cette recherche; c'est la durée de l'action, l'espace qu'a parcouru la résistance, par l'influence du moteur. Il est vrai qu'on peut, avec un levier, mouvoir une masse dix, cent fois plus lourde que sans cet instrument; mais sous la condition qu'elle ne parcourra qu'un espace dix, cent fois moindre dans le même temps. Ces réflexions suffiraient pour désabuser les chercheurs de MOUVEMENT PERPÉTUEL, et leur montrer qu'ils courent après une chimère. Au reste, ce sujet sera traité dans un article spécial.

Nous nous contenterons de dire ici que l'*effet* d'une force ne doit pas être mesuré seulement par le poids qu'elle a mu, mais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encore par l'espace que ce poids a parcouru. C'est ce qui sera bientôt expliqué avec soin, en donnant la mesure de cet effet. Bornons-nous d'abord à remarquer que la matière est indifférente au repos et au mouvement, propriété qu'on a appelée du nom de FORCE D'INERTIE, en vertu de laquelle *un corps en repos doit y rester éternellement, si rien ne le retire de cet état, et un corps en mouvement doit y persévérer et conserver la même direction et la même vitesse*, si aucune cause ne résiste, ne le dévie, ne l'arrête, ou ne le pousse. La cause, quelle qu'elle soit, qui peut ainsi changer l'état de mouvement d'un corps, ou le tirer du repos, est ce qu'on appelle une FORCE.

D'après ces considérations générales, on ne doit considérer les machines que comme des masses inertes, qui ne peuvent ni se donner du mouvement à elles-mêmes, ni accroître la puissance qui les meut : ces agens disposent seulement de cette force pour lui donner les qualités propres à produire un effet demandé, quand cet effet est dans les limites de la force même : c'est ce qui sera bientôt éclairci. En attendant, nous donnerons le nom de *force* à toute action qui peut créer le mouvement dans un corps inerte, c'est-à-dire le faire changer de place, ou accélérer sa marche, ou l'arrêter en tout ou partie, ou enfin, le dévier de sa direction. Cette action n'est qu'une simple pression qui, comme nous le dirons bientôt, en s'exerçant continuellement sur un corps qui se déplace sous un effort soutenu, produit en lui une vitesse finie, dont la grandeur dépend de l'intensité de la force et du temps qu'a duré son action. Nous envisagerons à part les *forces vives* et les *forces mortes*, c'est-à-dire les puissances qui communiquent actuellement des vitesses, et celles qui restent anéanties, comme un poids sur une table. Mais avant, nous devons examiner les premières, pour en mesurer les effets.

I. *Des différentes sortes de forces motrices.*

On ne connaît que quatre espèces de forces, savoir, l'*eau*, le *vent*, la *chaleur* et les *animaux*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'eau en repos presse de son poids les parois des vases qui la renferment ; elle y peut produire des ruptures, s'échapper, et, agissant sur un corps, lui imprimer le mouvement. Souvent aussi, retenue dans des tuyaux, dans un canal, sur le lit naturel d'un fleuve, etc., l'eau se meut, et ses parties acquièrent une vitesse dépendante de la pente suivant laquelle se fait l'écoulement, du frottement sur le fond et les parois, de l'action retardatrice du vent et des obstacles, etc. En un lieu la vitesse de la masse d'eau est comparable à celle que prendrait un poids qui tombe d'une certaine hauteur. La mesure de la force de l'eau se tire, comme on voit, des conditions mêmes où s'exerce son action, savoir, sa masse et sa vitesse. Nous avons déjà traité ce sujet aux mots Eau et Écoulement ; il en sera d'ailleurs encore question aux mots Hydraulique et Roue. Nous croyons donc qu'il est inutile de nous en occuper davantage ici.

L'air en mouvement agit aussi sur les corps par sa masse et sa vitesse. Ainsi, lorsque le vent pousse les ailes d'un moulin, on doit considérer que les molécules d'air animées de leur vitesse actuelle de translation, viennent choquer les ailes. Ainsi, la cause motrice exerce une action qui peut être encore comparée à un poids qui tombe, puisque la masse de cet air est connue d'après sa température et la pression qu'il exerce en repos, et que sa vitesse est censée donnée. (*V.* les articles Vent, Moulin, Anémomètre, Dilatation.)

Lorsque, par l'action de la chaleur, l'eau se développe en vapeur, celle-ci fait effort, en vertu de son élasticité, pour repousser les parois du vase qui la renferme, et tend à s'échapper par les issues avec une vitesse résultante de sa tension ; cette vitesse est souvent énorme, comparée surtout à celle du vent ; animant deux gaz à peu près aussi peu denses, les vitesses de l'air et de la vapeur se trouvent produire des effets très inégaux ; c'est une petite masse animée d'une vitesse bien plus grande dans un cas que dans l'autre. Aussi la force motrice que l'on tire de l'expansion des vapeurs et des gaz, est-elle d'une beaucoup plus grande intensité que celle du vent ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais il n'en résulte pas moins que la force de la vapeur est de même nature que celle du vent, et assimilable à un poids qui est tombé d'une certaine hauteur. La force développée dans cette circonstance fera le sujet de notre examen à la fin de cet article et aux mots VAPEUR, MANOMÈTRE, MACHINE A FEU.

L'homme, le cheval, et tous les animaux, développent par leur action sur une résistance quelconque qu'ils tirent ou poussent, une pression qui tend à mouvoir cette masse et à lui imprimer une vitesse, comme ferait le choc d'un corps, c'est-à-dire que l'action motrice des animaux est encore de même nature qu'un poids qui a une *vitesse due à une chute*.

On voit donc que toutes les forces doivent être parfaitement assimilées à celle d'un poids qui tombe d'une certaine hauteur, et développe dans ce corps ce qu'on appelle une *quantité de mouvement*, nom qu'on donne au *produit de la masse par la vitesse*. (*V.* CHOC.)

La Mécanique ne remonte pas aux causes de mouvement; elle ne voit que le fait qui en résulte, et son objet est de rechercher comment ce mouvement se conserve et se modifie. Ainsi, les calculs dépendent, non de la force facultative du moteur, mais bien de la force effective qu'il déploie; l'*effet* qu'elle produit est ce qu'on a intérêt de connaître et de mesurer. Ainsi, l'action d'une force sur un corps pour le déplacer, doit être mesurée par les circonstances de son mouvement: cette action étant continuée durant un certain temps, l'effet produit se compose de la somme de tous les effets qui sont nés dans chaque instant. Ainsi, l'intensité d'une force se mesure par les élémens mêmes de sa détermination, savoir, un POIDS connu qui serait élevé à une HAUTEUR déterminée, durant un TEMPS désigné : *poids*, *hauteur* et *temps*; tels sont les nombres qui, rapportés chacun à une unité convenue de leur espèce, donneront l'idée précise de l'intensité de la puissance.

Si vous supposez que les forces que vous voulez comparer agissent dans des temps égaux, ces durées ne seront plus des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

élémens de leur rapport; il vous suffira de considérer les poids élevés et les hauteurs. Il est d'ailleurs évident qu'élever 2 kilogrammes à un mètre, ou un seul kilogramme à 2 mètres de hauteur, est la même chose, puisque, dans l'un et l'autre cas, c'est élever deux fois un kilogramme à un mètre. *Le travail, ou l'effet de la force, est donc le produit du poids par la hauteur*, chacun de ces élémens étant rapporté à une unité de leur espèce. La force qui est capable d'élever 20 kilogrammes à 30 mètres, doit être considérée comme absolument égale à celle qui, dans le même temps, monterait 10 kilogrammes à 60 mètres, ou 600 kilogrammes à un mètre.

On voit donc que pour mesurer les forces, ou plutôt l'effet dont elles sont capables, il faut choisir l'un de ces effets pour terme de comparaison; nous prendrons pour *unité dynamique* la force qui est capable d'*élever un kilogramme à un mètre de hauteur;* c'est ce que nous appellerons une Dynamie. Dans l'exemple cité, notre force valait 600 dynamies, ce qui équivaut à dire qu'elle était capable d'élever 600 kilogrammes à un mètre en un temps convenu, ou 10 kilogrammes à 60 mètres, ou 20 kilogrammes à 30 mètres, ou, etc.

Ce résultat de l'emploi d'une force, ou le nombre de dynamies qui en mesurent l'effet, est ce que Coulomb appelle la *quantité d'action;* Monge le nomme l'*effet dynamique;* Smeathon, la *puissance mécanique;* Carnot, le *moment d'activité.* Toutes ces expressions sont synonymes. Et comme l'action d'une force n'est transmise qu'en exerçant une pression sur le point où elle est appliquée, et continuant de la produire à mesure que ce point cède; il est clair que cette *quantité d'action n'est autre chose que le produit de la pression que le moteur exerce sur le point où il agit, multipliée par l'espace que parcourt ce point dans le sens de l'action,* durant un temps donné. Ces deux élémens ne sont, en effet, que l'équivalent d'un poids mu et du chemin qu'on lui fait parcourir.

Jusqu'ici nous avons supposé que les forces agissent dans des temps égaux; s'il n'en est pas ainsi, pour comparer leurs effets, il faut ramener par le calcul ceux-ci à des durées égales, par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exemple, à l'unité de temps, qui sera une heure, ou une minute, ou une seconde, à volonté : cette réduction se fait par une division numérique. Ainsi, deux forces ont élevé, l'une 20 kilogrammes à 30 mètres en 4 heures, l'autre 10 kilogrammes à 62 mètres en 5 heures ; ces forces ne sont plus égales. Pour les comparer, divisons le produit 20 fois 30, ou 600, par 4, et 10 fois 62 ou 620 par 5 ; nous verrons que ces puissances ont réellement élevé, l'une 150 kilogrammes, l'autre 124, à un mètre de hauteur, par chaque heure ; et nous reconnaissons que la première est plus grande que la deuxième, ces forces étant entre elles comme 150 à 124 ; celle-ci n'est qu'à peu près les $\frac{5}{6}$ de l'autre.

Outre l'unité dynamique dont nous venons de parler, on est dans l'usage, pour éviter les grands nombres, de se servir aussi, dans les cas où le moteur est très puissant, d'une unité mille fois plus grande que la première : c'est un poids de *mille kilogrammes*, élevés *à un mètre*, ou ce qu'on appelle une *grande dynamie*.

Comme le litre ou décimètre cube d'eau pèse juste un kilogramme, que le mètre cube est formé de mille litres, et que l'eau qui tombe ou qu'on élève est d'un emploi très fréquent dans les Arts, on préfère se servir de ce fluide pour énoncer la grandeur des forces. L'*unité dynamique*, ou *la dynamie, est le poids d'un litre d'eau élevé à un mètre*, et *la grande dynamie, un mètre cube d'eau, portée à la même hauteur*.

D'après cela, soit P le nombre de litres, ou de mètres cubes d'eau, élevés à M mètres de hauteur, par l'action d'une puissance continuée durant h heures, le nombre d'unités dynamiques qui lui sert de mesure, ou le nombre de kilogrammes, ou de milliers de kilogrammes (tonnes) élevés chaque heure à un mètre, est $F = \frac{PM}{h}$. Et il faut concevoir que la force F capable de cet effet, toutes les autres circonstances restant les mêmes, est juste représentée par une autre F′ qui élèverait un poids P′ différent, à une hauteur M′ différente, et dans un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre temps h', pourvu que, tout calcul fait, le nombre $\frac{P'M'}{h'} = F$, soit égal à $\frac{PM}{h} = F$.

Et lorsqu'une force varie d'intensité, pour en obtenir la valeur à une époque désignée, il faudra chercher quel est son effet dans un temps très court, une seconde, par exemple, et faire le calcul exigé par notre fraction F; la force, à cet instant, sera de la sorte rapportée à la même unité que celle qu'on lui veut comparer.

Dès qu'on sait qu'une force est capable d'élever un poids P à M mètres de hauteur dans l'unité de temps, si son action se continue durant le temps T, c'est-à-dire pendant T unités de temps, la quantité d'action PM obtenue dans chacune sera donc répétée T fois; ainsi, *le produit* $P \times M \times T$ *sera la quantité d'action, ou l'effet dynamique*; c'est-à-dire que la force dans le temps donné aura produit ce nombre de dynamies $= PMT$, ou aura élevé à un mètre de hauteur le nombre PMT de kilogrammes, ou du moins fait un travail équivalent.

Ce n'est pas qu'on doive en conclure qu'une force est capable des mêmes unités dynamiques dans toutes les circonstances, son intensité restant la même; la forme et la disposition des machines, les Frottemens, la roideur des Cordes, la résistance des milieux, le plus ou moins de facilité de la force pour communiquer son action, etc., s'opposent à ce qu'il en soit ainsi : jamais une machine, quelque parfaite qu'elle soit, ne restitue l'effet du moteur dans sa totalité. Je veux dire que la force qui, sans le secours d'aucun appareil, pourrait élever 20 mètres cubes d'eau par heure à un mètre, lorsqu'elle se servira d'une machine, ne sera plus capable d'en élever que 12 ou 10, ou moins encore : le reste est absorbé par les résistances; ainsi l'on entend ce que les mécaniciens veulent dire par l'*effet utile* d'une machine, ou sa *quantité d'action*. Cette perte est inévitable, et il faut bien concevoir, que loin d'espérer qu'une machine puisse *créer de la force*, elle en absorbe au contraire; en sorte que jamais le nombre d'unités

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dynamiques obtenues par le secours de cet agent ne peut s'élever jusqu'à celui dont la force est capable par elle-même. *V.* le mot MACHINE, où ce sujet sera traité, et où nous ferons voir que le *mouvement perpétuel* est impossible à trouver, et que sa recherche est une chimère.

Il ne faudrait pas conclure de ce qu'on vient de dire, qu'il convient de ne pas employer de machines, sous prétexte qu'elles détruisent une partie de la force motrice : ces agens ont pour objet de rendre les forces capables d'effets qu'on n'obtiendrait pas sans eux, en donnant à celles-ci la direction et le mode d'application convenables. Un homme veut remuer une meule de moulin du poids de deux milliers, et la porter quelques pas plus loin pour en travailler la surface ; en vain il attendrait ce résultat de ses efforts ; il faudrait que la pierre fût cassée en morceaux pour qu'il pût la transporter, et qu'il se chargeât successivement de ses fragmens. On s'est assuré qu'il peut porter 60 kilogrammes à 14 mille mètres en 12 heures, ce qui fait 70000 unités dynamiques par heure, c'est-à-dire que son travail est l'équivalent du transport de 70000 kilogrammes à un mètre en une heure ; et cependant, il ne peut mouvoir à un décimètre de distance une meule de deux milliers. Mais armez ses bras d'un levier, il soulèvera cette masse, dont il ne portera plus qu'une fraction, par exemple, le dixième ; il est vrai qu'il fera parcourir au bout du levier qu'il tient, un chemin décuple de celui que décrira le fardeau ; mais avec le temps, il réussira à dresser la meule sur champ, puis à la rouler à quelques pas. Comptez ensuite le temps qu'il y a mis, et la distance parcourue, et vous verrez que vous serez loin d'avoir les 70000 dynamies.

De même, s'il faut monter une pierre très lourde du fond d'une carrière, dresser les mâts d'un navire, amener du rivage les fardeaux qu'on y a apportés, etc., vainement tenterait-on de le faire par la seule puissance de l'homme et des animaux ; mais les crics, les grues, les cabestans et autres agens qu'on emploie, en accroissent l'intensité, et les rendent capables d'efforts qui leur seraient impossibles sans ces secours. Il est vrai

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on paie cet avantage, puisque ces moyens absorbent une partie de la force, c'est-à-dire qu'on ne retrouve pas dans la quantité d'action effectivement obtenue, toute celle qu'on a été contraint de développer. Chaque homme serait capable d'élever, sans ces secours, 20 kilogrammes à 1 décimètre et demi de haut par chaque seconde; maintenant, il n'en monte plus que 8; le reste est perdu. Mais ce sacrifice est indispensable, parce que, sans cela, la force ne pourrait rien sur la résistance, ou ne la saisirait pas d'une manière assez avantageuse pour se développer en entier. (*V.* Machines.) Nous pouvons faire concevoir la cause de cette perte de force, lorsqu'on se sert de ces agens.

On a coutume, en Mécanique, de désigner par le nom de *force vive*, le produit d'une masse mue par le carré de la vitesse qu'on lui imprime. Il ne faut attacher à cette dénomination d'autre idée que celle d'un produit, ni chercher, dans des considérations métaphysiques, à expliquer la nature de cette grandeur. Cependant, il ne faut pas omettre de dire que la force vive est une quantité de même espèce que celle que nous avons appelée *quantité d'action* = PHT.

Pour faire concevoir cette proposition, rappelons-nous qu'un corps tombe, en vertu de la gravité, d'espaces qui *sont comme les carrés des vitesses acquises*. (*V.* Chute.) On appelle *vitesse due à une hauteur* H, celle V qui est produite par la gravité lorsqu'un corps tombe librement de cette hauteur H; on a $V^2 = 2gh$, g étant le nombre $9^m,81$, ou 30,2 pieds, vitesse acquise après une seconde de chute. En outre, si l'on jette un poids de bas en haut, son mouvement se ralentira de plus en plus, jusqu'à un terme de repos momentané, la hauteur d'ascension étant précisément *celle qui est due à la vitesse d'impulsion*. La gravité est une force qui agit, comme celle des animaux, par une action permanente; car la pesanteur pousse tout autant un corps quand il est en repos, que lorsqu'en tombant il en est à tel ou tel degré de sa chute; de même nous devons considérer notre force, quand elle s'exerce avec continuité pour produire un travail, comme pressant sans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cesse le corps à mouvoir, avec la même action, soit que le corps cède à cette pression, ou qu'il y résiste.

Imaginons que l'homme qui a élevé un fardeau en un temps quelconque, soit capable de réunir en un seul instant toutes les forces qu'il a dépensées successivement pour produire cet effet; luttant contre la gravité dans les deux cas, il devra élever le fardeau à la même hauteur. Ainsi, cette hauteur sera la mesure de la quantité d'action employée au travail; et puisque *la hauteur croît comme le carré de la vitesse* (*V.* T. I, page 268), on voit que *la force vive*, ou *le produit d'un poids par le carré de la vitesse qu'on lui imprime, mesure la quantité d'action employée à communiquer cette vitesse au poids*. Mais pour que le théorème soit intelligible et applicable à la Mécanique, il ne faut pas oublier qu'il suppose qu'on considère, non pas l'intensité de la force à un instant, mais la somme totale des effets qu'elle a produits dans un temps donné, comme si l'on eût réuni en un seul effort instantané tous les efforts successifs qu'on a produits dans une durée déterminée.

On conçoit maintenant la vérité de ce que disait Montgolfier, quand il affirmait que la *force vive dépensée en produisant un travail, est ce qu'on a payé pour obtenir ce résultat*, et aussi qu'il faut surtout éviter d'employer dans les machines des actions qui fassent perdre des forces vives, telles que les chocs, les frottemens, etc. Nous allons bientôt revenir sur ce sujet; et comme toutes les machines présentent à des degrés divers ces causes de destruction de forces vives, on voit qu'aucun de ces agens ne saurait restituer intégralement la force qu'on lui confie, encore moins l'augmenter. (*V.* MACHINE.) La force vive développée dans un travail peut certainement servir de mesure à la puissance totale qui l'a accompli, mais moins commodément que le produit PHT, dont on fait usage en dynamique, parce que la force vive suppose qu'on sache sommer tous les efforts partiels qui ont été faits, ce qui n'est guère possible en général.

Puisque la force a pour mesure de sa quantité d'action sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le poids P, le produit PV^2 (V étant la vitesse imprimée par un effort instantané égal à la somme de tous les efforts développés), la force quadruple ou $4PV^2 = P(2V)^2$ ne produira qu'une vitesse double; la force neuf fois plus grande, une vitesse triple, etc. On avait autrefois regardé comme un axiome de philosophie, que *les effets sont proportionnels à leurs causes;* on voit que rien n'est plus faux. C'est ainsi qu'il faut une vitesse de projection double, pour lancer verticalement un corps à une hauteur quadruple, une force vive neuf fois plus grande pour obtenir une vitesse triple, etc.

Ces considérations font concevoir que la force qui agit sur une machine dépense, pour produire un travail, une quantité d'action mesurée par le produit PHT, tandis que la machine altérant plus ou moins cet effet, ne donne qu'un *effet utile* variable selon les cas. Cet effet utile est aussi mesuré par un produit P'HT, P' étant le poids réellement élevé à la hauteur H durant T unités de temps; car on peut dire de la machine tout ce qu'on a dit du moteur, et supposer, par abstraction, que la machine est un agent capable de développer par soi-même une force, en pressant la résistance et la suivant dans toutes ses positions, ainsi que le fait le moteur sur un point de la machine.

II. *Des forces de pression.*

Nous avons considéré les moteurs comme agissant perpétuellement sur la résistance dans tous les lieux successifs qu'elle lui fait occuper; mais il est une autre action qui ne produit aucun mouvement et n'engendre actuellement aucune vitesse; tels sont les Poids, lorsqu'ils reposent sur des obstacles fixes, les Ressorts qu'on maintient bandés, l'action de l'eau sur les parois des réservoirs, celle de la vapeur coercée, la pression de l'atmosphère, etc. Ici la force est détruite aussitôt qu'engendrée; elle renaît, il est vrai, à chaque moment; mais c'est pour être sans cesse anéantie. On nomme ces actions perpétuellement créées et détruites, des *pressions*, ou des *forces mortes*, par opposition aux forces vives, que nous avons d'a-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bord considérées. Ainsi, il faut distinguer les puissances en deux ordres : s'il s'agit, par exemple, de la force d'un homme, on peut demander quel fardeau il peut supporter, ou bien quel poids il peut monter dans un temps connu. Dans le premier cas, il résiste à une simple pression ; dans le second, il fait prendre du mouvement à un poids, ce qui est fort différent; le poids est en repos lorsqu'il y a simple pression détruite, il se meut quand il y a un travail produit.

Il est bien vrai que nous voyons des machines mues par des poids et des ressorts; telles sont les montres et les pendules; mais la vitesse que ces puissances communiquent est à chaque instant détruite par l'acte de l'ÉCHAPPEMENT, d'où résulte que le ressort se débande si peu chaque fois, le poids descend si lentement, que l'état des choses peut être considéré comme dû à une simple pression; seulement, il faut prévoir que ce moteur perd peu à peu sa vertu, et qu'après un temps plus ou moins long, la source de mouvement est épuisée; il faut alors ranimer le moteur, c'est-à-dire, rebander le ressort, ou remonter le poids.

Nous sommes donc conduits à distinguer deux genres de forces, les unes actives et produisant un travail mesurable, les autres renaissantes comme les premières, mais sans cesse détruites par les obstacles inébranlables sur lesquels elles s'exercent; dans un cas il y a mouvement; dans l'autre il n'existe qu'une simple tendance à se mouvoir, et alors *la force est mesurée par le produit de la masse du corps, multipliée par la vitesse naissante*, ou *virtuelle*, c'est-à-dire par la vitesse qu'il prendrait au premier moment, si l'obstacle était ôté. Cette vitesse est, il est vrai, infiniment petite; mais elle a un rapport fini avec toute autre de même espèce, et c'est précisément ce rapport qu'il importe d'avoir. Ici, comme dans le CHOC, la mesure de la force est la quantité de mouvement, ou le produit d'une masse par une vitesse, tandis que la force vive se mesure tout différemment.

Il y eut autrefois de grandes discussions entre les savans sur la mesure des forces; elles étaient, selon les uns, proportion-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nelles aux simples vitesses, et selon les autres à leurs carrés; et, ce qui surprenait, c'est qu'en partant de bases aussi différentes, et cherchant à résoudre divers problèmes de Mécanique, on arrivait cependant des deux côtés aux mêmes conséquences; car on était parfaitement d'accord sur les résultats dynamiques. Mais il est clair, par ce qui précède, que la mesure des forces, tirée de leurs *effets*, devait être différente, si l'on entendait des grandeurs inégales par le même mot *effet*. En raisonnant juste, dans les deux hypothèses, on devait arriver à des résultats identiques, quoique tirés d'élémens en quelque sorte contraires. L'obscurité ne venait que de ce qu'on attachait au même terme, *effet*, des acceptions différentes. Pour nous, ce sujet doit être éclairci. Nous distinguons deux espèces d'effets, la force qui engendre un mouvement, et qui est de la nature du nombre que nous avons appelé *force vive*, proportionnelle au carré de la vitesse, sera mesurée par le nombre d'unités dynamiques dont cette puissance est capable dans un temps donné, c'est-à-dire par le nombre de kilogrammes qu'elle peut élever à un mètre de hauteur. Les pressions, ou forces mortes, n'engendrant aucune vitesse actuelle, sont seulement capables d'en produire, sont de véritables *quantités de mouvement*, mesurées par le produit des masses par les vitesses virtuelles, et par des vitesses finies dans le cas de choc.

Les pressions ne sont point comparables aux forces vives, qui sont d'une toute autre nature; mais elles le sont entre elles, et se servent de mesure les unes aux autres. Ainsi, on conçoit ce que veut dire le mécanicien quand il exprime qu'un ressort est tendu par une force de 1, 2, 3... kilogrammes; il indique que la puissance capable de supporter ce poids, éprouverait la même résistance qu'en tendant ce ressort; et quant à la distribution d'un poids ou d'une pression sur les divers points qui la supportent, *voyez* ci-après la *Composition des forces parallèles*.

Les pressions, poids, ressorts, sont donc des forces de même espèce, dont l'une peut servir à mesurer les autres. Ainsi, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dit qu'*une portion de la paroi d'un réservoir plein d'eau est pressée par un tel poids*, parce que, si cette paroi était horizontale et chargée de ce poids, elle en ressentirait la même action. Les forces de pression des animaux sont aussi mesurées par des poids; et, pour estimer cette mesure, on se sert d'un instrument dont les indications sont tirées de l'effort que des poids exercent sur un ressort; c'est le DYNAMOMÈTRE, dont nous avons exposé la construction et l'usage. Le courant d'un fleuve exerce de même une pression, dont la mesure se tire de ses effets. (*V.* les mots ÉCOULEMENT et EAU.)

Nous avons dit que les machines dissipent une partie de la force du moteur; mais cette perte est variable selon les cas, et lorsqu'on veut économiser la force, la meilleure machine est celle qui ne fait entendre aucun bruit, qui ne cause aucune trépidation, aucun soubresaut; car les chocs font toujours perdre de la force. Nous ferons voir, au mot PERCUSSION, que *toutes les fois qu'il y a un changement brusque dans la vitesse, une partie de la force vive est toujours détruite.* On se rend donc raison de la vérité que nous avons établie au mot CHOC, lorsque nous avons dit qu'on devait éviter avec soin ces sortes de changemens, puisque tous les chocs, outre qu'ils causent la prompte ruine de la machine, font perdre encore une partie de la force motrice, et par suite coûtent des dépenses sans donner de produit. C'est bien assez des pertes inévitables dues aux résistances et aux frottemens, sans y ajouter celles qui résultent des trépidations destructives de la force et de l'agent.

Aussi, à l'exception des BOCARDS, des MOUTONS destinés à faire entrer les pieux en terre, des abattis à la HACHE, des COINS qu'on fait entrer à force de coups, des efforts de MARTEAUX et de MARTINETS, et de quelques autres cas, ne fait-on jamais agir les forces que par une continuité permanente. Les poids, les ressorts, dont l'action est continue et régulière, servent de moteurs dans un grand nombre de circonstances, que nous aurons soin d'indiquer par la suite. Quand la nature des choses exige que la vitesse varie, on a soin que ce soit graduellement; et même, si le moteur ne peut exercer une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

action constante, on en régularise les effets à l'aide des VOLANS, des RESSORTS, ou des RÉSERVOIRS D'AIR comprimé. (*V.* ces mots.)

C'est un théorème de Mécanique, que toutes les fois que les corps décrivent des courbes continues et sans jarrets, les forces vives restent les mêmes, en faisant abstraction des résistances; mais les frottemens affaiblissent les actions au point de les anéantir bientôt. On verra cette proposition démontrée dans ma Mécanique (5e édition, page 387); elle dépend d'une analyse trop élevée pour pouvoir trouver place ici. On y trouvera aussi la démonstration du *principe de la moindre action*, qui est liée au sujet que nous traitons.

Les obstacles que les machines et les causes extérieures opposent aux puissances, sont de six espèces : 1°. la roideur des cordes et leur poids (ce sujet a été traité à son article, T. VI, page 60); 2°. les FROTTEMENS (*V.* ce mot.); 3°. la RÉSISTANCE des milieux; 4°. l'obliquité d'action; il en sera question à la *Composition des forces*, page 299; 5°. les changemens brusques de vitesse, qui font perdre de la force vive, ainsi qu'on vient de le faire remarquer; 6°. enfin, le défaut de solidité des appuis, qui permet aux pièces de remuer dans leurs ajustemens, et dissipe en pure perte une partie de la force, en même temps que la machine éprouve des trépidations destructives. On conçoit qu'il est toujours possible d'éviter cette dernière cause de diminution des forces, en n'employant que des agens de bonne et solide construction.

Nous avons vu que les pressions sont comparables entre elles, mais qu'elles sont infiniment petites à l'égard des forces vives; en sorte que ce sont deux ordres de puissances différentes. Il convient cependant d'ajouter que les moteurs n'agissent que par des pressions, dont la continuité produit des vitesses finies; et quoique le temps qui sépare le premier acte d'une pression de celui où la machine entre en jeu soit fort petit, cependant ce temps est réel et assignable. L'homme dont les mains attaquent une manivelle, ne lui donne le mouvement qu'elle doit conserver qu'en passant par tous les degrés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

depuis zéro ; la pression qu'il exerce d'abord est très forte quand la roue est encore immobile ; mais elle diminue à mesure que la roue prend plus de vitesse, jusqu'au terme où la rotation se conserve uniforme, et la vitesse et la pression constantes. L'eau qui presse la palette d'une roue hydraulique de son seul poids (et l'on doit, comme il a été dit, éviter autant qu'on le peut le choc du fluide) ne lui imprime la vitesse de rotation qu'elle prendra, que peu à peu. L'air, qui pèse sur tous les corps, pousse le piston d'une pompe où le vide a été produit, et imprime une force vive. Il en est de même dans tous les cas où les corps cèdent à la pression ; celle-ci n'est comparable qu'à un poids quand elle est détruite ; elle l'est à une force vive quand elle surmonte l'obstacle, parce que chaque pression partielle engendre une vitesse fort petite ; et ces vitesses, en s'ajoutant, acquièrent une valeur finie.

III. *Des irrégularités des actions motrices, et du maximum de la quantité d'action.*

L'effort que les animaux sont capables d'exercer varie avec une foule de circonstances dont il convient de tenir compte avec soin ; nous en allons énumérer les principaux effets.

Si l'action doit être prolongée, elle devient beaucoup plus faible que si elle ne s'exerce que momentanément ; le rapport entre ces deux effets varie selon les cas ; mais on a coutume de supposer qu'*une force continue n'est que le tiers de ce qu'on peut la concevoir quand elle agit dans une courte durée.* On peut exiger d'un cheval qu'il donne un fort coup de collier, d'un homme qu'il porte un fardeau considérable, ou qu'il coure avec une grande vitesse ; mais s'il doit agir durant une heure, ou plus, il cesse de pouvoir soutenir sa force au même degré. On est conduit, dans certains cas, à employer des relais, de manière que les animaux ne travaillent que par alternations de repos et d'actions. De là se présente cette question, de savoir quelle doit être la durée de chaque période pour que l'ouvrage produit soit le plus grand possible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous donnerons plus tard les élémens que l'expérience a fait connaître pour résoudre cet utile problème.

Ce n'est pas seulement quand il s'agit d'obtenir des effets momentanés très considérables, qu'il faut compter que la force cessera d'agir temporairement; car, à moins qu'on n'emploie les agens naturels, tels que le vent, l'eau et la vapeur, il faut toujours accorder un repos à la force motrice. L'homme ne peut guère travailler plus de 8 ou 10 heures par jour, partagées en deux ou trois intervalles; le cheval ne peut aller plus de 6 à 8 heures, quand on veille à sa conservation. Aussi, dans les travaux qu'on ne veut pas interrompre, on établit des relais; il faut, par 24 heures, 3 à 4 chevaux pour un seul, 3 hommes au lieu d'un; enfin, il faut calculer que le travail de nuit n'est jamais aussi bon, et est toujours plus coûteux que celui de jour.

La manière dont la force est appliquée peut aussi changer son énergie. Ce n'est pas la même chose pour un homme de tirer, de pousser, de s'aider du poids de son corps, d'exercer la puissance musculaire de ses jambes, de ses cuisses, de ses bras ou de ses reins. C'est donc ce qu'il faut étudier avec soin par expérience. La fatigue que l'animal éprouve varie encore selon les circonstances, l'âge de l'individu, la saison, etc. (1).

Ainsi la *quantité d'action* qu'engendre un moteur change avec les circonstances. Cette quantité étant le produit d'une pression P par une vitesse V, ou $= PV$, varie avec les deux facteurs, à moins que l'un ne croisse proportionnellement aux diminutions de l'autre; et il est général que l'un augmente quand l'autre diminue. Par exemple, lorsqu'on expose les aubes d'une roue à un courant d'eau, celle-ci est d'abord immobile, la vitesse V est nulle, mais la pression P est la plus grande possible: la roue entre en mouvement, et la pression P s'affaiblit à mesure que V croît; et même si la vitesse devient

(1) Coulomb assure qu'à la Martinique, où le thermomètre marque rarement moins de 20°, les hommes ne produisent que la moitié de la quantité d'action dont ils sont capables en France

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celle du courant, P est nul. Entre ces deux cas extrêmes où la quantité d'action PV est également nulle, concevez tous les intermédiaires, et vous aurez l'idée d'un état où le produit PV est le plus grand possible, état qu'il importe de connaître, puisqu'alors la force est appliquée avec le plus d'avantage.

Autre exemple : Qu'un homme agisse sur une manivelle; la plus grande pression qu'il peut exercer, a lieu quand la manivelle est en repos; alors $V = o$, et la quantité d'action produite est nulle. A mesure que la vitesse V augmente, l'homme est obligé d'employer une partie de sa force à suivre la barre sur laquelle il agit, et la pression est moindre; on se représente même un terme où la vitesse pourrait être assez grande pour que l'acte de presser fût absolument impossible, et où toute la force serait employée à suivre la rotation d'un point qui fuit sans cesse avec rapidité : dans cet état la pression P serait encore nulle, aussi bien que la quantité d'action PV. Quel est, entre ces deux états opposés, celui où les valeurs de P et de V sont telles que le produit PV est un maximum? Mais il faut en outre avoir égard à la durée du travail, puisqu'on peut accidentellement obtenir des efforts qui ne seraient que momentanés, et que l'homme ne pourrait soutenir pendant une journée entière de 8 à 10 heures. C'est à l'expérience à décider de ces données.

Pour déterminer la quantité d'action ou l'effet dynamique dont un moteur est capable, il faut considérer trois choses : la pression qu'il exerce sur la résistance à la vaincre, la vitesse qu'il imprime, et enfin le temps pendant lequel il peut soutenir cette action. Puisque ces deux premiers élémens, la pression et la vitesse, sont tellement liés ensemble, que si l'une est la plus grande possible, l'autre devient nulle, et que la quantité d'action ou le produit de ces nombres est égal à zéro, ce produit variant avec ces facteurs, dont l'un croît quand l'autre diminue, il existe visiblement un état qui donne le plus grand produit possible. Cet état, où la quantité d'action est un maximum, est celui dont on doit toujours tendre à se rapprocher, puisqu'on arrive à des résultats plus forts que dans toute

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre disposition. Il suit des travaux de Coulomb, Euler, Prony, Schulze (Mémoires de l'Académie de Berlin, 1793), que le maximum de quantité d'action s'obtient quand la vitesse du travail est le tiers de celle dont l'homme ou le cheval est capable lorsqu'il n'exerce aucun effort, et que la pression est les $\frac{4}{9}$ de celle qu'il peut produire quand la vitesse est nulle. Cette force de pression, mesurée par le dynamomètre, varie pour l'homme de 50 à 71 kilogr.; elle va à 140 ou 150 kilogr. en s'aidant des mains et des reins. Pour le cheval, le tirage au dynamomètre va de 300 à 525 kilogr. Quant à la plus grande vitesse, elle est de 8 mètres par seconde pour l'homme, et de 15 pour le cheval, quand la pression est nulle. Lorsqu'on veut économiser la force et en tirer le meilleur parti possible, il convient donc de n'employer que les machines où le moteur a pour vitesse le tiers de cette vitesse, et où il exerce une pression qui soit les $\frac{4}{9}$ des pressions qu'on vient d'indiquer. Les nombres cités dans le tableau qui suit, sont conformes à cette théorie.

Mais il s'en faut de beaucoup qu'on ait toujours intention de ménager la force, et il y a une foule de circonstances où cette puissance est donnée par la nature avec une générosité qui dispense de songer à cette économie; les cours d'eaux, l'action du vent, en sont des exemples. Dans d'autres cas, quoiqu'il y ait de l'avantage à ne pas dépenser de la force inutilement, l'objet qu'on regarde comme plus important, est d'obtenir une grande vitesse, ou de surmonter un obstacle puissant, ou de loger une machine dans un petit espace, ou d'obtenir une vitesse uniforme, ou de préférer des machines simples et peu coûteuses, ou, etc. : on s'écarte alors de la règle de maximum dont on vient de parler, pour obtenir d'autres avantages qu'on regarde comme préférables, mais qu'on paie aux dépens de la force. Il n'est pas possible d'entrer ici dans tous ces détails : il nous suffit d'avoir montré les moyens d'évaluer l'action des forces et de les avoir considérées dans les circonstances où on les emploie le plus ordinairement. On devra diriger le calcul de la même manière dans toutes les autres circonstances.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IV. *Force de l'homme et des animaux.*

Lorsque l'homme agit par son poids et par celui dont on peut charger son corps, la pression qu'il exerce est mesurée par ce poids même. S'il agit par sa force musculaire, nous avons dit au mot DYNAMOMÈTRE, que les résultats sont excessivement variables selon les individus; mais que la force moyenne de pression peut être évaluée à 130 kilogrammes (265 livres), à peu près le double du poids de l'individu. La pression qu'un homme encore assis exerce avec ses jambes est très vigoureuse; elle est de 300 kilogrammes et plus, quand l'individu est robuste. La force moyenne du tirage d'un cheval ordinaire est d'environ 360 kilogrammes (736 livres). Venons aux quantités d'actions produites.

D. Bernoulli avait pensé (*V.* le Mémoire sur les moyens de suppléer en mer à l'action du vent, prix de l'Académie des Sciences, T. VIII), qu'en se renfermant dans les limites de la force naturelle des animaux, on pouvait varier à volonté l'effort, la vitesse et la durée de leur action, et qu'ils en ressentaient la même fatigue, pour une même quantité d'action produite : qu'un homme, par exemple, quelle que fût l'espèce de travail auquel il serait livré, serait également fatigué, si le produit qui mesure l'ouvrage fait, ou plutôt la quantité d'action développée, était le même. Bernoulli estimait qu'*un homme peut, par seconde, élever* 20 *livres à* 3 *pieds ; ce qui revient à* 9,55 *kilogrammes à un mètre*, ou, selon notre langage, 9,55 *dynamies ou unités dynamiques chaque seconde* : en 8 heures, il produit donc 275000 unités, ou élève 275 mèt. cubes d'eau à un mètre de hauteur : et, selon ce savant, toute espèce de travail auquel un homme s'applique, devrait produire un résultat équivalent au précédent (déduction faite des pertes occasionnées par les machines).

Mais les recherches de Coulomb ont montré que les choses étaient loin de se passer ainsi : selon la nature du travail auquel la force de l'homme est employée, la quantité d'action

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

développée varie considérablement. Ce savant a démontré que lorsqu'il s'agit de monter en haut d'un escalier, sans autre charge que le poids de son corps, un ouvrier ne produit en un jour que 280000 *dynamies*, tandis que le même homme n'en donne que 71000 lorsqu'il élève des poids au moyen d'une corde passée sur une poulie. Les résultats varient aussi avec les individus et les causes locales. On conçoit toutes les incertitudes qui doivent exister dans un semblable sujet, et pourquoi les auteurs diffèrent si souvent dans l'appréciation des forces. Les résultats obtenus par Coulomb, Smeaton et Guenyveau (Essai sur la science des machines), ont été examinés avec soin par M. Navier, qui a cru devoir donner aux appréciations de la force de l'homme et des animaux les valeurs que nous allons faire connaître : ce travail nous a paru le plus exact et le plus complet de tous ceux qui ont été faits jusqu'à ce jour (*V.* l'Architecture hydraulique de Bélidor, par M. Navier, T. I, p. 396). Il ne faut, pas oublier que les nombres ne sont ici que des termes moyens, qui peuvent varier, selon les circonstances, d'un quart et même d'un tiers, tant en plus qu'en moins.

Nous recommandons à cet égard la lecture du Mémoire cité de Coulomb, de l'ouvrage de M. Guenyveau, et de la Mécanique de M. Hachette.

Dans ce qui suit, il faut, par le mot *dynamie*, entendre le poids d'un litre d'eau, ou un kilogramme, élevé à un mètre ; et, par *une grande dynamie*, le poids d'un mètre cube d'eau, ou mille kilogrammes montés à la même hauteur.

1°. *Transport horizontal des poids.* (*V.* Fardeaux.)

Un homme, sans autre charge que celle du poids de son corps, évalué à 65 kilogrammes, marche sur un chemin horizontal, avec la vitesse d'un mètre et demi par seconde (1),

(1) Les ingénieurs qui s'exercent à mesurer les distances au pas, estiment que chaque pas vif et alongé est de 8 décimètres ou 2 pieds et demi. Chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et parcourt 40 à 50 kilomètres par jour. En portant à 10 heures le temps de sa marche diurne, on trouve qu'il produit ainsi 2340 grandes dynamies.

En se promenant en plaine, la vitesse n'est que de 13 à 16 décimètres : les militaires estiment que le pas d'infanterie est de 8; le pas accéléré, de 11 ; le pas de course, de 21 décimèt. par seconde; la longueur, dans tous les cas, est de 2 mètres pour 3 pas. Le soldat en marche porte un poids d'environ 18 à 19 kilogr. en temps de paix, et 25 à 26 en temps de guerre; et même les grenadiers portent 20 kilogr. dans le premier cas, et 27 dans le deuxième.

Dans les courses du Champ-de-Mars, M. Bouvard a remarqué que la vitesse des coureurs, dans leurs assauts, allait jusqu'à $7,^{m}7$ par seconde.

Un manœuvre qui transporte une charge sur son dos, puis revient à vide pour prendre une nouvelle charge, porte 65 kilogrammes avec 5 décimètres de vitesse par seconde; ce qui fait 117 grandes dynamies par heure. Il peut supporter ce travail durant 6 heures par jour, ce qui produit 702 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre.

Un voyageur, chargé sur son dos, porte 40 kilogr. avec 7 décimètres et demi de vitesse; il produit 108 grandes dynamies par heure; et durant 7 heures de travail diurne, il en produit 756.

Un manœuvre transportant des matériaux sur un camion à deux roues, et revenant à vide prendre une nouvelle charge, porte 100 kilogr. avec une vitesse de 5 décimètres par seconde; ce qui fait par heure 180 grandes dynamies. Chaque jour, il peut supporter ce travail durant 10 heures, ce qui fait l'équivalent de 1800 mètres cubes d'eau élevés à un mètre de hauteur.

S'il se sert d'une brouette, et qu'il revienne à vide, il ne

---

double pas compte pour 5 pieds, ou $1^{t}—1^{p}$; du nombre total des doubles pas, on ôte le sixième, le reste est le nombre de toises de la distance : ou bien, à ce nombre, on ajoute son quart, et l'on a la quotité de mètres. On est surpris de la précision de cette évaluation, en apparence si grossière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

porte que 60 kilogr. avec la même vitesse, et ne produit que 1080 grandes dynamies en 10 heures par jour.

On regarde le *cheval* comme ayant une force 7 fois plus grande que celle de l'homme; mais les circonstances où l'on emploie cet animal influent beaucoup sur les résultats. Voici ce que l'expérience démontre :

La plus grande vitesse du cheval, pour une course de 7 à 8 minutes, est de 12 à 15 mètres par seconde. Le pas ordinaire de la cavalerie est de 8 $\frac{1}{3}$ décimètres avec la vitesse de $1^m \frac{2}{3}$; au trot, le pas est de 11 décimètres, parcourant $3^m,3$ par seconde; au galop, le cheval parcourt $3^m,2$ à chaque saut, avec la vitesse de $5^m,3$ par seconde. Le poids du cavalier et de sa charge est de 80 kilogr. Le cheval peut parcourir chaque jour 40 kilomètres en 7 à 8 heures. Le poids de l'animal est de 225 à 250 kilogr.

Un cheval chargé sur son dos, et allant au pas, porte 120 kilogrammes avec 11 décimètres de vitesse par seconde, ce qui fait 475 grandes dynamies par heure. Il peut aller 10 heures par jour, en tout l'équivalent de 4752 mètres cubes d'eau élevés à un mètre.

Si l'animal va au trot, il ne porte plus que 80 kilogr. avec $2^m,2$ de vitesse durant 7 heures; ce qui fait 634 grandes dynamies par heure, 4435 par jour.

Un cheval transportant des fardeaux sur une charrette, et marchant au pas, continuellement chargé, transporte 700 kilogrammes (1), avec 11 décimètres de vitesse par seconde, ce qui fait 2772 grandes dynamies par heure, et 27720 par un

(1) M. Hachette dit qu'on calcule la charge des charrettes dans les entreprises de roulage, à raison de 700 à 750 kilogrammes par cheval, non compris le poids de la voiture. Le tirage d'un bon cheval est d'environ 140 kilogrammes : il parcourt 38 à 40 kilomètres par jour, en 8 à 9 heures, sur un bon chemin horizontal. Les chevaux des diligences ou de la poste font, au trot, 8 kilomètres à l'heure, et parcourent 34 à 38 kilomètres par jour, avec un tirage d'environ 90 kilogrammes. Dans le premier cas, l'effet dynamique diurne est de 5600; dans le deuxième, il est 3420 grandes dynamies; l'une est 1,6 fois l'autre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travail diurne de 10 heures. S'il revient à vide chercher une autre charge, il tire 700 kilogr. avec 6 décimètres de vitesse pendant 10 heures; ce qui produit 15120 grandes unités dynamiques par jour. (*V.* CHEVAL, T. VI, p. 180.)

Un cheval attelé à une voiture et trottant avec sa charge, transporte 350 kilogr. avec 2^m,2 de vitesse par seconde, ce qui fait 2772 grandes dynamies; mais l'animal ne peut supporter cette fatigue que durant 4 heures et demie par jour, ce qui ne fait que l'équivalent de 12474 mètres cubes d'eau élevés à un mètre.

Dans l'action de *tirage des bateaux*, voici les résultats qu'on obtient ordinairement. Un seul homme, selon M. Perronet (T. II, p. 46 de ses œuvres), tire un bateau chargé de cent milliers sur le canal de Loin, et en 10 jours il parcourt 110 kilomètres. Si l'on évalue à 10 kilogr. la force de tirage développée, ce travail produit 110 grandes dynamies par jour.

Un cheval tire seul un bateau chargé de 300 milliers, et parcourt 8 kilomètres par jour. Si l'on suppose le tirage de 100 kilogrammes, le travail diurne est de 800 grandes dynamies. Ainsi les forces développées par l'homme et le cheval sont entre elles comme 110 est à 800; à fort peu près, celui-ci est 7 fois l'autre. Cependant on trouve que les effets utiles ne sont guère par jour que comme 11 est à 24, ou 1 à 2,2, selon M. Hachette.

2° *Élévation verticale des fardeaux.*

Un homme montant une rampe douce, ou un escalier, sans autre charge que le poids de son corps, évalué à 65 kilogr., à 15 centimètres de vitesse verticale par seconde, ce qui fait 35100 dynamies par heure: ce travail soutenu durant 8 heures par jour, produit 281 grandes dynamies.

Dans le battage des pilotis, à l'aide d'un mouton, on donne environ 20 coups par minute, le travail est de 3 à 4 minutes, qu'on fait suivre d'un repos d'égale durée: la journée n'est que de 6 heures, dont 3 sont employées au repos. Chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

homme soulève un poids de 19 kilogr. environ, à 11 décimètres de hauteur. L'effet dynamique revient à élever 77 mètres cubes d'eau à 1 mètre par jour. D'autres expériences ont donné des résultats encore plus faibles que le précédent.

Un manœuvre élevant des poids à l'aide d'une corde passée sur une poulie, et qui laisse redescendre le seau et la corde à vide, enlève 18 kilogr. à 2 décimètres par seconde, ce qui fait 12960 dynamies par heure, et, en un travail de 6 heures, produit 77760 kilogr. élevés à 1 mètre.

Et, s'il élève des fardeaux à la main, il porte 20 kilogr., et peut encore travailler 6 heures par jour; il élève les fardeaux avec 17 centimètres de vitesse par seconde; ce qui produit plus de 7344o dynamies.

Un manœuvre qui, chargé sur le dos, monte des poids sur une rampe douce ou un escalier, peut porter 65 kilogr. avec 4 centimètres de vitesse verticale par seconde, ce qui fait 936o dynamies par heure, et 56160 par jour, pour un travail de 6 heures.

Il faut remarquer que le plus grand de tous ces résultats est celui qu'on obtient quand l'homme ou le cheval monte sans porter d'autre poids que celui de son propre corps. C'est ainsi qu'un ouvrier qui monte du bois ou de la houille, à l'aide d'un escalier, ne porte, outre son poids, que 53 kilogrammes au plus, et ne produit guère que 112 à 120 grandes dynamies par jour (en y comprenant son propre poids de 56 kilogrammes), au lieu de 281 qu'il obtiendrait en montant à vide. Il y aurait donc de l'avantage à laisser monter les ouvriers sans charge, et à les faire ensuite descendre dans un panier, qui enlèverait, à l'aide d'une corde et d'une poulie, un poids égal au leur. L'effet utile serait rendu quadruple.

Le cheval qui élève en un jour son seul poids de 25o kilogrammes environ, à 20 kilomètres, enlèverait de même un poids égal au sien, à la même hauteur, et produirait 5000 grandes dynamies; effet, six fois plus grand, que si l'on chargeait l'animal, ou s'il tirait des fardeaux. (*V.* CHEVAL.)

Du reste, on devrait s'opposer à l'accélération de la chute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3°. Action sur les machines.

Un manœuvre agissant sur une roue à cheville ou à tambour, au niveau de l'axe de la roue, porte 60 kilogrammes, avec 15 centimètres de vitesse par seconde; et s'il agit, par son seul poids, vers le bas de la roue, il ne porte plus que 12 kilogrammes, avec 7 décimètres de vitesse. Dans le premier cas, il produit 32400 dynamies par heure, et 30240 dans le deuxième, ce qui fait pour un travail diurne de huit heures environ 259 ou 242 grandes dynamies.

Un homme qui marche en tirant ou poussant dans une direction horizontale, transporte 12 kilogrammes, avec 6 décimètres de vitesse par seconde, ce qui produit 25920 dynamies par heure; durant huit heures de travail diurne, on trouve que l'effet utile est d'environ 207 grandes dynamies.

Et s'il agit sur une manivelle, il ne porte plus que 8 kilogrammes, avec 75 centimètres de vitesse, ce qui donne 21600 dynamies : un travail de huit heures par jour donne la quantité d'action d'environ 173 grandes dynamies; c'est-à-dire que le travail de l'ouvrier revient à élever en un jour 173 mètres cubes d'eau à 1 mètre par jour.

Un rameur peut, selon D. Bernoulli, fournir 275 grandes dynamies, par un travail diurne de 8 heures.

D'après M. Hachette, un homme qui tire de l'eau d'un puits au moyen d'une corde, n'obtient pour quantité d'action de son travail diurne que 71 grandes dynamies; on a 116, quand il est appliqué à la manivelle d'un treuil; et 110 seulement, lorsqu'il tire avec une bricole. Ces résultats sont plus faibles que les précédens que donne M. Navier; mais nous avons expliqué précédemment la cause des différences entre les quantités d'action obtenues, par expérience, dans les diverses circonstances où les épreuves ont été faites.

Un cheval attelé à un manège, et allant au pas, monte 451 kilogrammes, avec 9 décimètres de vitesse par seconde, ce qui fait 145800 dynamies par heure; un travail diurne de 8 heures

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

produit donc, pour quantité d'action, environ 1166 grandes dynamies. Un cheval qui tire de l'eau à l'aide d'un manège, peut donc élever 1166 mètres cubes d'eau par jour, à 1 mètre de hauteur.

Et si l'animal court au trot, il ne monte plus que 30 kilogrammes, avec 2 mètres de vitesse durant 4 heures et demie par jour; ce qui produit 972 grandes dynamies.

M. Hachette cite diverses expériences de manège, desquelles il résulte qu'il n'a observé que les quantités diurnes d'actions suivantes : savoir, 585, 842, 595, 675 et 1560 grandes dynamies; en excluant ce dernier nombre, donné pour douteux par l'auteur, on ne trouverait que 674 grandes dynamies pour terme moyen; cette quantité d'action diurne est beaucoup au-dessous de celle que donne M. Navier : mais ce sont ici des *effets utiles*.

Les constructeurs de machines à vapeur indiquent la force d'un de ces appareils en la comparant à celle d'un cheval, qu'ils supposent perpétuellement attelé, sans diminution de vigueur. Cet être hypothétique n'est donné que comme un moyen d'estimer la force dont la machine est capable, afin de pouvoir en conclure qu'en fonctionnant sans cesse, elle donnera des résultats numériques sur lesquels on puisse compter. En ce sens, un cheval de machine à vapeur est censé capable de 250 grandes dynamies par heure; savoir 6000 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre par un travail de 24 heures. (*V.* CHEVAL.)

On emploie encore aux travaux divers autres animaux, tels que les bœufs, mulets, ânes, chameaux, buffles, rennes. L'expérience n'a pas encore permis de constater les quantités d'action qu'on peut en obtenir. On regarde communément l'âne comme ayant une force double de la nôtre, le bœuf comme tirant avec la même force que le cheval, etc.; mais ces appréciations sont trop vagues pour contenter l'esprit, puisqu'on n'y a point égard à un travail continué, non plus qu'aux conditions où se trouve l'animal dont on emploie la force. C'est le travail total ou l'effet dynamique après un temps donné, qu'il importe de connaître; tels sont les résultats qui sont consignés dans le tableau qui précède pour l'homme et le cheval. Il est fâcheux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on n'ait pas, pour les autres animaux, des valeurs numériques de ce genre; car chacun d'eux peut être soumis avec plus d'avantage à un mode d'action particulier. C'est ainsi que le bœuf est plus propre au trait, le chameau, le mulet et l'âne à porter des fardeaux, etc.....; et quoiqu'on regarde le bœuf comme capable de tirer avec une force presque égale à celle du cheval, comme il est beaucoup plus lent, l'effet dynamique qu'on en obtient n'est que la moitié de celui de ce dernier animal; souvent les bœufs sont attachés et soumis au joug par leurs cornes, parce que de la sorte ils sont plus dociles. Buffon prétend qu'il y aurait beaucoup plus d'avantage à faire tirer le bœuf par ses épaules. Le buffle est plus fort que le bœuf; il sert comme lui au trait et au labourage: deux buffles enchaînés à un chariot tirent autant que quatre chevaux; on les dirige au moyen d'un anneau qu'on leur passe dans le nez; on en fait un fréquent usage dans le midi de l'Italie. Les chameaux, si souvent employés dans les pays chauds, sont aussi capables d'effets dynamiques, qu'il serait fort utile de connaître; et il semble que les travaux auxquels on oblige ces animaux au Jardin du Roi, pourraient donner une idée des effets qu'on en doit obtenir dans les climats où ils sont nés. Les données manquent absolument à cet égard, et nous devons ici nous borner à indiquer ce genre de recherches aux savans et aux mécaniciens.

V. *Force de résistance des corps inertes.*

Quoique nous nous proposions de traiter ce sujet à part, au mot RÉSISTANCE, nous croyons devoir compléter notre article FORCE, par quelques notions sur cette matière. Il ne sera point question ici de la résistance que l'air et l'eau opposent au mouvement des corps, non plus que du frottement ou de la roideur des CORDES, sujets traités ailleurs; mais nous devons dire quelque chose de l'effort qu'on peut exercer sur les corps sans les rompre, afin de choisir les matériaux de construction de manière à ne pas compromettre, soit la vie des hommes, soit le succès des machines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il arrive souvent que, bien qu'on ait disposé les choses de manière à produire le mouvement sans éprouver de chocs, la maladresse ou le défaut de soin des ouvriers expose la machine à cegenre d'action. Tantôt on oublie d'arrêter un poids déjà élevé, qui redescend avec une vitesse accélérée, et qui, s'arrêtant brusquement, produit sur la corde et sur les axes un soubresaut, auquel rien ne peut résister; tantôt une corde qui doit former diverses circonvolutions sur l'arbre d'un treuil, au lieu de se juxtaposer à la surface, s'élève par frottement sur le cercle qui vient de s'enrouler, puis glissant vivement pour retomber à sa place, secoue avec force l'appareil; ici, les ouvriers, pour ménager leur peine, lorsqu'un fort coup de collier est devenu nécessaire, préfèrent se servir de maillets pour dégager une pièce en prise; là, faute de veiller sur la direction d'un cordage, on le laisse s'engager momentanément sur quelque obstacle voisin, qui, cédant tôt ou tard, cause la rupture de tout l'appareil. Nous ne finirions pas si nous voulions énumérer tous les événemens de ce genre. Il nous suffira de dire que les constructions doivent être mises, autant que possible, à l'abri de ces ravages (*V.* les mots Frein, Encliquetage), par des moyens d'art ou de prévoyance. La règle que la prudence oblige d'observer, est de ne jamais soumettre les matériaux qu'à des efforts du tiers ou du quart de ceux qu'ils peuvent supporter sans être altérés dans leur organisation; encore cette limite n'est-elle convenable que dans le cas où le système ne doit pas durer longtemps; car toutes les fois qu'il doit être permanent, l'effort ne peut être que du dixième au plus de celui qui altérerait la matière.

Quant à la résistance des matériaux, nous avons déjà traité au mot Cordes, Bois, Étançon, de celle dont ces substances sont capables. Relativement aux fers, qui sont forgés, et de bonne qualité, on estime de 35 à 45 kilogrammes par millimètre carré de section transversale, la force capable de rompre une barre de fer, en la tirant selon sa longueur; cette résistance est environ cinq fois plus grande que celle du bois. Cette barre s'alonge à fort peu près du dix-millième de sa longueur,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sous une tension de 2 kilogrammes pour la même épaisseur déjà citée ; si on la charge au contraire selon sa longueur, elle s'accourcit dans la même proportion. En s'approchant du degré où la rupture est imminente, l'effet est bien plus grand et presque subit. En ne tirant une barre de fer que par un poids de 13 à 14 kilogrammes par chaque millimètre carré de section transversale, c'est-à-dire le tiers de la charge qui occasionnerait la rupture, on peut regarder le métal comme n'ayant éprouvé aucune altération dans sa constitution physique ; on ne doit jamais excéder cette limite dans les constructions. Dans ces expériences, on juge que la matière n'a éprouvé, de l'effort auquel on l'a soumis, aucune altération dans sa nature, quand en supprimant la cause le métal revient exactement, par son élasticité, à son état primitif.

Selon M. Duleau (Essai théorique et expérimental sur la Résistance du fer forgé, 1820), soient L la longueur en décimètres, comptée entre deux appuis sur lesquels pose une barre de fer, C le nombre de kilogrammes dont son milieu est chargé, b et h les dimensions de l'équarrissage en millimètres, savoir b celle qui est horizontale, h celle qui est verticale ou l'épaisseur ; enfin f la flèche, en millimètres, formée par la courbure que prend cette barre sous la charge C, on a

$$f = \frac{12,5\,CL^3}{bh^3}.$$

La flèche F la plus grande qu'on puisse faire prendre à une barre de fer sans altérer son élasticité, est en millimètres,

$$F = \frac{L^2}{2h}.$$

La résistance d'une barre ronde (cylindrique) dont l'épaisseur est de d millimètres, donne une flèche

$$f = 21,22.\frac{CL^3}{d^4}.$$

La flèche due au poids seul d'une barre, ou à un poids réparti

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

uniformément sur sa longueur, n'est que les $\frac{3}{8}$ de celle que produirait le même poids mis au milieu.

Lorsqu'une barre placée horizontalement est encastrée par un bout, et porte à l'autre un poids, l'abaissement de ce dernier bout est égal à la flèche que donne la première formule, en changeant le coefficient 12,5 en 200 (ou 16 fois f).

La flèche due au seul poids d'une barre horizontale encastrée par un bout, ou à un poids réparti uniformément sur sa longueur, n'est que les $\frac{3}{8}$ de celle que produirait le même poids suspendu à l'extrémité libre.

Une barre carrée, à vives arêtes, résiste autant dans le plan de ses arêtes opposées, que dans celui d'une des faces.

Une barre rectangulaire portant debout une charge de P kilogrammes, résiste jusqu'à ce qu'on ait

$$P = 1,645 \cdot \frac{bh^3}{L^2};$$

alors la barre se courbe sur la dimension la plus mince, et sur-le-champ se plie en deux; et si la barre est ronde, ayant d millimètres d'épaisseur, ce poids est

$$P = 0,96895 \cdot \frac{d^4}{L^2}.$$

Lorsqu'une pièce pressée debout a l'une de ses extrémités encastrée, et que l'autre ne peut se mouvoir que suivant la droite qui joint les deux bouts, le poids qui la fait plier est 2 fois $\frac{1}{4}$ celui qui produirait cet effet si la pièce n'était pas encastrée; et lorsque les deux bouts sont encastrés, le poids est quadruple de ce qu'il serait si les bouts étaient libres.

La résistance d'un tuyau creux, rond ou carré, se trouve en la calculant comme s'il était plein, et retranchant du résultat le produit de ce nombre par $\left(\frac{d}{D}\right)^4$, d et D étant les diamètres respectifs du vide et du plein.

Ce sujet est très étendu, et pourrait nous entraîner fort loin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut consulter les expériences de M. Telfort et Barlow, à la fin du Mémoire de M. Navier, sur les ponts suspendus. Il vient de paraître un ouvrage intéressant sur cette matière, par M. Tredgold, qui s'est occupé de l'emploi de la fonte de fer dans les machines et les bâtimens. Comme nous aurons occasion, au mot RÉSISTANCE, de revenir sur ce sujet, nous ne nous y arrêterons pas davantage ici.

Le cuivre, le laiton, le zinc et les autres métaux employés dans les arts sont capables de résistances différentes; mais l'expérience n'ayant rien appris à cet égard, nous n'entreprendrons traiter d'une manière satisfaisante.

Il ne faut pas omettre de dire que les coefficiens de nos équations varient un peu avec la nature des fers soumis aux épreuves, et qu'on a adopté ici des moyennes entre les résultats de toutes les expériences.

La résistance du fil de fer à la force qui les tire, est à celle du fer forgé comme 3 à 2, et même comme 3 à 1. Il suit des essais tentés par M. Séguin (Des Ponts en fil de fer, 2e édition, 1826), que chaque fil résiste à peu près à une tension qui va à 60 kilogrammes par millimètre carré de section; et même pour les fils les plus fins, ceux qui sont employés à la fabrication des cardes, la résistance va jusqu'à 80 kilogrammes par millimètre. Cette supériorité de force ne surprend pas lorsqu'on considère que le *tréfilage* ne peut être fait qu'avec des fers de bonne qualité, et que l'action de la filière, en serrant le métal, le rend plus nerveux.

Du reste, on ne doit pas pousser la force de tension, dans les usages qu'on fait du fil de fer, au-delà du tiers de la résistance possible; et dans les ponts suspendus on ne va même que jusqu'au septième, et moins encore, pour plus de sûreté. Les fils sont façonnés en câbles; chacun de ces fils est d'abord verni à l'huile de lin; le câble entier est ensuite goudronné et recouvert d'une enveloppe imperméable à l'humidité. Les fils doivent être exactement tendus, et réunis par des torsades, de mètre en mètre (*V.* l'Ouvrage cité de M. Séguin). L'expérience prouve que la résistance d'un câble croît exactement dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le rapport des fils qui le composent, en sorte que, pour évaluer cette force, on multiplie celle d'un fil par le nombre n des fils. Soit m le nombre des millimètres carrés de la section d'un fil, $60m$ sera la résistance en kilogrammes, et $60mn$ celle du câble, qu'on devra réduire à environ $6mn$, ou $9mn$ au plus, dans les cas d'actions permanentes.

VI. *Composition des forces.*

Quand plusieurs forces agissent sur un corps, il arrive souvent que le mouvement imprimé est le même que si une force unique eût agi : cette force est alors ce qu'on nomme une *résultante*; on appelle *composantes*, toutes les puissances dont l'action est ainsi remplacée par celle de la résultante. Il est visible d'abord, que lorsque deux forces agissent dans la même ligne droite, elles équivalent à une seule égale à leur somme, si elles poussent le corps dans le même sens, et à l'excès de l'une sur l'autre, si elles agissent en sens contraire. Le même principe s'applique au cas de trois, quatre forces, etc. La recherche de la résultante d'un système donné de puissances, est un des problèmes les plus importans de la mécanique, et nous allons donner les moyens de le résoudre.

Deux forces quelconques P et Q (Pl. 25, fig. 3, des *Arts mécaniques*), *capables de faire parcourir dans le même temps au point matériel* A, *les espaces* AB et AC, *par leur action particulière et isolée, lorsqu'elles agissent ensemble, font décrire à ce point, dans le même temps, l'espace* AD, *diagonale du parallélogramme* ABCD, *construit sur les côtés* AB, AC.

Cette proposition, connue sous le nom de *parallélogramme des forces*, est le fondement de toute la mécanique. Voici comment on peut la démontrer.

Convenons que la force Q ait imprimé un mouvement au plan de la figure dans le sens AC, et qu'elle transporte ainsi la droite AB parallèlement, dans l'espace en $a'b'$, ab, ... CD, et le point A, en a', a, ... C. Si à l'instant où ce mouvement va naître, une force P chasse le corps A sur le plan mobile

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui le supporte, dans la direction AB; comme cette impulsion est indépendante de la première, qui pousse le plan même, le point A se mouvra sur ce plan, comme si ce plan était immobile, et parcourra Ai', Ai... AB, pendant que la droite AB se transporte. Ainsi le point A se trouvera successivement en b' au lieu d'être en i', en b au lieu d'être en i, etc..., et enfin en D, au lieu d'être en B. Il aura donc parcouru la droite Abb'... D comme s'il eût été chassé par une force unique R, dirigée selon AD; il sera arrivé en D, dans le même temps qu'il aurait mis à arriver soit en C, soit en B, s'il n'eût été soumis qu'à la seule force Q ou P.

Mais le spectateur, placé hors du plan, rapportant le mobile aux autres points fixes de l'espace, verra le mobile A courir sur la diagonale AB du parallélogramme ABCD; ce sera la ligne réellement décrite par l'action simultanée des deux forces, comme l'indique notre proposition. On peut donc substituer aux puissances P et Q, capables d'engendrer les vitesses AB, AC, dans le même temps, la seule force R capable de AD.

Ainsi, étant données deux forces P et Q de directions quelconques, pour trouver l'effet dont elles sont capables en agissant ensemble, on prendra sur leurs directions respectives des longueurs AB, AC égales aux vitesses engendrées par ces forces; les droites BD, CD, menées par les extrémités B et C, parallèlement aux directions des forces, concourront en D; par ce point menant la diagonale AD du parallélogramme, AD sera le chemin parcouru par le mobile A, en vertu de l'action simultanée des deux puissances; c'est-à-dire que la résultante R des forces aura pour vitesse et pour direction cette diagonale.

Réciproquement, si l'on donne une force unique R, et deux directions AP, AQ, et qu'on demande ce que doivent être les composantes P et Q, qu'on pourrait substituer à R, on prendra un point quelconque D sur AR; on mènera les parallèles DC, BD, aux droites données, et le parallélogramme ABCD indiquera que les deux forces P et Q peuvent tenir lieu de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R, les vitesses dues à ces forces étant respectivement AB, AC, AD.

Comme la longueur AB est égale à CD, les trois côtés du triangle ACD représentent les grandeurs de deux forces et de leur résultante; les angles de ce triangle en déterminent les directions. Donc, tous les problèmes relatifs à la composition de deux forces en une, et à la décomposition de celle-ci, reviennent à construire un triangle ACD, d'après les intensités des puissances, ou les vitesses qu'elles impriment, et leurs directions : ces vitesses sont les côtés du triangle, dont les angles représentent les inclinaisons mutuelles. Et puisqu'il suffit de connaître trois choses (dont un côté au moins), pour pouvoir construire un triangle, on voit qu'il est facile de résoudre tous les problèmes renfermés dans cet énoncé ; de ces six choses, les intensités de deux forces et de leur résultante, et leurs directions, trois étant données, trouver les trois autres. Ainsi connaissant les intensités de deux forces et de leur résultante, nous pourrons assigner leurs directions ; ou bien celles-ci étant données, nous pourrons trouver les rapports des trois forces ; ou connaissant l'une des composantes et la résultante, en grandeurs et en directions, nous déterminerons l'autre composante, etc. On voit bien que ces questions et beaucoup d'autres encore, reviennent à construire un triangle dont certaines parties sont connues.

Pour *trouver la résultante d'un système de forces*, on comparera d'abord deux puissances, et on en trouvera la résultante, qu'on substituera aux composantes ; on aura ainsi une force de moins dans le système. En réitérant la même opération, on fera de même disparaître une autre puissance; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin il n'en reste plus qu'une seule, qui sera la résultante cherchée : celle-ci tiendra lieu de toutes les forces données, et produira le même effet qu'elles sur le système.

Maintenant, si l'on veut *réduire le corps à l'état d'équilibre*, il suffira d'y appliquer une force égale et contraire à la résultante. Par exemple, dans la fig. 3, la puissance R′ égale

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et opposée à R détruit les forces P et Q; les trois forces P, Q et R′ se font équilibre.

Il est vrai que ce moyen de trouver la résultante suppose que les forces agissent toutes en un même point du corps; mais il est clair qu'*on peut appliquer une force en un point quelconque pris sur sa direction*, pourvu que le corps soit solide et que ce point en fasse partie; car ce point ne peut se mouvoir dans la direction de la force, sans entraîner avec lui ceux qui sont sur la même ligne, et par conséquent le point primitif d'application se meut comme avant de transporter l'action de la force. Notre proposition permettra donc de composer deux forces P et Q (fig. 4 et 5), agissant en deux points M, N, d'un corps solide de forme quelconque MN, lorsque ces forces sont dans un même plan. En effet, prolongeons les directions de ces forces jusqu'à leur rencontre A, et supposant ce point A invariablement lié au corps, appliquons-y nos forces : puis prenons les parties AB, AC, dans le rapport des forces ou des vitesses qu'elles sont capables d'imprimer, le parallélogramme ABOC aura sa diagonale AO qui représentera la résultante cherchée, et le corps pourra n'être censé soumis qu'à l'action unique de cette force, au lieu des composantes P et Q.

Nous saurons de la sorte composer tous les systèmes de forces qui jouissent de la propriété d'avoir des points de rencontre pour chaque résultante particulière et quelqu'une des autres composantes. Ce cas, plus général que celui que nous avons d'abord examiné, est pourtant encore très limité : mais les conditions d'équilibre des forces considérées dans leur acception générale, ne peuvent trouver place ici, et nous devons renvoyer, à cet égard, aux traités complets de statique. (*V.* ma Mécanique, 5e édition.)

Le cas où *les forces sont parallèles* doit être traité à part, et comme il se présente très fréquemment, nous ne pouvons l'omettre ici. Voici la règle à suivre en pareil cas : Soient deux forces parallèles P et Q agissant aux points A et B d'une verge rigide AB (fig. 6); *leur résultante* R *est égale à la somme des*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

composantes, leur est parallèle, et agit en un point C *de la ligne* AB, *qui partage cette ligne en parties réciproquement proportionnelles aux forces*, savoir Q : P :: AC : CB ; d'ou Q × CB = P × AC.

En effet, rien ne sera changé à l'effet des forces P et Q, si l'on introduit deux forces égales qui tirent en sens contraire la ligne AB suivant sa longueur : soient donc AD, BF, les parties égales qui représentent ces nouvelles forces ; et AP, BQ, les longueurs qui représentent les proposées. On aura, il est vrai, quatre forces au lieu de deux ; mais puisque deux d'entre elles se détruisent, c'est comme si ces dernières n'existaient pas. Or les parallélogrammes DP, FQ, permettent de remplacer ces quatre forces par les deux résultantes AM, BN, lesquelles équivalent aux forces parallèles P et Q.

Prolongeons les directions MA, NB, jusqu'en leur point de rencontre *c* (comme on l'a fait fig. 6), et imaginons que les forces M et N agissent sur ce point *c*, qu'on suppose lié à la ligne AB. Menons *dcf* et *cp* parallèles à AB et aux forces P, Q ; puis décomposons les forces M et N en d'autres agissant selon ces directions. On prendra *cm* égal à AM, puis *cn* égal à BN, et on tracera les deux parallélogrammes *dp*, *fq*, dont ces lignes sont les diagonales. Voilà donc que chaque force M et N se trouvant remplacée par deux autres, notre système sera mu par quatre puissances, *cd*, *cp*, *cf* et *cq*. Or, ces parallélogrammes sont visiblement égaux, savoir *dp* à DP, *fq* à FQ. Ainsi *dc*, *cf*, seront égaux à AD, BF, et de nos quatre forces, deux s'entre-détruisant, il ne restera que les deux autres, *cp* et *cq* ; et comme celles-ci ont mêmes grandeurs que AP et BQ, on voit que le système n'est soumis qu'à l'action d'une seule force égale à la somme de celles-ci : c'est comme si l'on eût transporté les composantes P et Q parallèlement pour les appliquer au point C.

Quant à la situation de ce point G d'application sur la ligne AB, les triangles AMP, ACc, étant semblables, ainsi que BQN et BC*c*, on a ces deux proportions :

AP ou P : PM :: C*c* : AC, QN : BQ ou Q :: CB : C*c*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

multipliant terme à terme et supprimant les facteurs égaux PM et QN, il reste la proportion énoncée P : Q :: BC : AC.

Passons maintenant au cas de deux forces parallèles P et Q (fig. 7), *agissant en sens contraire;* supposons P plus grand que Q. Il y aura une troisième force S parallèle aux proposées et agissant dans le sens de la plus petite Q, qui produira l'équilibre entre P et Q : en effet, il suffira que la résultante de Q et S détruise P, ce qui arrivera certainement si $S = P - Q$ et si le point C est choisi de manière que $Q \times AB = S \times BC$; car alors la résultante de Q et S sera égale et contraire à P. Or, cette force S peut être considérée à son tour comme produisant l'équilibre entre P et Q, c'est-à-dire comme détruisant la résultante R de P et Q : cette résultante R est donc égale et opposée à S. Donc la résultante R de deux forces P et Q parallèles et opposées, est parallèle à ces forces, agit dans le sens de la plus grande P, est égale à l'excès de celle-ci sur l'autre Q; et enfin son point d'application C, situé du côté de la force P, satisfait à la condition

$$Q \times AB = (P - Q) \times BC, \text{ ou}$$

$$BC = \frac{Q \times AB}{P - Q}.$$

Le corps auquel des forces parallèles sont appliquées, quel qu'en soit le nombre, pourra donc être supposé soumis à l'action d'une seule force connue; car, en imitant ce qui a été dit ci-dessus, on pourra composer d'abord deux de ces forces en une, puis la résultante avec une troisième force, etc.: on aura ainsi une force unique parallèle aux composantes, égale à leur somme (ou à leur différence), et appliquée en un point que l'opération fera connaître.

Dans tous les cas où l'on sait réduire un système de forces à une seule, l'équilibre pourra s'établir en disposant *un appui fixe* en un point de la direction de la résultante : car celle-ci pouvant être regardée comme destinée à mouvoir ce point, qu'on suppose inébranlable, sera détruite; donc toutes les forces laisseront le corps en repos autour de ce point. Ainsi, dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les fig. 4 et 5, un axe fixe placé en F réduira les forces P et Q au repos, et l'effort de l'une pour faire tourner le corps dans un sens, sera exactement le même que celui de l'autre force pour faire tourner en sens contraire. Un pareil système, formé d'un corps solide de figure quelconque MFN, retenu par un axe fixe F, est ce qu'on nomme un LEVIER : les perpendiculaires FI, FK, abaissées sur la direction des forces, sont appelées *les bras du levier*; et dans le cas d'équilibre, *les produits de chaque force par son bras de levier sont égaux*, savoir : $P \times FI = Q \times FK$; en effet, les triangles rectangles FIB, FCK sont semblables, parce que l'angle BAC des forces est égal à IBF et à FCK : on peut donc, au rapport de BF à FC, qui est celui des forces Q et P, substituer celui de FI à FK, d'où Q : P :: FI : FK, proportion qui conduit à l'équation citée.

Si les forces sont perpendiculaires au levier (fig. 6), nous avons prouvé que la même équation subsiste, $P \times AC = Q \times BC$; et quand elles sont parallèles, mais obliques au levier AB (fig. 8), elle est encore vraie, puisque, si C est le point d'application de la résultante, on a démontré que P : Q :: CB : AC. En menant ICK perpendiculaire aux forces, les triangles semblables AIC, BKC, donnent CB : AC :: CK : CI; d'où P : Q :: CK : CI, savoir $P \times CI = Q \times CK$: dans ce dernier cas, on peut donc prendre pour bras de levier, ou les obliques AC, CB, ou les perpendiculaires IC, CK. Nous développerons ces propriétés à l'article LEVIER.

Force centrifuge.

Supposons qu'un mobile M (fig. 9) soit attaché à l'extrémité d'un fil fixé en S, et qu'on lui communique une impulsion qui l'oblige à décrire la circonférence MACEF. En prolongeant la direction MA du mouvement, on a la tangente AB au cercle. Or le mobile devrait arriver en B, s'il était libre; et puisqu'il vient en effet en C, en traçant le parallélogramme BP, dont AC est la diagonale, on peut faire la part de la ré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sistance que le fil fait éprouver au centre S. En effet, le corps décrit AG comme s'il était poussé par deux forces représentées par AB et AP; la première est l'impulsion qui est réellement communiquée au corps A; donc AP mesure la tension du fil. Le mouvement effectif AG résulte de l'action simultanée des deux forces AB, AP; l'une qui est la vitesse du mobile en A, l'autre, qui est la puissance centrale, ramène sans cesse dans le cercle le corps qui tend toujours à s'en échapper; AP est l'effort réel qu'il faut développer pour le retenir, ou celui qu'il fait pour s'écarter du centre S; c'est ce qu'on nomme la *force centrifuge*.

Répétons le même raisonnement en C. La vitesse est égale à AC, qu'on prend égale à CD; menons DE parallèle à QC, et EQ à CD; le parallélogramme QD donne la force centrale QC, et la vitesse réelle CE. Mais tirant SD, SE, on voit que les triangles SAC, SCD, qui ont même hauteur et des bases égales, AC = CD, sont égaux; de même pour les triangles SDG, SEC; ainsi les triangles SAG, SEC, sont égaux; et à cause de l'égalité des rayons SA, SC, SE, on voit que EC = AG, l'angle ASC = CSE, et par suite QC = PA. Ainsi le mobile conserve la même vitesse dans tous les lieux de la circonférence, parcourt des arcs égaux dans le même temps, et a toujours la même force centrifuge.

On sait par la géométrie qu'on a cette proportion,

$$AP : AC :: AC : \text{diamètre } 2AS,$$

d'où $AC^2 = 2AS \times AP$, et

puis $$AP = \frac{AC^2}{2AS};$$

AC est la vitesse constante avec laquelle le mobile circule, et comme la force centrifuge varie proportionnellement avec AP, cette force peut être mesurée par 2AP : donc

$$\textit{Force centrifuge} = \frac{(\textit{Vitesse})^2}{\textit{Rayon}}.$$

1°. *Si deux corps circulent dans des cercles égaux, avec des vitesses différentes, leurs forces centrifuges respectives*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont comme les carrés des vitesses de circulation; car le rayon est un diviseur commun qui disparaît du rapport.

2°. *Quand les vitesses sont les mêmes, et les cercles différens, les forces centrifuges sont en raison inverse des rayons*, parce que les carrés des vitesses sont un facteur commun aux deux termes du rapport.

3°. Si deux corps accomplissent en même temps leurs révolutions dans des cercles inégaux, leurs vitesses étant comme ces circonférences, ou comme les rayons, on peut remplacer $(vitesse)^2$ par $(rayon)^2$, et on voit que *les forces centrifuges sont proportionnelles aux rayons des circonférences décrites dans le même temps*. Ce cas est celui de toutes les machines de rotation. Chaque point tend à s'écarter du centre avec une force proportionnelle au rayon du cercle qu'il décrit; et plus ce point est considéré loin du centre, et plus cette puissance a d'intensité.

Tout corps qui tourne développe, en chacun de ses points, par le seul fait de sa rotation, une force qui, dirigée selon les divers rayons, tend à disperser ses molécules; et si l'adhérence était subitement détruite, on verrait toutes ses parties se projeter en divergeant, en vertu de la force d'inertie qui conserverait la vitesse de chaque molécule, selon la tangente au cercle qu'elle décrit; cette tangente serait la route que doit suivre cette particule rendue à l'état de liberté; et la vitesse serait celle des points de cette circonférence, et croîtrait avec les rayons. (*V.* FRONDE). La force centrifuge n'est pas une puissance étrangère au système, et qui se joint à celles dont l'action meut le corps; c'est seulement un effet qui est la conséquence de ce que le mouvement n'est pas libre et rectiligne. D'ailleurs la force centrifuge est détruite par l'axe autour duquel le corps tourne. La théorie des VOLANS, des RÉGULATEURS de machines à vapeur, et en général de toutes les machines de rotation, est comprise dans ce qui vient d'être exposé. Nous nous réservons d'en développer les conséquences dans toutes les applications qui en seront faites.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Force élastique des vapeurs et des gaz.

Lorsqu'on introduit dans le vide barométrique un liquide quelconque, on observe que la colonne de mercure s'abaisse: cet effet est dû à la présence de la vapeur produite par le liquide; cette vapeur exerce dans le tube une pression qui agit sur la colonne et la déprime; et le poids du mercure qui reste suspendu ajouté à cette pression, faisant équilibre au poids de l'air, mesuré par l'état actuel du baromètre, fait aisément connaître cette *tension* ou cette force de la vapeur. Or, on remarque que cette force varie avec la température et aussi avec les différens liquides. L'éther à la température de 10° affaisse la colonne de mercure de près de 28 centimètres, tandis que l'eau ne la réduit que de $9\frac{1}{2}$ millimètres. En portant le tube ainsi chargé de vapeurs à différentes températures, on peut noter les variations survenues dans la colonne. Lorsque la chaleur du liquide est élevée jusqu'à l'Ébullition, la colonne est nulle, ce qui vient de ce qu'alors la force élastique de la vapeur est en équilibre avec la pression atmosphérique.

La force élastique de la vapeur d'eau est une des plus puissantes actions dont on fasse usage dans les arts, parce qu'elle n'est ni rare, ni chère, ni limitée dans sa production; et il est de la plus grande utilité d'en bien connaître et mesurer les effets. Les travaux de MM. Dalton, Gay-Lussac, Biot, Clément, etc., ont mis à même de pouvoir calculer les résultats de toutes les expériences où cette puissance est mise en jeu; et quoiqu'il reste encore quelque chose à désirer sur cette intéressante matière, on peut la regarder comme suffisamment connue pour les applications qu'on en fait dans les arts et dans la Physique. Voici une table de la force élastique de la vapeur d'eau à différentes températures, telle qu'on la trouve dans la Physique de M. Biot, complétée en ce qui concerne les *hautes pressions*, par M. Taylor et par une commission de l'Académie des Sciences dont M. Dulon était rapporteur. Les températures sont centigrades, et les forces élastiques exprimées en millimètres de la colonne de mercure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Forces élastiques de la vapeur d'eau à différentes températures centigrades.

Température. Degrés centigr.	Tension en millimètres.	Température. Degrés centigr.	Tension en millimètres.	Température. Degrés centigr.	Tension en millimètres.	Température. Degrés centigr.	Tension en millimètres.	Atmosphères.
—20	1,333	16	13,630	52	98,075	88	486,09	
—19	1,429	17	14,468	53	103,06	89	505,38	
—18	1,531	18	15,353	54	108,27	90	525,28	
—17	1,638	19	16,288	55	113,71	91	545,80	
—16	1,755	20	17,314	56	119,39	92	566,95	
—15	1,879	21	18,317	57	125,31	93	588,74	
—14	2,011	22	19,417	58	131,50	94	611,18	
—13	2,152	23	20,577	59	137,94	95	634,27	
—12	2,302	24	21,805	60	144,66	96	658,05	
—11	2,461	25	23,090	61	151,70	97	682,59	
—10	2,631	26	24,452	62	158,96	98	707,63	
—9	2,812	27	25,881	63	166,56	99	733,46	
—8	3,005	28	27,390	64	174,47	100	760,00	1
—7	3,210	29	29,045	65	182,71	105	903,64	
—6	3,428	30	30,643	66	191,27	110	1066,06	
—5	3,660	31	32,410	67	200,18	112,2	1140,00	1 1/2
—4	3,907	32	34,261	68	209,44	115	1247,81	
—3	4,170	33	36,188	69	219,06	120	1453,80	
—2	4,448	34	38,254	70	229,07	122	1520	2
—1	4,745	35	40,404	71	239,45	125	1686	
0	5,059	36	42,743	72	250,23	129	1900	2 1/2
1	5,393	37	45,038	73	261,43	135	2280	3
2	5,748	38	47,579	74	273,03	140,3	2660	3 1/2
3	6,123	39	50,147	75	285,07	145	3040	4
4	6,523	40	52,998	76	297,57	149	3420	4 1/2
5	6,947	41	55,772	77	310,49	153	3800	5
6	7,396	42	58,792	78	323,89	157	4180	5 1/2
7	7,871	43	61,938	79	337,76	160	4560	6
8	8,375	44	65,627	80	352,08	164,7	4940	6 1/2
9	8,909	45	68,751	81	367,00	168	5320	7
10	9,475	46	72,393	82	382,38	170,7	5700	7 1/2
11	10,074	47	76,205	83	398,28	173	6080	8
12	10,707	48	80,195	84	414,73			
13	11,378	49	84,370	85	431,71			
14	12,087	50	88,742	86	449,26			
15	12,837	51	93,301	87	467,38			

On remarquera que les tensions ou forces élastiques ne croissent pas proportionnellement à la température; qu'à 10° et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

99°, par exemple, les forces élastiques croissent, d'une part, de 0,6, et de l'autre de 26,54, pour un degré de chaleur de plus. Nous ne suivrons pas ici les conséquences de ce fait, nous réservant de les exposer lorsque l'occasion se présentera de les appliquer, aussi bien que la détermination de la *force mécanique de la vapeur*.

La quantité d'action due à la combustion du charbon de terre ou de bois est facile à calculer. D'un côté, les expériences de M. Clément ont appris qu'un kilogramme de ces substances développe assez de chaleur pour élever 7050 litres d'eau d'un degré centigrade; de l'autre, on sait encore que la chaleur propre à faire passer 1 kilogramme d'eau de 0 à l'état de vapeur est capable d'élever 650 kilogrammes d'eau d'un degré. (*V.* T. IV, pages 352 et 356.) Divisons 7050 par 650, ou 705 par 65, ou 141 par 13, nous aurons 10,85 pour quotient. Ce résultat montre qu'un kilogramme de charbon peut, en brûlant, réduire en vapeur 11 kilogrammes ou litres d'eau à zéro. Si donc on connaissait la quantité d'action d'un litre d'eau en vapeur, en la répétant 11 fois, on aurait celle d'un kilogramme de houille; mais comme cette action de la vapeur dépend des circonstances où elle est employée, nous remettons à en traiter lorsqu'il sera question des MACHINES A VAPEUR. Ce raisonnement suppose que dans l'expérience on ne perd pas de chaleur; ainsi, l'effet utile diffère du résultat obtenu, qui est la quantité d'action développée par la combustion.

Quant à la tension des vapeurs d'autres liquides, on la déduit de la table précédente, par un calcul fort simple. M. Dalton a remarqué que les tensions de deux vapeurs sont les mêmes pour des températures également distantes du terme de l'ébullition. Ainsi, l'éther sulfurique bout à 35°,5, l'eau à 100°; si l'on veut connaître la tension de l'éther à 18°,5, comme la distance à 35°,5 est 17°, en prenant l'eau à 17° au-dessous de 100, savoir à 83°, les tensions de ces liquides seront les mêmes; ainsi 398 millimètres est la tension de l'éther à 18°,5. En réduisant ce théorème en formule, on voit que la force

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

élastique d'une vapeur qui bout à E degrés, est, sous la température T, la même que celle de la vapeur d'eau à la température 100 + T — E. Cette règle réduit la recherche des forces élastiques des vapeurs d'un liquide à celle du terme de son ébullition. (*V.* ce mot.)

Les expériences de MM. Despretz, Ure, etc., ont démontré que cette proposition n'était pas parfaitement exacte; mais comme les écarts que l'expérience a fait reconnaître sont peu considérables, on n'en doit pas moins considérer la règle de Dalton comme très précieuse, et d'une application facile et suffisamment approchée dans la pratique.

La force élastique des gaz a déjà fait le sujet de notre examen au mot DILATATION; nous renvoyons à cet article et au mot GAZ.

FR.

FORGES (*Technologie*). Ce sont des espèces de ciseaux dont les deux branches tranchantes ne se meuvent pas sur un pivot ou sur une vis placée à peu près au milieu de leur longueur, comme les ciseaux ordinaires de la couturière ou du tailleur; mais ces branches sont unies entre elles par une portion de cercle qui fait ressort et en facilite le jeu. Les forges servent à tondre les draps.

La table sur laquelle on tend les draps, pour les tondre, est formée d'une forte planche de trois à quatre pouces d'épaisseur, et de neuf pieds de longueur. Elle est garnie en dessus d'une grosse et forte toile, laquelle enveloppe et couvre des résidus de tonture, qui forment une espèce de matelas uni, dur et néanmoins élastique. Ce matelas rend la table convexe, et cette convexité doit être très régulière, sans cela on risquerait de couper le drap en voulant le tondre.

La convexité de la table exige que le dessous des forces présente une courbe semblable à la courbure du matelas, afin que les lames tranchantes puissent tondre le drap dans toute leur étendue.

La fig. 1, Pl. 29, montre un de ces instrumens vu de face et un peu incliné, afin de juger de l'épaisseur ou de la forme des lames tranchantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 2 fait voir le même instrument en perspective et du côté de l'ouvrier qui se place vers le point X. Dans cette figure, l'outil est garni de pièces qui servent à le faire mouvoir, pièces dont la fig. 3 montre toutes les parties détachées, afin de faire bien concevoir leur construction et leur ensemble. Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans toutes les figures.

Les forces sont l'instrument le plus difficile à exécuter et qui exige le plus de soin dans l'art du TAILLANDIER, comme l'on va s'en convaincre. Mon intention n'est point de décrire ici l'art du TAILLANDIER. Mon but ne consiste qu'à faire connaître toutes les conditions que cet outil exige dans sa construction.

J'ai dit que les forces sont formées de deux couteaux tranchans et d'une armature en fer qui fait ressort, de manière à tenir toujours les lames séparées. La fig. 1 montre la forme de cet outil, débarrassé de tout l'attirail qui sert à le faire mouvoir. La lame B est nommée la *femelle;* c'est elle qui s'appuie sur le drap pendant qu'on le tond. La lame A se nomme le *mâle;* elle s'appuie sur la femelle, et c'est entre les deux tranchans que s'opère la tonte. Les deux tranchans sont en bon acier trempé et bien aiguisés; tout le reste de l'instrument est en fer de bonne qualité. Le biseau de la femelle est presque insensible, il est par-dessous. L'armature D, E, C, doit être pliée de manière que, dans les forces considérées en repos, le mâle se porte de lui-même un peu en dessous de la femelle, et qu'il ne puisse monter sur le tranchant de celle-ci sans le secours du tondeur, comme on le verra par la suite. Il faut encore que, lorsque les deux lames sont l'une sur l'autre, elles se joignent si parfaitement, qu'on n'aperçoive pas entre elles la moindre *fenêtre*, c'est-à-dire, le moindre jour.

Pour bien concevoir combien cet instrument présente de difficultés dans son exécution, il est important de connaître parfaitement les pièces qu'on emploie pour le mettre en mouvement, et se bien pénétrer de leurs fonctions.

La fig. 2 montre les forces prêtes à agir, ou, si l'on veut, agissant. Pour les mettre en état d'agir, il faut charger une des lames A, d'un poids H; on attache ensuite à cette lame la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pièce I, et à la lame B, la pièce G ; ces deux pièces se joignent par une courroie F. On appelle *mailloche* ou *curot* l'assemblage de ces pièces qui servent à donner le mouvement aux tranchans. On voit ces pièces séparées, fig. 3 ; G, est le manche que le tondeur tient de la main droite pour faire mouvoir la *mailloche*.

La pièce M, fig. 2, se nomme *billette ;* c'est une sorte de palette de bois, de forme triangulaire, et d'environ deux pieds de longueur, qu'on attache à la force pour pouvoir la soutenir dans le travail. Elle y tient d'un bout par le moyen d'une rainure qui y est pratiquée, et dans laquelle s'emboîte une partie du talon du couteau, et de l'autre, par une ficelle qui en saisit et arrête le manche à l'extrémité de la branche du même couteau. Sur le devant de la palette est une ouverture pour donner au tondeur la facilité de l'empoigner au-dessous de l'autre couteau.

Tout étant ainsi disposé, et le drap bien tendu sur la table au moyen de crochets de fer, le tondeur pose son instrument sur le drap, en travers de la table, l'armature en dehors. Il se place vers le point X, puis il empoigne la *billette* M, de la main gauche, et appuie, afin de faire bien baisser et approcher la femelle sur le drap ; puis de la main droite, passée dans la bride, après avoir fait monter les talons de ces deux couteaux l'un sur l'autre, il saisit le manche G du *curot* ou de la *mailloche*, qu'il fait tourner sur le dos du couteau pour faire agir le mâle.

D'après les détails dans lesquels nous venons d'entrer, il est facile de se faire une idée juste des difficultés que présente l'exécution d'un instrument qui exige une si grande précision.

Lorsque les tranchans des forces sont émoussés, il est indispensable de les affiler de nouveau. Cette opération ne peut avoir lieu qu'en faisant chauffer l'anneau E de l'armature des *forces*, pour faire croiser les couteaux, de manière que leurs tranchans soient en dehors. Après les avoir aiguisés dans cette situation, où on les a assujettis par le dos, à l'aide d'un morceau de fer en forme d'S, qu'on nomme *clavette*, on chauffe de nouveau l'an-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

neau pour remettre les couteaux dans leur première situation, ce qui a toujours lieu chaque fois que les forces passent par les mains de l'émouleur. On voit que les difficultés que j'ai signalées dans l'exécution première de cet instrument se renouvellent souvent.

Pour remédier à ces inconvéniens, un artiste ingénieux de la ville de Prato, près de Florence, imagina de nouvelles forces dont les lames tranchantes se séparent de l'armature avec facilité, et se replacent ensuite sans qu'on soit obligé de déranger l'anneau qui fixe d'une manière invariable la position des deux lames entre elles. C'est M. de Bardi, directeur du musée de Florence, qui publia, en 1810, cette utile invention.

La fig. 4 indique ce perfectionnement. La partie supérieure de l'instrument, ou l'anneau A, porte deux douilles B, C, dont l'intérieur est carré. Le manche des deux couteaux est taillé carrément dans la partie qui doit entrer dans les douilles, et y est parfaitement ajusté sans ballottement. L'extrémité de ces manches est soigneusement taraudée d'un bon pas de vis. Deux écrous D, E, servent à les serrer fortement, de sorte que ces trois pièces ne peuvent éprouver aucun dérangement. Lorsqu'on a donné à l'anneau la forme rigoureusement nécessaire pour assurer la solution du problème, on n'a plus à craindre aucune variation. Toutes les fois que les tranchans ont besoin d'être aiguisés, on n'a qu'à les démonter; après qu'ils ont été repassés, on les replace avec facilité, et l'anneau n'a jamais besoin d'être remis au feu, pourvu que l'émouleur ait un peu d'adresse et qu'il ait soin de ne pas déformer les pièces.

Aujourd'hui ce n'est que dans les petites fabriques de peu d'importance qu'on emploie les *forces* telles que nous venons de les décrire. Dans les grandes manufactures, le tondage des draps se fait avec beaucoup plus de perfection, d'économie de temps et de main-d'œuvre, à l'aide de machines mues, soit par des manéges, soit par des machines à vapeur. Ces mécaniques, qu'on nomme *tondeuses*, seront décrites avec soin. (*V.* TONDEUSES.) Il y en a de plusieurs sortes. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FORESTIER, FORÊTS (*Agriculture*). Nous n'entreprendrons pas d'examiner ici le degré d'importance des forêts dans l'économie générale de la nature ; ce serait nous écarter du but de notre ouvrage. Nous n'exposerons même pas les motifs qui font considérer les forêts comme un des élémens indispensables de la société, en fournissant des moyens de chauffage, en rendant salubre l'air atmosphérique revivifié, donnant au sol la propriété d'être habitable, y conservant l'humidité et la fécondité, et offrant un refuge à une foule d'animaux qui servent à la nourriture de l'homme. Ce sujet serait mieux approprié à notre plan, mais serait tellement étendu que nous ne pourrions le traiter que fort superficiellement. D'ailleurs, qui conteste l'utilité des forêts pour les besoins de l'homme? Qui ne connaît pas les ravages qu'a produits leur destruction dans les contrées où leur absence a changé une terre riante et fertile en un sol improductif et désolé?

On évalue à 6,530,000 hectares l'étendue superficielle couverte de bois en France. (*V.* l'Annuaire géographique de 1826, par M. Perrot.)

Nous devons nous borner, dans ce Dictionnaire, à considérer les forêts sous les rapports de conservation, d'exploitation, de plantations, etc. ; encore la plupart de ces matières ayant été traitées aux mots Bois (tome IV, page 242), Baliveau, Exploitations, il ne nous restera à parler que de quelques sujets spéciaux, tels que l'emploi des *futaies* et l'*estimation* des prix du bois sur pied, chose d'une grande importance pour les vendeurs et les acheteurs ; car si ces derniers ne savent pas évaluer les bois, ils ne peuvent se présenter aux enchères sans risquer de se tromper ; et si les premiers ignorent la valeur de ce qu'ils vendent, ils peuvent ou être dupes des fripons, ou mettre leurs bois à un prix auquel le marchand ne peut les recevoir : ce qui rend le marché impossible.

Le tableau suivant, donné par M. Deperthuis dans le Dictionnaire d'agriculture, apprend ce que l'expérience a fait connaître sur le produit d'un arpent de *bois taillis* destiné au chauffage. L'usage, dans les forêts, est de couper le bois à 3 pieds

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et demi de longueur; la *corde de vente* est une mesure de 8 pieds de long sur 5 pieds de haut; elle équivaut à 140 pieds cubes, ou 4,8 mètres cubes ou stères. Ce tableau suppose que le taillis est bien garni, et tel que le présente la meilleure conservation; en sorte que quand les choses sont dans un autre état, il faut réduire les nombres dans un rapport dépendant de l'étendue des vides; ce qu'on reconnaît bientôt après avoir parcouru la forêt.

Dans ce tableau, on entend par les mots *cordes* et *arpens* les mesures usitées dans les eaux et forêts, savoir: la corde de 3,82 stères ou mètres cubes; et l'arpent de 100 perches carrées de 22 pieds, valant 51 ares. Les nombres qui sont consignés dans le tableau expriment la totalité des produits d'un arpent; car on y a tenu compte du charbonnage et des bourrées, en évaluant à 4 stères et demi de charbonnage, ou 130 bourrées, pour 1 stère de bois de chauffage. On y voit, par exemple, que l'arpent de bois taillis de 20 ans produit en bois de chauffage, ou 3 trois quarts, ou 9 trois quarts, ou 15, des cordes dont on vient de parler; ce qui revient à 18, ou 46,6, ou 71 stères, selon la qualité mauvaise, moyenne ou excellente du sol qui le nourrit; ces volumes représentent l'ensemble de tous les produits de toute espèce de bois, estimés en argent.

Voici un exemple de ce genre de calculs :

La coupe d'une vente de 4,37 hectares de bois de 20 ans, dans un sol de qualité moyenne, est aux enchères; les clarières sont d'environ un huitième; on demande le prix de la vente?

1°. Déduction d'un 8e, les 4,37 hectares n'en valent que 3,82, ou 749 arpens, à raison de 51 ares par arpent des eaux et forêts;

2°. Le tableau indique que l'arpent de bois de 20 ans produit 46 $\frac{1}{2}$ stères dans le sol proposé, ce qui donne 348 stères pour l'équivalent de la coupe;

3°. Si le prix du stère, dans le lieu de l'exploitation, est porté à 10 francs, l'enchère ne devra pas être élevée au-dessus de 3480 fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE *du produit d'un arpent de bois taillis, selon l'âge et la nature du terrain.*

AGE de la coupe.	MAUVAIS sol.		SOL médiocre.		SOL excellent.	
	Stères.	Cordes.	Stères.	Cordes.	Stères.	Cordes.
10 ans.	9 1/2	2	16 1/2	3 1/2	21 1/2	4 1/2
15	12 1/2	2 1/2	27 1/2	5 3/4	43	9
20	18	3 3/4	46 1/2	9 3/4	71	15
25	25	5 1/4	63	13 1/4	100	21
30	31	6 1/2	80	16 3/4	129	27
35	33 1/2	7	100	21	167	35
40	33 1/2	7	118	24 1/2	200	42
50	28 1/2	6	148	31	267	56
60	24	5	180	37 1/2	334	70
70	14	3	198	41 1/2	382	80
80	9 1/2	2	220	46	430	92
90	4 1/2	1	229	48 1/2	456	96
100	»	»	243	51	487	102

Lorsqu'après avoir parcouru une forêt, on aura évalué les espaces vides, et la quantité des produits par arpent en stères ou cordes de bois de chauffage, par le secours de la table qui précède, en ayant égard à la nature du sol, on réduira cette quantité en argent, en considérant le prix actuel des bois dans le lieu de l'exploitation; c'est-à-dire qu'on multipliera le nombre de stères ou de cordes que la vente doit produire par le prix de cette mesure dans le pays. Le résultat sera la somme qu'on retirera de la marchandise. On déduira de là les frais de main-d'œuvre dépendans des localités, et le bénéfice de l'entrepreneur, évalué au dixième, ayant d'ailleurs égard à l'intérêt de l'argent; ce qui dépend des conditions du marché et des époques du paiement. Le reste sera le prix de l'acquisition.

En général, il faut une bien grande expérience pour estimer avec précision le produit d'un taillis sur pied; mais la table qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

précède pourra, approximativement, suppléer à ce genre de connaissance. Au-dessous de 10 ans, les taillis ne produisent pas ce qu'on appelle du *bois de moule,* ni de *corde;* le premier doit avoir au moins 17 à 18 pouces, et le second au moins 6 pouces de circonférence au petit bout de la bûche. Les bois de 15 ans en produisent très peu; ils en donnent davantage à 20 ans. Notre table vérifie ce que nous avons déjà dit au mot Bois (T. IV, page 245), que les bois gagnent en produits jusqu'à un certain âge (35 à 40 ans dans les mauvais sols, plus tard dans les autres), qu'ensuite il y a perte; mais cette perte pour le propriétaire arrive même lorsque le produit croît encore, parce que les bénéfices seraient plus considérables si l'on eût coupé plus tôt. Cela dépend des localités, de l'intérêt de l'argent, de la rareté des bois ou des charbons. C'est ce qu'il faut développer ici.

On a observé que les bois de même espèce pèsent spécifiquement moins à 10 ans qu'à 20, à 20 qu'à 50 (*V.* Poids spécifique), et qu'ensuite ce poids diminue progressivement. Il y a donc plus de matière combustible dans un stère de rondins de l'âge de 25 à 70 ans, que dans la même mesure de bois de 15 à 20 ans; en sorte que si le rapport des densités est estimé de 6 à 5, et qu'un arpent de bois de 25 ans ait produit 83 stères de bois, ce volume donnera au feu autant de chaleur que 100 stères de bois de l'âge de 15 à 20 ans. On voit que 2 arpens de taillis de 10 ans ne produisent guère que 33 stères de bois de chauffage d'une qualité inférieure, dans un sol médiocre; tandis qu'un arpent de taillis, âgé de 20 ans, produit 46 stères de bois de meilleure qualité : en 10 ans de crue, le taillis a gagné considérablement, puisqu'il a presque triplé; après 20 ans les 2 arpens rapporteront 160 stères, ce qui est presque 5 fois autant. Il est facile de calculer à quel terme on doit s'arrêter pour obtenir le plus grand produit, en faisant entrer en compte l'intérêt de l'argent produit par la vente.

Tant que le bois ne passe pas 27 ans, il est appelé *taillis;* on le nomme *bois de jeune futaie* tant qu'il n'a pas atteint la moitié ou les deux tiers de sa grandeur; les *hautes futaies* sont les bois qui ont acquis les plus grandes dimensions. Ces su-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

perbes végétaux n'étalent plus guère à nos yeux leur luxe sauvage, et sont devenus rares en France, où le sol est réservé à des récoltes plus lucratives. Les immenses forêts d'Amérique, celles surtout qu'on trouve au Brésil, font l'admiration du voyageur, et la richesse du sol qu'elles fertilisent, et qui, sans elles, ne permettrait pas plus de culture que les sables arides des déserts d'Afrique. Les Gaulois avaient les forêts en vénération, et les druides consacraient certains arbres qui recevaient un culte public. Nos ancêtres, devenus chrétiens, crurent plaire au Créateur des immenses et antiques forêts de la Gaule, en les dévastant, parce qu'ils les regardaient comme des monumens de l'idolâtrie païenne; et insensiblement chaque siècle a vu détruire par la flamme des bois dont nous devons déplorer la perte.

Lorsqu'on veut élever le sol en futaie, il faut, avant que les pieds aient 3 ans, éclaircir le plan, empêcher qu'il ne vienne par touffes et *jardiner*, c'est-à-dire ne laisser qu'une seule tige à chaque pied; espacer les arbres d'environ 2 mètres, les émonder et élaguer avec soin. De 30 à 40 ans le bois est dit *haut taillis*; de 40 à 60 *demi-futaie, futaie sur taillis*; ensuite il est *haute futaie* jusqu'à 120 ans, et *vieille futaie* au-delà; le bois *sur le retour* est celui qui dépérit, tel est le chêne de plus de 2 siècles; on le voit se COURONNER, et donner tous les signes de la décadence. On se rappellera que l'âge d'un arbre se compte par les zones concentriques qu'on voit sur le tronc, et dont chacune est la pousse d'une année. (*V.* tome II, page 55.)

Lorsqu'on a abattu une futaie, il ne faut pas attendre qu'elle repousse un taillis, parce que la souche pourrit ordinairement, et que la terre est lassée de nourrir la même espèce. (*V.* ASSOLEMENT.) Il faut arracher les racines, y faire passer la charrue et mettre la terre en culture durant un grand nombre d'années, pour que le sol *oublie* ses premières productions; le grain vient en grande abondance dans cette terre neuve; et lorsqu'on la replantera en bois, on fera bien d'y introduire toutes espèces nouvelles.

L'estimation de la valeur d'une futaie n'est pas difficile à faire, parce que c'est surtout la quantité de *pièces de charpente* qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en peut tirer qui la détermine. Pour estimer le prix d'un arbre, on en mesure la circonférence à 6 pieds de terre, pour en déduire l'équarrissage ; c'est ordinairement le cinquième du contour qu'on prend pour représenter l'épaisseur de la solive. On mesure la hauteur de la *pile*, c'est-à-dire de la portion d'arbre susceptible d'être convertie en charpente, et on a les trois dimensions de la solive d'où résulte le cube (*V.* CHARPENTE), et par suite le prix.

Quant à la manière de mesurer le contour et la hauteur de la pile, voici le procédé suivi par les marchands de bois. Ils entourent le tronc, à 6 pieds de terre, par un ruban, afin d'avoir la circonférence ; pour tenir compte des déchets dus à la présence de l'écorce et de l'aubier, ils retranchent le quart, c'est-à-dire que les trois quarts du contour représentent le bois ; et même le ruban porte ses divisions métriques espacées selon cette règle des trois quarts ; en sorte que 4 pieds n'y sont comptés que pour 3. On lit ainsi sur le ruban la circonférence de l'arbre réduit à son bon bois. Pour la hauteur, on tient à la main et à la hauteur de l'œil un triangle rectangle isoscèle, c'est une sorte d'ÉQUERRE, dont un côté est horizontal et l'autre vertical ; puis on aligne selon l'hypoténuse le haut de la pile, en se reculant de l'arbre à une distance convenable, pour que le sommet se trouve sur cet alignement, qui est incliné à 45 degrés sur l'horizon. On mesure alors la distance de l'arbre ; par la propriété du triangle isoscèle rectangle, cette distance est la hauteur de la pile comptée depuis celle de l'œil ; ainsi en ajoutant cette dernière (4 pieds et demi environ), on a la première. Ces dimensions connues, il reste à évaluer un cylindre d'un contour et d'une longueur donnée, ce qu'on fait en *multipliant le douzième de la hauteur par le carré de la circonférence*. Et quand on préfère réduire le contour au cinquième, comme nous l'avons dit, pour représenter l'épaisseur d'une solive à base carrée, ce cinquième est alors marqué sur le ruban ; et il ne s'agit que d'en faire le carré et de le multiplier par la hauteur. Ce calcul suppose les deux dimensions rapportées à la même unité, et on dirige l'opération comme il a été dit au mot CHARPENTE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces évaluations sont assez grossières, parce qu'elles supposent que le triangle isoscèle est tenu en bonne position, et que le sol est horizontal ; d'ailleurs ici, l'arbre qui est réellement un cône, est évalué comme un cylindre, dont l'épaisseur est prise à 6 pieds de terre. Mais les marchands s'en contentent. Si l'on veut avoir des données plus exactes, on consultera l'ouvrage de M. de Sept Fontaines dans l'Encyclopédie méthodique (Forêts), et un article, page 352, du n°. de décembre 1825, dans le Bulletin des Sciences technologiques de M. de Férussac, où se trouve décrit un instrument de James Rogers pour cuber les arbres sur pied. Mais nous nous dispenserons de ces détails, attendu que les praticiens préfèrent des procédés approchés, mais expéditifs, à des méthodes plus exactes, mais gênantes, et qui, après tout, ont aussi leurs défauts de justesse.

Il faut ensuite tenir compte des branches capables de produire du bois de corde ou des fagots, ce que l'expérience apprend aisément. Chaque arbre de la vente doit être évalué de la sorte ; mais on se contente de ranger les individus par classes, qu'on nombre et estime à part. La somme donne le prix total ; bien entendu qu'il faut, comme pour les taillis, déduire le prix de la main-d'œuvre, le dixième pour le bénéfice de l'entrepreneur, etc. FR.

FORETS. Instrumens avec lesquels on perce les métaux, la pierre, le bois, etc. Ces forets sont de forme et de dimension différentes ; mais tous doivent avoir le bout qui travaille, fait du meilleur acier. On y emploie ordinairement les vieilles limes. C'est pour cela qu'on recherche plus particulièrement celles qui sont fabriquées avec de l'acier de bonne qualité.

Les petits forets qu'on fait agir à l'aide d'un archet, ou même d'un vilebrequin, sont ordinairement tout en acier fondu ; mais les gros dont la tige est forte et qu'on fait agir avec un tourne-à-gauche, ou avec une poulie, sur le tour, consommeraient trop d'acier si on les faisait entièrement de cette matière. On en fait seulement une mise assez forte sur le bout qu'on y soude, ayant soin de diriger sa nervure en travers.

Les forets destinés à percer un premier trou, n'importe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans quelle matière, par un mouvement de rotation alternatif, tel que celui qu'on imprime avec un archet, ont leurs bouts aplatis et taillés en grain d'orge avec deux biseaux qu'on fait sur la meule après les avoir trempés. La pointe doit correspondre exactement au centre, sans quoi le trou qu'on perce n'est pas rond. Si un foret a pour objet d'agrandir un trou, son tranchant est précédé d'un goujon du calibre du premier trou. On les appelle *forets* ou *mèches à goujon*. Il en faut plusieurs assortimens des uns et des autres dans un atelier. Le bout opposé à celui qui perce est façonné en pivot, en carré, ou porte seulement un centre, suivant qu'on veut percer à l'archet, au vilebrequin, ou avec le tourne-à-gauche ou sur le tour. Ce dernier moyen est le plus avantageux, non-seulement pour la promptitude du travail, mais encore pour la justesse de la direction du trou. Alors c'est l'objet qui tourne, et on appuie le foret dessus au moyen d'une pointe à vis dite contre-poupée, qui correspond exactement au centre du tour. Pour percer ou forer un trou droit avec une machine à percer ordinaire, les ouvriers ont une méthode assez exacte pour la plupart des pièces de mécanique et de serrurerie. Ils placent dans l'étau ou sur la table de la machine à percer, la pièce à forer exactement de niveau, en se servant pour cela d'un petit niveau à bulle d'air. Ils amènent ensuite la pointe de la vis de pression dans la même ligne verticale que le centre du trou, ce qui se trouve facilement à l'aide du fil à plomb à centrer, ou simplement en faisant tomber de la pointe supérieure une goutte d'huile ou d'eau sur la pièce à forer.

Les tranchans des forets qui percent en tournant toujours dans le même sens, sont également à pointes angulaires plus ou moins obtuses; mais ils sont à biseau simple. On se sert ordinairement d'huile pour forer le fer et l'acier. Il y a de l'économie à employer de l'eau dans laquelle on fait dissoudre un peu de savon. La fonte de fer, le cuivre, le bronze, la pierre, etc., se percent à sec. Il faut seulement avoir soin de ne pas trop précipiter le mouvement, afin de ne pas détremper l'outil. La vitesse d'un homme tournant un vilebrequin, c'est-à-dire environ 36 à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

40 tours par minute, paraît convenable pour le forage des petits trous jusqu'au diamètre de 10 à 12 lignes. Pour les trous plus grands, il faut ralentir de moitié et plus. Enfin, nous ferons ici la même remarque qu'à l'article du forage des canons, qu'il vaut mieux tourner lentement et appuyer plus fortement sur le foret.

Pour se faire une idée plus précise des formes qu'on donne aux diverses sortes de forets, *V.* Pl. 26 *des Arts mécaniques*, fig. 4, où nous en avons représenté une série. E. M.

FORGERON. Ouvrier employé à forger le fer, soit aux grosses, soit aux petites forges. C'est un des métiers les plus longs à apprendre et des plus pénibles à exercer. Il faut qu'il jouisse d'une bonne santé, et qu'il soit vigoureusement constitué; toujours debout devant son foyer ou devant son enclume, rien ne doit le distraire de son travail, soit pendant la chauffe, soit pendant la battue. Gouvernant sa barre d'une main, de l'autre il la frappe à l'endroit où ses frappeurs de devant doivent diriger leurs coups. C'est alors que tous les instans doivent être mis à profit; il a dû d'avance méditer le moyen de donner, avec les outils qui sont à sa disposition, la forme qu'il veut obtenir. Rien n'est plus essentiel à un atelier de construction, qu'un bon forgeron qui s'attache à faire toutes ses pièces de calibre, saines et droites. Il faut qu'il sache ou qu'il comprenne le dessin, qu'il puisse imiter un modèle. Rien ne lui serait plus utile que de savoir la Géométrie, et même la Géométrie descriptive et un peu de Chimie. Du reste, une longue habitude tient lieu de ces sciences, et il serait peut-être à craindre que, s'il les possédait par trop complètement, il ne renonçât à son métier, qui est très fatigant. E. M.

FORGES. On distingue deux espèces de forges, savoir : 1°. les *grosses forges*, où l'on fabrique le fer et l'acier en barres de tout échantillon, au moyen de martinets ou de laminoirs mus par la puissance mécanique de l'eau ou de la vapeur. On donne le nom de *maîtres de forges* aux propriétaires de ces établissemens; 2°. les *petites forges*, où l'on façonne, à bras d'hommes, les innombrables pièces de fer ou d'acier dont on a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

besoin dans les diverses branches de l'économie industrielle.

Grosses forges. Ces usines sont ordinairement placées dans le même local ou à proximité des hauts-fourneaux, qui fournissent la fonte en gueuse dont on fabrique le fer. C'est le même courant d'eau ou tout autre moteur, qui fait agir la soufflerie, les gros ou petits marteaux, les laminoirs, les cylindres-forgeurs, ou autres machines dont ces vastes ateliers doivent être pourvus. On estime que la force du moteur, surtout s'il met en action des cylindres forgeurs, ne doit pas être inférieure à celle de 60 chevaux. Le combustible, charbon de bois ou de terre, dont la consommation est considérable, doit être à proximité et d'un facile transport; et pour cela, ainsi que pour le transport des produits, on établit, suivant les localités, des chemins ordinaires, des chemins de fer, ou des canaux. C'est sous ce rapport que les machines à vapeur offrent, sur les courans d'eau, de grands avantages, par la facilité qu'on a avec elles, de se placer convenablement, tant pour l'approvisionnement de l'usine, que pour l'écoulement des produits : mais alors il faut que le charbon de terre soit abondant et à un prix modéré; car autrement les machines à vapeur, pour cet objet, cesseraient d'être avantageuses.

En raison de l'énorme quantité de combustible que les grosses forges consomment, personne ne peut en établir qu'avec l'autorisation du gouvernement, qui a le droit de juger si les ressources d'un pays le permettent, sans nuire aux autres branches d'industrie déjà formées et aux besoins domestiques.

Dans un grand nombre de forges, les soufflets à cylindre et à piston (*V.* Soufflets), imaginés en Angleterre dès l'année 1760, par le célèbre ingénieur *Smeaton*, pour la fameuse fonderie de Caron en Écosse, ont remplacé les anciens soufflets de bois. Un régulateur à piston ou à eau (*V.* Régulateur) en distribue le vent d'une manière uniforme aux foyers des forges. Mais, de tous les perfectionnemens apportés aux procédés mécaniques de forger le fer en barres, le plus important est celui de l'affinage dans des fourneaux à réverbère, par le moyen de la houille réduite en charbon (*koach*), et l'étirage de la loupe aux cylindres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cannelés. Aujourd'hui nous possédons vingt et quelques établissemens qui fabriquent le fer d'après ces procédés, qu'on connaît depuis trente ans sous la dénomination de *forges à l'anglaise*. On estime que leurs produits annuels s'élèvent à près d'un million de quintaux métriques : cette quantité représentant à peu près la consommation du fer qui avait lieu autrefois, on avait conçu l'espérance d'en voir abaisser le prix ; mais il paraît que la consommation a augmenté dans la même proportion, et que les prix, au lieu de fléchir, se sont même élevés ; ce qui apporte un grand obstacle au développement de notre industrie manufacturière et agricole.

La force du vent, la direction de la tuyère, la forme des creusets d'affinerie de la gueuse, ou des forges à la catalane (1), ayant été suffisamment expliquées au mot FER, nous nous bornerons à décrire ici les procédés mécaniques du forgeage du fer et de l'acier en barres, soit au moyen des cylindres cannelés, soit au moyen des gros et petits marteaux, mus par un moteur quelconque.

Cylindres à cannelures circulaires pour forger le fer.

Ces cylindres sont disposés l'un sur l'autre, comme ceux des laminoirs ordinaires. (*V.* Pl. 26, fig. 5 et 6 des *Arts mécaniques*.) Ils sont maintenus sur un banc et dans de très fortes cages de fonte, par des collets garnis de cuivre et par des vis de pression. Ils sont assujettis à tourner en sens inverse par des pignons montés sur leurs axes prolongés, et qui s'engrènent réciproquement. C'est par l'axe du cylindre inférieur que le moteur leur apporte le mouvement. Leur diamètre est d'environ 33 centimètres, et leur longueur d'un mètre : on les fait mouvoir avec une vitesse de 50 à 60 tours par minute.

(1) On appelle *forges à la catalane* celles où, n'ayant point de hauts-fourneaux pour la fusion du minerai, on le fait fondre par petites mises dans le creuset même de la forge. C'est là qu'on fabrique l'acier naturel, par un simple changement d'inclinaison qu'on donne à la tuyère ; de sorte que, pour faire du fer doux, elle est inclinée de 38 à 40 degrés, et pour l'acier on l'incline de 45 à 46 degrés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La première paire (fig. 5) sert à faire les barres carrées, en les passant successivement de la plus grande aux plus petites cannelures, et s'arrêtant à celle où la barre se trouve de longueur et d'échantillon. Le *cingleur*, c'est-à-dire le chef de ce travail, n'a d'autre soin à prendre que de laisser chauffer au rouge-blanc la *masse* ou *loupe*, dont la forme déjà cylindrique peut s'engager dans la première gorge des cylindres forgeurs. Il l'y présente, et dans un instant elle passe de l'autre côté, où l'un des deux manœuvres qui s'y trouvent la saisit avec des tenailles, tandis que l'autre, à l'aide d'un levier du premier genre suspendu à une chaîne, la soulevant par-dessus le cylindre supérieur, la rend au cingleur; celui-ci la prend et la fait passer de suite dans la seconde gorge; ainsi de suite, faisant faire à chaque changement de gorge un quart de tour à la barre de fer, pour que ses angles viennent successivement se former dans le fond des cannelures. La barre, parvenue à l'échantillon qu'on veut lui donner en une seule chaude, étant encore très rouge quand elle est terminée, est entraînée par des enfans sur une plaque de fonte à rebord, où ils la dressent à coups de mailloches et l'écartent pour la laisser refroidir.

La deuxième paire de cylindres, fig. 6, a ses cannelures disposées pour faire les barres mi-plates. On a d'autres cylindres à gorges rondes pour forger les tringles. Le travail est le même que pour la 1re paire.

Les gorges des cylindres sont faites au tour et doivent, dans la même paire, se correspondre et être parfaitement symétriques. Il faut de plus que les cercles annulaires qui font fonction de laminoir, aient le même diamètre, parce que les cylindres ayant la même vitesse, il en résulterait un frottement nuisible à l'effet de la machine, si les diamètres étaient différens.

Pendant tout le travail, on laisse couler un filet d'eau, non seulement sur les cannelures où se forge le fer, mais encore sur les tourillons ou collets des cylindres, pour empêcher l'échauffement.

On a déjà, dans quelques établissemens, adopté le système des trois rouleaux l'un sur l'autre. Le travail en est plus prompt,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parce qu'on ne perd point de temps pour ramener à chaque fois la barre du côté du cingleur. On l'étire en allant et en venant, d'abord entre le cylindre inférieur et celui du milieu, et ensuite entre celui-ci et le supérieur.

Si l'on veut avoir du fer très malléable, on l'affine deux fois; on le réduit d'abord en barres mi-plates, qu'on coupe à la cisaille, par tronçons égaux. Plaçant quatre ou cinq de ces morceaux l'un sur l'autre, on en forme un paquet, qu'on lie avec du petit fenton. On fait chauffer ces masses à blanc, dans le four à réverbère, et on les étire comme la première fois.

Dans quelques usines, pour éviter le travail du découpage, on place dans la dernière gorge d'un des cylindres, des petits tranchets dans le sens de l'axe, qui divisent de suite la barre en bouts égaux.

On fait aussi des cannelures de cylindres à moulures excentriques, pour tirer des baguettes plus fortes dans des endroits que dans d'autres, et cela régulièrement. C'est ainsi que MM. Manby, Wilson et compagnie, à Charenton, façonnent des barres de fer pour bâtis de lits, pour chantiers de chemin de fer, etc. L'invention des cylindres forgeurs offre des moyens très multipliés de varier les échantillons de fer, sans augmenter sensiblement les dépenses de façon.

D'un autre côté, il paraît que le fer forgé de cette manière se rouille plus promptement, et a moins de consistance que celui qu'on fabrique au martinet ordinaire. Des expériences comparatives ont fait connaître que du fer fabriqué au marteau supporte, sans se rompre, un poids de 35 kilogrammes par chaque millimètre superficiel, tandis que le fer roulé n'en supporterait que 30 kilogrammes. Il serait imprudent de construire une chaîne de grue, ou toute autre qui a un grand effort à supporter, avec ce dernier fer. Nous devons faire remarquer ici que, pour obtenir un bon affinage du fer par le procédé des cylindres, il faut faire subir à la fonte une seconde fusion pour la débarrasser de son carbone, et avoir ce que les Anglais appellent *fine-metal*. (*V.* Fonte.)

Forgeage au marteau. Le massé ou la loupe est chauffée de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la même manière ; elle est étirée d'abord sous le gros marteau mu par les cames d'un arbre tournant. Cette disposition est différente suivant les pays et suivant les localités. La meilleure est celle qu'on nomme la *drome*, quand il s'agit de frapper lentement, 70 à 80 coups par minute. (*V.* Pl. 26, fig. 7 et 8). Les cames A, portées par l'arbre tournant B, lèvent le marteau C par le prolongement de son manche D. La loupe sortant du feu est placée, par le forgeur, dans le vide E que laissent entre eux l'enclume et le marteau. Lorsque après quelques coups cette masse informe a pris un peu de consistance et a diminué de volume, on la place en F ou en G, où elle reçoit plus directement l'action du marteau, soit pour placer, soit pour étirer.

Le marteau que nous avons représenté est celui des forges de Charenton, imité de ceux du Stafordshire, en Angleterre; il est mu, comme les dromes, par le bout du manche prolongé au-delà du marteau : il est tout en fonte, et pèse environ 3000 kilogrammes. Le marteau, qui est également en fonte, s'y fixe avec des coins; sa tête, ainsi que celle de l'enclume, est représentée par la fig. 9. Il faut ordinairement trois chaudes pour forger une barre de gros calibre. C'est ensuite au martinet, frappant 2 à 300 coups par minute, qu'on réduit, en les corroyant, ces grosses barres en petit fer marchand de divers échantillons. Le martineur, assis sur une espèce d'escarpolette au niveau de son enclume, s'en approche ou s'en éloigne, en marchant avec ses pieds sur la terre, tout en manœuvrant sa barre de manière à lui faire prendre la dimension qu'elle doit avoir.

Les barres de fer forgées comme nous venons de le dire, ont leurs extrémités mal soudées, remplies de crevasses, la plupart du temps hors de service. C'est une perte, non pas pour le fabricant, ni pour le marchand, mais bien pour celui qui le travaille, et qui en fait des pièces où ces mauvais bouts ne sauraient être employés, surtout dans la tréfilerie. On avait remarqué que ce défaut n'existait pas dans les fers anglais, et jusqu'à ces derniers temps on avait cherché vainement le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyen qu'ils employaient pour l'éviter. M. Falacieux, dans un voyage qu'il a fait dernièrement en Angleterre, a eu l'occasion de l'apprendre, et s'en est garanti la propriété en France par un brevet d'importation. Ce moyen consiste à forger la loupe sous le gros marteau, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une longueur de 15 à 18 pouces; alors le forgeur la saisit par le milieu avec ses tenailles, et la dresse debout sous les coups du marteau. Les bouts sont refoulés vers le milieu, et d'autres bouts sortent de ce même milieu, qui est déjà corroyé, et qui sont par conséquent très sains.

Petites forges à bras d'hommes. Il en existe bien des espèces, telles que les forges de serruriers, de mécaniciens, de cloutiers, des maréchaux ferrans, de chaudronniers, d'émailleurs, les forges des canonniers, les forges portatives, etc. Toutes ont des dispositions particulières et spéciales à leur objet; mais toutes ont ce point de ressemblance, en ce qu'elles sont formées principalement d'un soufflet, d'une tuyère placée horizontalement, d'un foyer, d'un contre-feu, d'une hotte et d'une cheminée. Les foyers des forges où l'on fabrique des enclumes, des étaux, des essieux et autres grosses pièces de mécanique, sont percés d'un *chio*, comme les foyers des forges à la catalane, afin de faire évacuer le laitier sans déranger le feu. Ce foyer doit être tel, que le vent de la tuyère passe immédiatement au-dessous de la barre de fer qu'on chauffe.

Les outils d'une forge consistent dans des tenailles de diverses formes, propres à saisir les objets qu'on fabrique; en une pelle à charbon, en un fourgon droit et crochu, en un arrosoir, en une enclume, des marteaux à mains, à frapper devant, en des tranches, des châsses, des étampes, et en une infinité d'outils de circonstances, que le forgeron imagine pour abréger son travail. Il doit se trouver aussi, dans un atelier de forge, un gros ÉTAU à chaud, des COMPAS, des CALIBRES. (*Voyez* tous ces mots.) E. M.

FORME (*Technologie*). Ce mot a plusieurs acceptions dans les arts industriels.

Le CARTONNIER appelle *forme* une espèce de châssis de bois,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait d'un cadre et de traverses ; il est couvert de fils de laiton. Il n'est pas fort différent de la forme des papetiers ; le laiton en est seulement plus fort, et la forme du papetier a un rebord beaucoup plus bas et mobile. La *forme* du cartonnier sert à lever les feuilles de carton. (*V.* CARTONNIER, et PAPETIER.)

Le CHAPELIER désigne par le nom de *forme* un gros morceau de bois cylindrique ou conique, selon que la mode l'exige, quelquefois arrondi par le haut et aplani par le bas, dont il se sert pour dresser et former les chapeaux après qu'ils ont été foulés et feutrés. C'est dans ce sens qu'on dit : Mettre un chapeau en forme, ou l'enformer. Le *chapelier* appelle aussi *forme* la tête du chapeau, ou plutôt la cavité, destinée à recevoir la tête de celui qui s'en sert. C'est dans ce sens qu'on dit ordinairement : Ce chapeau est trop haut, trop bas, trop large, trop étroit de forme.

Le CORDONNIER donne le nom de *forme* à un morceau de bois qui a à peu près la figure d'un pied, sur lequel on monte le soulier pour le confectionner. Il y a deux espèces de formes : la forme simple et la forme brisée ; celle-ci est composée de deux demi-formes, qui ont chacune une rainure qui font ensemble une coulisse, dans laquelle on fait entrer une clef ou espèce de coin de bois, qui écarte les deux demi-formes. L'usage de cette forme brisée est d'élargir les souliers quand ils sont trop étroits. Il y a aussi des formes pour les bottes qu'on nomme EMBAUCHOIRS. (*V.* ce mot.)

Les ouvriers qui font les formes pour les cordonniers ou pour les bottiers se nomment FORMIERS.

L'IMPRIMEUR appelle *forme* un certain nombre de pages du format de chaque ouvrage, enfermées dans un châssis de fer, où elles sont maintenues par le secours des bois de garnitures, des biseaux et des coins.

Le PAPETIER désigne sous le nom de *forme* un châssis sur lequel la feuille de papier prend sa forme. Il est composé d'un cadre en bois, de figure rectangulaire. Le vide de ce cadre est de la grandeur dont on veut que soit la feuille ; il est traversé par de petits barreaux de bois qu'on nomme *verjures*. Les verjures ont une arête assez tranchante. Sur les arêtes des verjures qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont assemblées dans les longs côtés du châssis, et qui viennent presque à son effleurement, on étend des fils de laiton, ou une toile métallique que l'on fixe, par d'autres fils plus fins, sur les verjures, de manière que le vide du châssis soit entièrement rempli. Les écritures et les marques du manufacturier se font par l'impression d'un petit fil de laiton qu'on entrelace sur la toile métallique, suivant le dessin qu'on veut avoir. En général, la feuille prend la trace de toutes les parties éminentes de l'intérieur du cadre de la forme.

FORMES A SUCRE. Le raffineur de sucre donne ce nom à des moules en terre cuite, dure et bien mince, de figure conique, dans lesquels il coule le sirop pour l'y faire cristalliser, et le réduire en pains selon l'usage du commerce.

Les fabricans de formes à sucre font secret de leurs procédés, au moins quant à la nature des terres qu'ils emploient, et à leur mélange; rien n'a été écrit sur cette matière, et nous désespérions de pouvoir donner quelque chose de certain sur une industrie aussi importante, lorsque nous sommes parvenus à nous trouver en relation avec un des meilleurs fabricans de formes à sucre, qui nous a permis de visiter ses ateliers. Il a répondu avec assez de franchise à toutes les questions que nous lui avons faites, excepté à celles qui étaient relatives au mélange des terres qu'il nous a dit être son secret. Comme il ne nous a demandé le secret sur aucun objet, nous allons indiquer tout ce que nous avons recueilli dans cette conversation, et qui pourra mettre sur la voie de cette fabrication importante.

Les argiles dont on se sert sont : 1°. l'*argile figuline brune d'Arcueil*. Elle est d'un brun bleuâtre, mêlée de veines et de taches rouges. Elle fait avec l'eau une pâte très tenace; ne fait aucune effervescence avec les acides; devient d'un rouge assez vif par la cuisson, et ne se fond qu'à une haute température.

Elle se trouve, au midi de Paris, dans les environs d'Arcueil, de Vanvres, de Vaugirard, etc.; elle est souvent mêlée de sulfure de fer, qui augmente sa fusibilité, surtout dans les parties où il se trouve. Il paraît que le sulfure existe dans les parties tachées de rouge, et qu'on les enlève dans le triage autant qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le peut; car nous en avons vu des tas assez considérables, et l'on nous a dit que cette argile était de mauvaise qualité.

L'argile dont nous parlons est placée au-dessous des bancs de chaux carbonatée grossière et au-dessus de la craie. Elle est immédiatement précédée par un lit de sable. D'après l'analyse de M. Cazeran, elle contient :

Alumine	0.32
Silice	0.63
Fer, près de	0.04
Eau	0.01
	1.00.

2°. *Argile feuilletée.* Ses couleurs varient comme celles de toutes les argiles; mais sa texture remarquable est son caractère distinctif. Elle est composée de feuillets qui se séparent avec la plus grande facilité, par l'action alternative de la sécheresse et de l'humidité. Sa texture feuilletée n'est cependant pas toujours aussi tranchée, et ses feuillets sont quelquefois ondulés et comme noduleux ; ce qui paraît dû aux rognons siliceux qu'elle renferme.

On la trouve à Montmartre, près de Paris, entre les bancs de chaux sulfatée impure, en grands feuillets très droits, et semblables à des feuilles de carton. On l'appelle aussi *argile schisteuse*.

On la trouve de même à Ménil-Montant, renfermant la variété de silex nommée *ménilite*.

Suivant l'analyse qu'en a faite Klaproth, elle contient :

Silice	0.66
Alumine	0.07
Magnésie	0.01
Chaux	0.01
Oxide de fer	0.02
Eau	0.19
Perte	0.04
	1.00.

Sa pesanteur spécifique est de 2,080.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3°. Un sable quartzeux qu'on nous a assuré venir des mines de Montmartre.

Les mélanges de ces trois substances nous ont paru varier considérablement. D'après les renseignemens que nous nous sommes procurés, il paraît qu'on emploie d'un tiers à la moitié de la première argile sur deux tiers ou la moitié de la seconde, et qu'on ajoute ensuite un quart de la totalité de sable. Nous ne parlons pas ici de la manière dont on fait ces mélanges, ni de la manipulation qu'on emploie dans la préparation des terres; tout cela sera suffisamment expliqué au mot POTERIE.

Quant à la manière de mouler et de faire cuire les formes à sucre, nous n'avons pu recevoir de ce fabricant aucun renseignement. Heureusement que nous avons trouvé dans le tome X des Brevets d'invention expirés, qui vient de paraître, des détails importans que nous nous empressons de communiquer à nos lecteurs.

La fig. 5, Pl. 29, montre en élévation, par-devant, un tour ordinaire de potier, servant à faire les formes à sucre.

L'arbre vertical B, en fer, porte, par le bas, au-dessous de la grande roue ou plateau en bois E, servant à donner la volée, une poulie à gorge F, pour recevoir la courroie qui communique le mouvement à l'arbre B.

L'arbre B porte, à sa partie supérieure, une embâse I, et au-dessus de cette embâse, est un bout de vis pour recevoir le noyau ou moule à formes K, conique. Ce moule est en cuivre, ainsi que le plateau D qui le porte; ce moule est creux et parfaitement centré; il est percé d'un trou à sa partie supérieure.

On enfile un anneau en plâtre L, à l'aide duquel on enlève les formes quand elles sont tournées. Cet anneau repose sur une portée ou plateau D, ménagé à la base du moule.

Un ouvrier a soin de tenir toujours un bloc d'argile préparée et informe G, sur l'établi du tourneur et à son côté droit, afin qu'il n'en manque jamais. Celui-ci enfonce d'abord son poing dans le milieu du bloc, ensuite il en coiffe le moule K en M; et avec ses mains humectées d'eau, autant que cela est nécessaire, il fait descendre l'argile également de manière à couvrir tout le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moule et la surface du plateau D. Il tourne bien cette pâte, afin de donner une épaisseur égale partout. Enfin il perce un trou à la pointe du cône. C'est par ce trou que le sirop incristallisable doit s'échapper. On enlève, avec l'anneau de plâtre, de dessus le moule, la forme aussitôt qu'elle est terminée.

Fig. 6. Forme en terre sortant de dessus le moule K, fig. 5, supportée sur l'anneau de plâtre L. On la fait ainsi sécher lentement à l'ombre.

Pour les petites formes, jusqu'à celle appelée *grand quatre*, l'ouvrier fait agir le tour au moyen du pied; mais pour les formes plus grandes, on fait usage de la courroie dont nous avons parlé, qui passe sur la poulie F, fig. 5; dans ce cas, le mouvement est imprimé par une manivelle.

Préparation des formes à sucre. On commence par broyer la terre; on en forme une masse qu'on place à côté du tourneur qui achève de la préparer comme nous l'avons dit, et la métamorphose la forme après l'avoir graissée avec de l'huile.

La forme, travaillée de cette manière, et après avoir été bien polie à l'extérieur, est enlevée de dessus le moule par le moyen de l'anneau de plâtre; elle n'a plus besoin que d'être ébarbée pour être finie.

On emploie trois méthodes différentes pour faire cuire les formes à sucre.

1°. La fig. 7 présente la coupe verticale de la base d'un four, servant à faire cuire les formes à sucre.

La fig. 8 montre la coupe verticale, et la fig. 9 le plan de quatre étuis cylindriques posés l'un sur l'autre, et contenant chacun une forme. On voit en *a*, fig. 9, trois trous triangulaires, dans lesquels on place les supports ou *permettes*. Chacun des étuis *b*, *b*, *b*, *b*, fig. 8, en a trois. Les formes à sucre *c*, *c*, *c*, fig. 8, sont placées les unes au-dessus des autres.

On commence par placer sur l'âtre d'un four une forme recouverte de son étui avec ses permettes; par-dessus on enfile encore une forme et un étui, et on en met, de cette manière, autant que la hauteur du four le permet; de sorte que les formes, séparées par des étuis, ne peuvent se toucher.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2°. La deuxième méthode ne diffère de la première qu'en ce que la base des étuis a intérieurement un rebord pour supporter la forme. Ce rebord est vu en *d*, *d*, fig. 10, qui représente cet étui en coupe verticale par son diamètre.

3°. La troisième méthode consiste à placer l'une sur l'autre, de la même manière qu'on vient de le voir, deux grands étuis ou gazettes, percés chacun de douze trous triangulaires, dont quatre à chaque tiers de la hauteur. On place trois *permettes* dans les trous du bas de la gazette, puis une forme, ensuite trois *permettes* et une forme, et ainsi de suite. Chacune des deux gazettes contient quatre formes, ce qui fait huit formes dans le même four. On pourrait en mettre encore un plus grand nombre, en augmentant le nombre des gazettes, suivant que la hauteur du four le permettrait.

Chaque forme est accompagnée d'un pot, qui a un trou dans le milieu de sa surface supérieure destiné à couvrir la pointe de la forme conique, par laquelle doit couler le sirop non-cristallisable que le pot doit recueillir.

Avant de se servir des formes neuves, on les met en trempe pendant vingt-quatre heures, pour les dégraisser; mais, quand elles ont déjà servi, elles n'y restent que douze heures, après lesquelles on les lave et on les prépare pour l'empli. (*V.* SUCRE.)

L.

FORMULE. (*Calcul.*) Expression algébrique destinée à indiquer les opérations numériques qu'il faut faire pour résoudre une question proposée. (*V.* ALGÈBRE.) FR.

FORTÉ-PIANO, PIANO, FORTÉ (*Arts mécaniques*). On donne ces noms à un instrument de musique d'un usage très répandu, qui est composé d'une série de cordes métalliques parallèles, dont la longueur, la grosseur et la tension sont tellement combinées, que chacune rend un son particulier lorsqu'elle est frappée par un petit marteau : ce choc est imprimé par un mécanisme que met en jeu le mouvement des doigts, lorsqu'on les pose sur diverses pièces nommées *touches*, lesquelles sont rangées devant le musicien dans un ordre qu'il connaît : ce système de touches prend le nom de *clavier;* et,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

selon que l'on attaque ensemble ou successivement ces pièces, les marteaux vont frapper les cordes de manière à produire des accords ou un chant déterminés. Les deux mains de l'exécutant sont occupées à la fois à toucher le clavier; la gauche frappe ordinairement les sons graves qui servent d'accompagnement aux sons aigus que produit la droite. Le morceau de musique est écrit sur deux lignes, dont chacune est jouée par la main à laquelle elle est destinée. L'exécutant doit lire à la fois ces deux lignes, et en rendre l'effet musical, comme feraient deux personnes qui joueraient ensemble de deux instrumens. Les mesures et les durées de même valeur se correspondent verticalement, pour que l'œil puisse les suivre l'une l'autre. Quelquefois deux musiciens, placés devant le même clavier, l'un près de l'autre, jouent ensemble ce qu'on nomme des *pièces à quatre mains*, parce que l'une rend les effets graves, l'autre les aigus d'une *partition à quatre lignes*.

Les sons du forté-piano ne pouvant être renflés et soutenus, comme ceux d'un violon, n'ont pas l'expression de ceux-ci, et n'excitent pas dans l'âme les sensations profondes et variées de la plupart des autres instrumens; ces sons ont de la sécheresse et de la monotonie, et il faut un talent bien remarquable pour rendre agréable aux auditeurs l'exécution d'une sonate ou d'un concerto sur le forté. Mais son plus précieux avantage, celui qui le rend supérieur à tous les autres instrumens, et qui lui donne la grande renommée dont il jouit, c'est de tenir lieu, à lui seul, d'un orchestre; c'est dans l'accompagnement des voix, dans les effets musicaux des concerts de société, dans les bals de nos salons; enfin, dans la facilité que le compositeur y trouve pour aider son génie, qu'on en a remarqué la supériorité. La partition d'un opéra est mise sur le pupitre du piano, et lorsque l'exécutant est exercé à ce genre de traduction, il saisit à vue toutes les parties que doivent jouer les divers instrumens d'un orchestre, choisit celles qui ont le plus d'importance dans les effets que l'auteur a voulu produire, passe successivement d'une ligne à l'autre, lorsqu'il est nécessaire (car chaque espèce d'instrument a sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ligne sur la partition, toutes ces lignes sont jouées ensemble, et une page entière de 10, 15 et 20 lignes, doit être exécutée à la fois, et lue d'un coup d'œil par l'artiste), distingue toutes les marches de basse, les accords principaux; enfin, rend tous les effets comme ferait un orchestre entier. C'est assurément une des choses les plus surprenantes, et que mille personnes font chaque jour avec plus ou moins d'habileté, que de voir une pièce de musique très compliquée, dont chaque ligne exige le talent d'un artiste pour être jouée seule, et qui pourtant se simplifie sous les doigts du pianiste, et se réduit à la plus simple expression, sans rien faire perdre d'essentiel à l'harmonie.

Indiquons maintenant la composition des fortes-pianos. Nous commencerons d'abord par exposer les détails relatifs à ceux qui sont les moins compliqués; nous parlerons ensuite des divers perfectionnemens qu'on y a apportés dans les dernières années; car ce n'est que depuis 30 à 40 ans qu'on emploie ces instrumens, et qu'on les a substitués aux Épinettes et aux Clavecins, instrumens ingrats dont on faisait jadis usage. (*V.* fig. 11, Pl. 25 des *Arts mécaniques.*)

Le forté-piano est renfermé dans une caisse rectangulaire de 27 centimètres d'épaisseur environ (10 pouces); dans ceux qui ne portent que 5 octaves et demie, la largeur est de 7 décimètres et demi (2 pieds 3 pouces), la longueur de 1^m,85 (5 pieds 8 pouces); ces dimensions varient d'ailleurs selon les goûts; elles sont un peu plus grandes quand le piano a plus d'étendue, car il y en a qui portent 6 octaves, et même 6 et demie; cela signifie que l'instrument peut rendre tous les tons et demi-tons renfermés dans cette échelle diatonique; et comme il y a 12 demi-tons dans une octave, on obtient 80 sons, d'autant de touches au clavier, des pianos à 6 octaves et demie. Chaque son est rendu à la fois par 2 ou par 3 cordes tendues à l'unisson, que le marteau frappe et fait vibrer ensemble, ainsi qu'on va le dire; en sorte que dans les fortés à 6 *octaves et demie et à* 3 *cordes*, il y a 80 fois 3 cordes, ou 240 cordes, tendues parallèlement dans la caisse; ces cordes ont d'ailleurs la tension, la longueur et l'épaisseur nécessaires. La

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

caisse est montée sur quatre pieds, et quand elle est fermée par la planche qui la recouvre, elle présente l'image d'une table ordinaire, de 10 pouces d'épaisseur; on la fait en acajou ronceux, qui compose un fort beau meuble de salon. L'épaisseur du bois de la caisse est de 2 centimètres (9 lignes); le tout est en bois de placage.

Les pieds entrent à vis sous la caisse, en sorte que, pour la caler, il suffit de tourner l'un des pieds pour le faire sortir de son écrou, ou l'y faire rentrer. La devanture de la caisse est brisée à charnière, de manière à pouvoir ouvrir ou fermer le clavier, qui est placé de la sorte à la face verticale antérieure et à la hauteur des coudes d'un homme assis. La planche qui sert de couvercle peut même être soulevée en plan incliné, comme un pupitre, en tournant sur des charnières placées au bord postérieur; on le soutient sur des baguettes disposées en arc-boutant; on élève à volonté ce plan, ou même on l'ôte tout-à-fait, soit lorsqu'on veut mettre l'instrument d'accord, soit pour laisser mieux sortir les sons, quand on joue dans une salle un peu vaste.

Nous avons décrit, au mot Clavier, la forme, la disposition parallèle, et les dimensions des touches. La longueur du clavier de gauche à droite est d'un mètre dans les pianos à 5 octaves et demie; on ne peut guère dépasser cette étendue, parce que les mains seraient obligées de s'écarter trop, lorsqu'elles voudraient atteindre aux deux limites extrêmes. La largeur du clavier est 15 centimètres (5 pouces et demi); il est ainsi renfermé dans une petite enceinte rectangulaire, mais la planche longitudinale qui le sépare de la caisse peut être enlevée, afin de retirer les leviers pour y retoucher, lorsqu'il est nécessaire, ou pour ôter la poussière, etc.

Nous avons représenté (fig. 10, Pl. 25 des *Arts mécaniques*) l'un AB de ces leviers; c'est une règle qu'on fait en bois bien sec, pour qu'elle ne se déjette pas; on préfère le sapin, qui est fait léger. La partie A est visible sur le clavier; elle est revêtue d'une lame d'ivoire ou d'ébène, qu'on y a fixée par de la colle-forte. En C est un trou évasé en dessus, dans lequel entre une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

broche ; la pièce AB est mobile en basculant sur l'appui C, qu'on garnit en dessous d'une rondelle en drap *i*, pour empêcher le bruit que causerait le choc du bois. Un arrêt O, placé sous la touche, l'empêche de descendre trop bas ; le levier reste incliné sous la pression que le doigt exerce en A ; mais il reprend la position horizontale dès qu'on le quitte, parce que la partie CB est beaucoup plus longue et plus lourde que AC, et le poids de B l'emporte. Ce levier a 15 à 16 pouces de long (38 à 40 centimètres). Tous les appuis C sont disposés en ligne droite longitudinale ; seulement les touches des demi-tons étant moins avancées sur le clavier, l'appui C est un peu reculé pour les leviers des dièses et bémols, en sorte que toutes ces pièces sont égales en longueur et en calibre.

Quand on baisse la touche A, la partie CB du levier monte au contraire. Un *taquet* porté au bout d'une petite tige de laiton D, fixée perpendiculairement, s'élève aussi, et va choquer la pièce E, dont le centre de rotation est en N, et qui porte elle-même la tige verticale et le *taquet* F. Cette tige monte donc aussi par l'influence du levier, et va frapper la petite pièce de bois P tout près de son extrémité ; cette pièce porte en R un tampon de bois garni de buffle ; c'est le *marteau* qui frappe à la fois deux ou trois cordes placées au-dessus ; car le manche P et le bout N de la pièce EN sont fixés à des pièces de cuir *l*, *l'*, attachées à un bois solide QN ; ces bois sont des tringles carrées longitudinales, chargées de porter tous les cuirs de ces marteaux, rangés parallèlement, chacun au-dessus du levier qui doit l'attaquer. On voit donc que quand on presse la touche, l'impulsion se communique au marteau qui saute jusqu'à la corde pour la frapper en dessous ; et la disposition des parties de cet appareil est telle, que chaque pièce choque la voisine perpendiculairement à sa direction ; car il faut dire que la pièce EN, et surtout le marteau QR, n'étant tenus que par le cuir *l*, *l'* d'attache, pendent en plan incliné par leur poids. Une tige verticale M en laiton, fixée au fond de la caisse et passant dans un trou fait au levier, le maintient et le guide dans sa course.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme les cordes frappées continuent de vibrer durant quelques instans après le choc, et que le son persévère en même temps qu'on frappe quelque autre corde, on conçoit qu'il résulte de cette disposition un effet désagréable à l'oreille, ainsi que cela arrive aux cloches des CARILLONS, par la coïncidence de sons qui forment des discordances choquantes; mais l'on pare à cet inconvénient par les *étouffoirs;* ce sont de petites pièces de drap qui pressent sur les cordes pour en arrêter les vibrations, dès qu'on abandonne les touches. Voici le mécanisme qui produit cet effet. Le bout postérieur B du levier attache et soulève une autre tige verticale en bois *k*, qui est entrée librement dans un trou de la planche P, où elle est soutenue par un bouton *d*; cette tige, poussée de bas en haut, soulève à son tour la pièce HL mobile en L, portant en H un petit morceau de drap; cette pièce porte une charnière I, et quand on pose sur la touche, elle s'élève et laisse vibrer la corde; mais dès que la touche revient à la position horizontale, HL y est de suite ramenée, et la tige *dk* retombe, parce que HL est pressée par un faible ressort *b*, formé d'un simple fil de laiton. L'élasticité suffit donc pour rabattre l'étouffoir HL sur la corde, quand on cesse de poser sur la touche. Dans l'inaction, la corde est sans cesse pressée sous le drap de l'étouffoir; mais dès qu'on presse une touche, de suite cette pièce HL est soulevée, même avant que le marteau ait atteint la corde. On ne met pas d'étouffoir aux cordes des octaves aiguës, parce que ces cordes étant très courtes et fortement tendues, leurs vibrations ont trop peu de durée.

La fig. 11 montre le plan de tout l'appareil. En AB est le CLAVIER, dont on voit les touches de tons et demi-tons, ainsi qu'on l'a décrit à son article. (*V.* l'article CLAVIER et la Pl. 5 des *Arts physiques*). En CD sont les leviers disposés parallèlement. La pièce trapézoïdale IKLM soutient tous les étouffoirs; chacun presse en dessus les 2 ou les 3 cordes du ton qu'il doit détruire. En IK est la tringle qui retient tous les cuirs des marteaux, lesquels obéissant aux impulsions communiquées par les leviers CD, vont frapper les cordes par-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dessous. Tout le trapèze LMKI est maintenu par des vis, et peut être enlevé avec les étouffoirs qui y sont attachés, quand on veut faire les réparations, ou remettre les cordes cassées. Sous les cordes, et parallèlement à IK, sont fixées les tringles qui servent d'attache aux cuirs des marteaux, comme cela a été expliqué.

Il s'agit maintenant d'expliquer ce qui se rapporte à la tension et à la disposition des cordes; elles sont attachées par un bout à la pièce LM, et tendues parallèlement par des chevilles NP, rangées et numérotées comme il a été dit au mot ACCORDEUR. Un chevalet FEG est destiné à réduire la longueur de la partie vibrante de chaque corde à l'étendue convenable. Voici comment ces cordes sont tendues :

Tout le long du bord postérieur de la pièce LM, et sous les étouffoirs, sont implantées de fortes goupilles en laiton; on fait une boucle à l'extrémité du fil de métal en le tortillant, et l'on passe l'œil de cette boucle dans l'arrêt de la goupille; au bord antérieur de cette même pièce LM, est une autre rangée de goupilles qui servent à arrêter le fil; celles-ci règnent le long d'une espèce de chevalet nommé *sillet*: c'est à partir de ce point que la corde est libre et peut vibrer. Sur le contour du chevalet FG sont aussi implantées des goupilles qui maintiennent les cordes et déterminent le point où les vibrations doivent s'arrêter; de là les cordes se rendent chacune à la cheville qui les tend.

La corde est contournée de 8 à 10 tours, et serrée sur la cheville; ces tours passent sur le bout de la corde et l'empêchent de glisser par le seul effort du frottement; ils vont de droite à gauche, en se supposant placé dans l'axe. La cheville est cylindrique, à surface rugueuse, et entrée à frottement dans un trou rond juste de même calibre, pratiqué au bois NP qui garnit le fond de la caisse; la tête de la cheville est quadrangulaire, et l'on a une clé forée en carré pour la tourner dans son trou en appuyant. Cette clé a la forme d'un T (fig. 13), dont le bas de la tige est foré, et les branches servent de marteau pour faire entrer les chevilles en les frappant, comme on ferait un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

clou, lorsqu'on remarque qu'elles ne mordent pas assez sous la simple pression du poignet. Le haut du T porte un crochet pour faire la boucle des cordes.

Comme la tension de toutes ces cordes est considérable (on l'évalue à 10 ou 15 livres, ce qui, pour les 240 cordes d'un piano à 6 octaves et demie, produit une tension de trois milliers), on conçoit que les extrémités des cordes tendent à se rapprocher sous l'effort. La pièce LM, et celle qui reçoit les chevilles NP, doivent donc être très solidement implantées dans la caisse, puisqu'elles sont chargées de résister à une pression continuelle qu'on peut regarder comme énorme. Elles sont en érable épais, et vissées à la caisse; souvent même on les maintient à distance par des tiges de fer qui les lient ensemble.

La partie des cordes qui s'étend du chevalet aux chevilles, ne doit pas vibrer sous l'influence des cordes que les marteaux frappent, et l'on sait qu'il y a des circonstances où celles qui sont les plus longues vibreraient par cette cause (*V.* Cordes et Son); ce qui introduirait dans les accords des sons étrangers. On s'oppose à ces vibrations anomales en faisant serpenter entre les cordes une bandelette de drap *rs* dans la portion FN qui ne doit pas vibrer.

Le diamètre des cordes et leur longueur dépendent des sons graves ou aigus qu'elles doivent rendre. Aux mots Accordeur et Clavier, nous avons expliqué les usages adoptés, et nous ne reviendrons pas sur ce sujet. Nous ferons seulement remarquer que, 1°. l'instrument est à sons fixes, et par conséquent soumis au *tempérament* (*V.* Corde); 2°. les deux ou trois cordes de chaque touche que le même marteau frappe, doivent être à l'unisson; 3°. les règles prescrites au mot Accordeur pour la grosseur et la tension des cordes sont de rigueur; 4°. enfin, les cordes des sons graves étant plus longues et plus grosses, doivent être attaquées avec plus de force; et comme il convient que la main de l'exécutant soit également chargée dans tous les cas, on a choisi une disposition qui remplit cet objet, en donnant aux centres de mouvement des marteaux la situation oblique IK. Les leviers ont mêmes longueurs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais les marteaux les plus longs sont destinés aux sons les plus graves, et le point où s'exerce l'action qui les meut est aussi plus rapproché du centre. Il faut encore ajouter que les étouffoirs des cordes graves sont plus longs et remplissent mieux leur objet.

Pour varier les effets musicaux de l'instrument, on a imaginé les *pédales;* ce sont des lames de bois placées près du sol, et sur lesquelles on peut poser l'un des pieds. Chacune de ces lames est à charnière à son extrémité postérieure, qui est attachée sur un montant de bois fixé par en haut sous la caisse. On décore ce montant de sculptures ou d'ornemens en cuivre doré. Une tige verticale en fer est attachée par un bout au milieu de la pédale, et entre dans la caisse par-dessous, en passant dans un trou. On conçoit qu'en posant le pied sur la pédale, la tige sera tirée en bas, et que sans interrompre l'exécution du morceau de musique, on pourra changer par cette force quelque chose aux dispositions intérieures.

On a beaucoup varié les effets produits par les pédales, et nous ne pourrions entrer ici dans les détails que ce sujet comporte, sans étendre beaucoup trop cet article. Nous nous bornerons à indiquer les fonctions des trois pédales le plus ordinairement employées. L'une élève tous les étouffoirs, de manière à laisser aux cordes leurs entières vibrations, ce qui donne de l'éclat aux sons : certains passages permettent l'emploi de ce bruyant auxiliaire. L'autre étouffe, au contraire, tous les sons, même lorsque le marteau frappe les cordes, ce qui efface subitement toutes les vibrations, et donne aux sons une qualité particulière qui produit aussi son effet. Une tringle de bois qui vient *friser* toutes les cordes, contre lesquelles elle se pose, donne aux sons une qualité particulière, en sorte qu'ils imitent ceux du basson, etc. Sans que nous ayons besoin d'entrer dans plus de détails, nos lecteurs se représenteront aisément comment les pédales peuvent réaliser ces différens effets.

Toutes les cordes sont disposées parallèlement dans un plan horizontal; au-dessous est fixée une planche de sapin de 35

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

millimètres d'épaisseur (15 lignes), qui, semblable aux tables du violon, entre en vibration avec les cordes, et donne du corps au son de l'instrument : c'est ce qu'on appelle la *table d'harmonie*. Enfin, au-dessus de toutes les cordes, et dans l'étendue ICDEFG, on pose une planchette de sapin très mince, taillée dans la forme convenable, et soutenue par des tasseaux à quelque distance des cordes : cette planchette a pour objet d'empêcher l'introduction des ordures et de la poussière, lorsqu'on joue le piano étant ouvert. On l'enlève et remet à volonté. Quant à la manière de mettre un piano d'accord, comme nous en avons traité à part, nous ne reviendrons pas sur ce sujet. (*V.* ACCORDEUR.)

Il nous reste maintenant à parler des perfectionnemens qu'on a fait subir à la construction des fortés-pianos ; ces détails sont si nombreux et si délicats, qu'il serait hors de proportion avec notre Dictionnaire d'exposer tous ces changemens, parce qu'il faudrait y donner une étendue trop grande pour faire comprendre ces descriptions. Nous nous bornerons donc à parler des plus importantes modifications.

La plus remarquable est celle de la forme même de l'instrument ; les *pianos à queue* sont certainement préférables à ceux qu'on vient de décrire, parce que les sons sont mieux nourris et plus nerveux. On nomme *pianos à queue*, ceux qui ont une forme triangulaire, ou en triangle rectangle tronqué au sommet. A la base de ce triangle est situé le clavier ; les cordes, au lieu d'être tendues dans la caisse de gauche à droite, le sont du sommet à la base ; les chevilles ne sont plus implantées vers la droite, mais en devant, le long du clavier, ce qui rend l'accord beaucoup plus facile à produire, parce que la position de l'accordeur n'est pas gênante. Les boucles des cordes et les goupilles qui les retiennent sont donc rangées loin de celui-ci, et les chevilles devant ses yeux. Comme il faut une grande épaisseur au bois où ces chevilles sont implantées pour résister à la tension, il a fallu disposer cette partie de l'appareil au-dessus du clavier, en sorte que les cordes, au lieu de descendre du chevalet jusqu'à la cheville en s'appuyant sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celui-là, comme cela arrive aux pianos ordinaires, montent au contraire pour arriver à la cheville. Il a donc fallu retenir les cordes dans un plan horizontal par un procédé particulier.

Chaque corde, après avoir passé sur le chevalet et s'être étendue dans toute la longueur où elle doit vibrer, arrive au sillet, où elle rencontre une espèce d'anneau fendu, dans lequel elle entre et se trouve arrêtée par simple pression de bas en haut; de là elle monte vers la cheville.

Les marteaux sont disposés de manière à frapper la corde assez près de ce sillet de nouvelle espèce; et pour maintenir les parties contre la pression qui tend à rapprocher les deux extrémités, des tiges de fer de deux centimètres d'épaisseur sont interposées, et tendues elles-mêmes par des écrous qui entrent dans des vis aux deux bouts, et fixés aux tables de l'intrument.

Le clavier est dans une sorte de caisse qu'on peut mettre ou ôter à volonté; cette caisse se loge à sa place comme un tiroir; une forte lame de ressort fixée sur le bord de la caisse le presse latéralement pour le maintenir en son lieu, ou l'y ramener lorsqu'on l'a déplacé. Ce tiroir, qui contient le clavier, renferme aussi tous les leviers et les marteaux. Une pédale, qu'on peut presser avec le pied, communique à ce tiroir un petit mouvement de droite à gauche, d'où résulte que chaque marteau ne se trouve plus que sous une ou deux des trois cordes qu'il doit frapper, ce qui appauvrit tout à coup le son, et prête à des effets d'harmonie assez intéressans. Nous avons donné, fig. 12, les détails de l'*échappement d'Érhard*, pour montrer la disposition des marteaux; en voici la description.

Dans la manière dont les marteaux attaquent les cordes des pianos ordinaires, on trouve plusieurs défauts; le choc est souvent paresseux à cause de quelques vices de construction; le marteau doit sauter sous la corde pour la frapper, et la quitter aussitôt en retombant par son poids; mais si le doigt continue de presser la touche, ce marteau manque souvent cet effet; enfin, le doigt ne peut répéter le même son qu'en quittant la touche pour la frapper de nouveau; mais il faut, pour que la corde *parle*, qu'on laisse revenir la touche à sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

situation primitive; une moitié ou un tiers du chemin ne suffirait pas pour que le levier produisît un nouveau choc.

M. Éhrard avait paré à la plupart de ces inconvéniens, non-seulement en mettant beaucoup de précision dans les ajustemens, mais en apportant des modifications importantes aux dispositions de l'appareil. Le manche du marteau était percé au-dessus de la tige F (fig. 10) qui le pousse, et ce trou, en P, était en plan incliné par-dessous : la pièce F, qu'on nomme le *pilote*, poussait d'abord le marteau en haut, puis entrait tout-à-fait dans le trou pour laisser retomber le marteau par son poids. Ce mécanisme était fort ingénieux, mais ne remplissait pas entièrement l'objet qu'on se proposait.

Nous avons montré (fig. 12) la nouvelle disposition que cet habile artiste a imaginée; A est la touche, AB le levier, C l'axe sur lequel se fait la bascule; D est la tige qui pousse la réglette EN, mobile en N, où elle est attachée sur un support à son axe de rotation; la pression exercée sur la touche, pousse en haut cette réglette EN, laquelle fait à son tour tourner la tige LI autour de l'axe I, et presse en L le manche qui fait sauter le marteau R. Ce manche est attaché par un axe de rotation à la pièce fixe ou barre Q. En même temps que la pièce LI fait sauter le marteau R, le ressort *rr*, formé d'un simple fil de laiton coudé en V, soulève aussi la pièce LI qui met en jeu le marteau; celui-ci est une rondelle qui en montant rencontre le pilote S, dont la tête à surface courbe frotte sur le buffle du marteau, le dirige et le maintient dans le choc. Cette pièce S entre dans une fenêtre longitudinale pratiquée au manche du marteau, dans laquelle elle joue librement. Le marteau saute d'abord pour attaquer la corde, et le pilote le retient à peu de distance de celle-ci, à moins que le doigt ne cesse de presser la touche. Par cette ingénieuse disposition, on peut faire rapidement résonner plusieurs fois la même corde, sans presque lever et baisser le doigt sur la touche.

Dans les grands pianos à queue d'Éhrard, le chevalet en S est interrompu au milieu, et forme deux pièces qui ne sont pas jointes bout à bout, afin de laisser aux cordes du milieu une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longueur plus convenable, et éviter les effets du travail d'un bois contourné sur une dimension trop étendue. Les cordes graves sont soumises à l'action de deux étouffoirs, dont l'un atteint jusqu'au tiers de la longueur : les sons de ces cordes sont si pleins, qu'un seul étouffoir placé trop près de la cheville ne suffit pas pour éteindre le son.

L'étouffoir H consiste dans une houpette de soie qui, dans l'état ordinaire, presse la corde par-dessous, parce qu'un petit ressort de fil de laiton *pq* pousse la tige *k* qui le porte, et tend à l'élever. Lorsqu'on pose le doigt sur la touche A, en même temps que l'extrémité B s'élève, le petit bois V forme levier, en s'articulant en *f*, et s'abaisse ; la pièce de cuivre *m* pousse en bas l'étouffoir, en appuyant sur un mantonnet *a*.

Pour mieux montrer l'effet, nous avons supprimé dans la figure plusieurs détails, et particulièrement les pièces dont l'objet est de maintenir tout en place et de régler les mouvemens. Ce mécanisme est un des plus ingénieux qu'on ait imaginés : l'effet en est assuré. Il est inutile de dire que chaque touche porte un appareil semblable à celui qu'on vient de décrire ; et toutes ces pièces sont si exactement ajustées, qu'on les voit alignées avec une régularité singulière, et que leurs mouvemens se font avec une précision parfaite.

La fabrique la plus étendue de harpes et de fortés-pianos, est sans contredit celle de M. Éhrard, rue du Mail, à Paris : vingt ateliers, où 200 ouvriers sont sans cesse occupés, servent à construire jusqu'aux moindres pièces qui entrent dans la composition de ces instrumens, et même les outils qui servent à les confectionner. Il y a une scierie mécanique pour le débit du placage d'acajou et des autres bois nécessaires au travail ; une forge pour le fer et l'acier ; des ateliers de collage, de placage, de peintures et vernis, d'ouvrages au tour, d'ajustemens, etc. ; enfin, on y voit un superbe salon, servant de magasin pour la vente des instrumens. Une qualité principale qu'on leur accorde généralement, c'est d'être très durables ; car l'âge, qui rend meilleurs les violons, violoncelles, etc., détruit au contraire les fortés, parce qu'il donne du jeu aux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pièces ; on entend alors les petits leviers se frotter et rendre un son de bois très désagréable. J'ai vu des pianos d'Ébrard, vendus depuis 40 ans, et qui étaient encore excellens. L'un des frères Ébrard vient de mourir ; mais celui dont le génie inventif s'est fait le plus remarquer, et qui a été décoré de la croix de la Légion-d'Honneur, continue de diriger ce bel établissement et de l'enrichir de ses découvertes. Nous reviendrons sur ce sujet en traitant de la construction des HARPES. Je regrette que l'espace me manque pour signaler beaucoup d'inventions ingénieuses dues à cet habile artiste.

On distingue aussi les pianos de M. Petzold ; ils sont construits avec un talent très remarquable. Ceux de MM. Pape, Pfeiffer, Freudenthaller, ... enfin, ceux qu'on construit à Vienne en Autriche, sont aussi très renommés. M. Roller a récemment imaginé de tirer parti du mouvement qu'on peut donner latéralement au clavier entier, pour porter les marteaux exactement sous les cordes du demi-ton voisin, soit à droite, soit à gauche, et par conséquent hausser ou baisser tout le diapason d'un demi-ton. Ce perfectionnement, qui a pour but d'éviter le travail singulièrement difficile des transpositions, lorsqu'un chanteur trouve le diapason de l'instrument trop haut ou trop bas pour sa voix, n'ayant pas encore reçu l'épreuve du temps, nous nous bornons à l'indiquer ici. FR.

FOSSÉS (*Agriculture*). Le propriétaire d'un champ a le droit de le clore d'un fossé, et c'est surtout dans les terrains marécageux que cette pratique est utile. Le fossé a environ un mètre de largeur, plus ou moins, à volonté ; les règlemens obligent le propriétaire à le creuser sur son propre terrain, et même à 3 décimètres de distance de la limite ; d'où il suit que le fossé et une étendue d'un pied au-delà lui appartiennent, et qu'il peut en disposer à son gré. Entre deux héritages, le fossé peut être mitoyen, et il est censé l'être quand il n'y a pas de preuve contraire. Lorsqu'il y a un rejet de terre d'un côté, nommé BERGE, le fossé appartient à celui du côté duquel ce rejet se trouve : c'est une preuve de non-mitoyenneté.

La profondeur et la largeur des fossés dépendent de la nature

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du sol, car il convient de ne pas être forcé de les rafraîchir souvent; ainsi la consistance de la terre décide de la pente du talus. Il faut, en général, leur donner un mètre de profondeur pour un mètre et demi de largeur en haut. Il est utile de les maintenir par des gazons, pour que les eaux pluviales ne les ravinent pas. Dans les grands fossés, on pratique sur la pente des clayonnages enlacés dans des piquets : il convient de les border intérieurement de HAIES VIVES sur la berge. On peut aussi planter la haie au fond même du fossé, pour économiser la place.

Quand un fossé est destiné à donner de l'écoulement aux eaux, on doit lui procurer une pente convenable, ou du moins le creuser assez profondément pour que les eaux amassées ne puissent atteindre au niveau de la terre végétale cultivée.

On est dans l'usage d'environner les châteaux d'un fossé qu'on laisse remplir d'eau. Beaucoup de gens tiennent à l'existence de ces fossés, qui sont des témoignages de puissance et de goût féodal; mais on est souvent puni de ce sentiment d'orgueil; car, à moins que les eaux ne soient courantes, elles sont une cause de miasmes putrides funestes à la santé : sans compter que les grenouilles, les cousins et une foule d'insectes importuns y trouvent des facilités pour accroître leur population. Du reste, ces fossés se construisent à la manière des murs de terrasse, et il n'est pas nécessaire de donner à ce sujet de détails plus étendus.

FR.

FOSSES D'AISANCE (*Technologie*). On nomme *fosse d'aisance* un lieu voûté, construit au-dessous de l'aire des caves d'un bâtiment, le plus souvent pavé en grès, sur une couche de dix-huit pouces d'argile bien corroyée, si la fosse est auprès de quelque puits; et, dans ce cas, elle doit avoir un contre-mur à dix-huit pouces de distance du premier mur, et cette distance doit être remplie d'argile fortement corroyée. Ces précautions sont nécessaires afin d'éviter que les excrémens qui sont reçus dans la fosse ne s'infiltrent pas, et n'aillent pas corrompre l'eau du puits.

Par les moyens que nous venons d'indiquer, on pourrait bien empêcher les infiltrations, mais on ne remédie pas à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puanteur, souvent insupportable, que les fosses d'aisance répandent dans les maisons, surtout dans des temps pluvieux ou humides. De là ces inventions connues sous la dénomination de *lieux à l'anglaise*, dont on a retourné la forme de mille et mille manières différentes, sans pouvoir parvenir à remédier efficacement au mal.

En 1821, M. Mathieu, mécanicien, prit un brevet pour un procédé qu'il désigne sous le nom de *fosses portatives inodores*. Dans l'endroit le plus commode de la maison, on construit une grotte de cinq pieds en carré, et de six pieds sous la voûte, susceptible de contenir quatre futailles debout, disposées en carré. A dix-huit ou vingt pouces de son origine dans la grotte, le tuyau des latrines se bifurque pour conduire les matières dans les deux futailles qui sont le plus éloignées de l'entrée, que la porte bouche entièrement : les matières épaisses vont au fond, le liquide surnage; et lorsque ces deux futailles en sont remplies, elles le déversent par un tuyau de trop plein dans les deux futailles de devant. Aussitôt que les futailles sont pleines ou à peu près, on les enlève, on en substitue d'autres avec la plus grande facilité, et sans répandre la moindre odeur dans la maison.

Ces appareils remplacent les vieilles fosses d'aisance; ils évitent aux propriétaires des réparations dispendieuses, et la construction des fosses, qui est très coûteuse. Ils empêchent les filtrations des matières et des urines qui s'échappent très souvent des fosses d'aisance, pour aller se perdre, soit dans les caves, soit dans les puits des maisons environnantes, et en empoisonnent les eaux. Ils ont aussi l'avantage de préserver de toute odeur avant et pendant l'enlèvement des matières.

Les frais, tant pour la pose de l'appareil que pour son entretien, sont très modiques. Les auteurs n'exigent, pendant la durée de chaque bail qu'ils passent avec les propriétaires, qu'une somme de quarante francs par année, payable par trimestre, dix francs tous les trois mois. Il en coûte en sus deux francs pour l'extraction de chaque tonneau plein de matières.

Des inspecteurs sont chargés de visiter de temps en temps

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les appareils, pour s'assurer qu'ils sont en bon état, et pour prévenir les propriétaires lorsque les futailles sont pleines.

Ceux des lecteurs qui désireraient de plus grands détails, pourront consulter les *Annales de l'Industrie*, tome XII, page 83, où ils trouveront une description très détaillée, accompagnée d'une Planche.

Quoique les procédés que nous venons de décrire ne soient pas sans mérite, ils ne peuvent cependant pas être comparés à ceux que le savant et modeste M. D'Arcet a imaginés pour assainir les latrines et les fosses d'aisance. Les procédés qu'il a employés sont sans contredit les meilleurs, puisqu'ils enlèvent non-seulement l'effet, mais qu'ils en détruisent la cause. Ces moyens sont aisés à appliquer partout; mais cependant on trouvera plus de facilité dans de nouvelles constructions, parce qu'on est maître alors de les diriger à son gré; ainsi, l'autorité ne saurait mieux faire que de prescrire aux propriétaires, et surtout aux architectes, de ne pas en employer d'autres.

Nous allons donner une idée de ces procédés qui ont été approuvés par le Conseil de salubrité, et ont été mis en pratique, avec le plus grand succès, à Paris, en 1816, à l'hôpital Saint-Louis, et dans les latrines publiques établies chez M. Chénié, rue des Filles-Saint-Thomas, en face de la rue des Colonnes.

Ce moyen, bien connu, appliqué depuis long-temps à l'assainissement des galeries des mines, et tant de fois proposé pour renouveler l'air dans les hôpitaux, dans les puits et puisards infectés, etc., consiste dans l'application de la ventilation par le moyen de l'échauffement de l'air. Mais, pour obtenir le succès désirable, il faut établir une ventilation forcée et continue, ce qui ne s'était pas fait jusqu'alors. Le principe sur lequel repose l'effet de cette ventilation a été très bien exposé au mot ASSAINISSEMENT, tome II, page 308, auquel nous renvoyons. On y voit l'application heureuse que M. D'Arcet a faite de ce principe à l'assainissement des fosses d'aisance.

Depuis l'impression de cet ouvrage, S. A. R. M. le Dauphin

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a jeté un regard de bienfaisance sur le sort des prisonniers, et a fondé une Société royale des Prisons, chargée de porter dans cette branche de l'administration publique tous les perfectionnemens que les progrès de l'industrie indiquent tous les jours sur tous les objets sur lesquels elle étend ses investigations. Un des points importans qu'elle a traités, est l'assainissement des latrines et des fosses d'aisance. M. D'Arcet, membre de cette Société, a reproduit les moyens qu'il avait déjà proposés, et qui lui ont si bien réussi. Il y a ajouté de nouveaux perfectionnemens et différentes nouvelles applications. Ce travail, approuvé par la Société, a été imprimé par ses ordres et à ses frais; c'est, sans contredit, un monument élevé à la reconnaissance publique. Cette brochure, grand in-4°, est accompagnée de quatre très grandes planches, gravées avec le plus grand soin, qui présentent, sur une grande échelle, les appareils et leurs diverses applications. Cette brochure se vend, à Paris, chez M. Bachelier, quai des Augustins, n° 55. Prix : 5 fr.

Ce Mémoire important est divisé en quatre Chapitres. Dans le premier, l'auteur établit la théorie de l'assainissement des fosses d'aisance par le moyen de la ventilation forcée. Le second traite de l'application de cette théorie. Dans le troisième, il indique les moyens à employer pour établir, à volonté ou en tout temps, dans la cheminée d'appel le courant d'air ascensionnel convenable. Tout ce que contiennent ces trois Chapitres, se trouve à peu de chose près renfermé dans l'article ASSAINISSEMENT, que nous avons cité plus haut; mais le Chapitre IV est absolument neuf; il est divisé en deux paragraphes. Dans le premier, l'auteur traite de l'assainissement des latrines établies sur de grandes dimensions, au moyen d'un fourneau d'appel spécial. Dans le second, il décrit les fourneaux d'appel spéciaux à employer pour assainir des latrines ordinaires. Après ce qui a été dit au mot ASSAINISSEMENT, nous sortirions de notre cadre si nous entreprenions l'analyse de ce Chapitre : le lecteur qui aurait intérêt à connaître tous ces détails, se procurera facilement le Mémoire que nous avons cité. Il y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trouvera des plans si bien tracés, qu'il pourra, sans difficulté, faire exécuter partout. Nous pensons qu'il sera plus utile de donner les détails d'exécution que nous avons employés depuis peu pour assainir avec facilité et une très petite dépense, des fosses d'aisance, d'après les principes de la ventilation forcée.

Dans le courant de l'été dernier (1825), je fus visiter une manufacture importante, appartenant à un de mes amis, placée à quelques lieues de Paris, et en plate campagne. La manufacture proprement dite forme une espèce de petit hameau, et est séparée de la maison d'habitation et de la ferme par de vastes jardins. La maison du maître est considérable; le rez-de-chaussée, élevé de quelques marches au-dessus du terrain, comprend la cuisine et ses dépendances, des salons à manger, des salons de compagnie, etc.; mais il n'y a aucune chambre à coucher; des latrines y sont ménagées pour les domestiques, les ouvriers attachés à la ferme, etc. Les chambres des maîtres sont toutes placées au premier étage, des deux côtés d'un long corridor éclairé par ses deux bouts. Les latrines des maîtres sont à un des bouts. Il en est de même au second étage.

En montant dans la chambre qu'on m'avait préparée, je fus frappé de l'odeur infecte répandue dans le corridor; odeur qui me poursuivit jusque dans cette chambre, quoiqu'elle fût la plus éloignée des latrines, et j'en souffris toute la nuit. Le lendemain matin je témoignai à mon ami combien cet ordre de choses était préjudiciable à la santé; il me répondit que ce n'était pas habituel, mais que cependant cela arrivait souvent par certains vents. Il ajouta qu'on avait tenté toutes sortes de moyens pour y remédier, mais inutilement. Je lui donnai l'assurance que s'il voulait me laisser faire, je lui assainirais ses latrines. Il me donna toute latitude.

Je savais qu'il y avait, dans la manufacture, du chlorure de chaux, je m'en fis donner, et après l'avoir préparé, je neutralisai subitement l'odeur, en sa présence et celle de sa nombreuse famille. Je lui dis que cependant ce moyen ne serait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas permanent, et qu'il fallait exécuter les plans que j'allais lui donner. Après lui avoir bien expliqué la théorie, qu'il comprit parfaitement, il consentit à tout, et promit qu'il allait y faire mettre la main de suite. Je promis à mon tour d'y retourner au bout de quinze jours. J'y revins en effet, et tout fut terminé, à la satisfaction de toute la maison. Voici ce qu'on a fait :

On a levé la plaque en fonte de la cheminée de la cuisine, on a creusé le contre-cœur, et l'on y a formé en briques une petite chambre de quatre pouces de profondeur, et de toute la grandeur de la plaque, à deux pouces près, tout autour. On a construit en briques, et sous le pavé, un petit canal de trois pouces en carré, qui va depuis la partie supérieure de la fosse d'aisance, jusqu'à la partie inférieure de la petite chambrette derrière la plaque. Une languette en briques, de quatre pouces de vide, part de la partie supérieure de cette même chambre, continue dans le tuyau de la cheminée, et au dessus s'élève un tuyau cylindrique de la hauteur de six pieds. Là il est terminé par un appareil en tôle, décrit Pl. 6, fig. 9 des *Arts chimiques*. On établit en même temps des vasistas dans chacune des trois chambres des latrines. Tout ce travail a été terminé en huit jours, et depuis lors on n'a pas ressenti la moindre odeur.

On conçoit pourquoi j'avais fait faire la petite chambre derrière la plaque de la cheminée de la cuisine ; c'était là où j'avais voulu établir la ventilation forcée, en profitant de la chaleur du foyer, qui, dans cette grande maison, est constamment allumé. Cependant, comme le tuyau de la cheminée d'appel passe près du mur du corridor du premier étage, j'y fis établir une communication, dans laquelle on place une lampe à double courant d'air, qu'on allume le soir quand on éteint le feu de la cheminée. On la laisse brûler toute la nuit, lorsque le temps est pluvieux ou humide ; elle éclaire le corridor.

Cet exemple prouve combien il est facile et peu coûteux de rendre les fosses d'aisance inodores dans toutes les localités

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au mot GARDE-ROBE INODORE, nous aurons occasion de décrire les moyens ingénieux qu'on a imaginés depuis peu pour atteindre ce but. L.

FOSSET (*Technologie*). On donne ce nom à une petite cheville de trois à quatre lignes de diamètre, faite d'un bois dur et d'une forme conique. Le fosset sert à boucher un trou que l'on pratique, soit au haut du fond près de la douve, lorsque la futaille est placée, soit à la douve même près de la bonde, afin de faire entrer de l'air, sans déranger le bondon, lorsqu'on veut tirer du vin du tonneau. L.

FOSSOYEUR (*Technologie*). On donne le nom de *fossoyeurs* à des ouvriers qui creusent les fosses pour ensevelir les morts. Une fosse ordinaire a environ sept pieds de long, trente pouces de large, et sept pieds de profondeur. Ils laissent le déblai sur les bords, pour en recouvrir le cercueil aussitôt après la cérémonie de l'ensevelissement. L.

FOUASSE ou FOUGASSE (*Technologie*). Ce sont de petits gâteaux plats, auxquels on donne une forme quelconque, ronde, carrée, ovale, etc., parsemés de quelques petits enfoncemens sur leur surface. Ces gâteaux, que l'on voit à Paris depuis deux ou trois ans sur les quais, sur les ponts, sur les boulevards, sont d'une pâte assez compacte, dans laquelle il entre trois livres de farine de froment, sur une livre de gruau. Après les avoir bien pétris, la pâte assez dure, et leur avoir donné la forme désirée, on les trempe un instant dans l'eau bouillante, ensuite on les fait cuire au four. On assure que ces gâteaux sont très estimés à Rennes et à Nantes, d'où l'on a apporté cette sorte de fabrication à Paris. Il paraît que les Parisiens n'en sont pas aussi friands que les Nantais, car on ne les voit sur aucune table.

On appelle, en général, *fouasses* ou *fougasses*, dans l'ancienne Provence et l'ancien Languedoc, des gâteaux ou galettes que les villageois, et même les habitans des villes qui font faire leur pain dans leur ménage, font cuire dans leurs fours toutes les fois qu'ils font du pain. L.

FOUDRE. *V.* TONNERRE et PARATONNERRE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On donne aussi le nom de *foudre* à un vase en bois de grande capacité, garni de cercles de fer, dans lequel on conserve le vin durant plusieurs années. (*V.* TONNELIER.) Comme le vin réuni en grande masse éprouve mieux la fermentation, que la dépense de fabrication de ces vaisseaux est moindre que celle de tonneaux capables de contenir le même volume de liquide, l'usage des foudres doit être loué. On cite celui de Nuremberg comme le plus grand que l'on connaisse.

On a cherché avec succès à remplacer ces vases de bois par des constructions en pierre à chaux et ciment : des murs de 5 à 6 pouces (15 à 18 centimètres) d'épaisseur suffisent pour résister à la pression. On ne saurait trop encourager les foudres maçonnées, qui sont encore peu répandues, quoique les résultats économiques qu'on en a obtenus soient incontestables. Fa.

FOUETS (FABRICANT DE) (*Technologie*). On distingue plusieurs espèces de fouets : 1°. fouets de carrosse et de cabriolet; 2°. fouets pour monter à cheval; 3°. fouets de chasse et de poste; 4°. fouets de charretiers. Nous les réduirons, pour plus de simplicité, à trois sortes : les fouets longs, les fouets moyens et les fouets courts.

1°. Les fouets longs sont ceux qui servent aux cochers de carrosse, de cabriolet et aux charretiers. Ils ne diffèrent que par le manche, qui est plus ou moins élégant, de même que par les soins que l'on donne à la monture. Ces sortes de fouets sont de quatre espèces principales : 1°. montés en baleine sur jonc; 2°. montés en baleine sur bois; 3°. montés en bois de Perpignan; 4°. montés en bois d'épine.

On distingue cinq parties essentielles dans ces sortes de fouets : le *manche*, qui a de quinze jusqu'à vingt-quatre pouces de long; la *verge*, dont la baleine fait l'office, a environ trois pieds de long; elle fait suite au manche par un bout, et porte à l'autre bout le restant du fouet; la *monture* ou *porte-charge*; la *charge* ou *longe*, à laquelle on donne de dix-huit à vingt-quatre pouces de long; et enfin, la *mèche* ou *pointe*, qui en a huit ou dix.

Le *manche* du fouet se compose de deux pièces, le *manche*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proprement dit et la *verge*. Ces deux parties doivent présenter ensemble la forme d'un cône tronqué extrêmement alongé, présentant à son gros bout une poignée de douze à 15 lignes de diamètre. Lorsque la verge est en baleine, on implante dans le manche, soit en jonc, soit en bois, le gros bout de cette baleine, et on l'y colle fortement ; on emploie pour cela une baleine qui n'a, par son petit bout, que la grosseur que l'on veut donner au bout du fouet, et l'on ajuste tout autour des bouts de baleine, que l'on greffe dans des entailles faites exprès sur le bout du manche, on les colle bien avec le manche et avec la baleine, qui sert d'âme. Lorsque tout est parfaitement sec, on répare toutes les défectuosités, on donne la forme conique, et l'on recouvre le fouet, comme nous le dirons dans un instant.

Lorsque le manche se fait en *bois de Perpignan*, qu'on connaît sous ce nom, parce que les environs de cette ville en fournissent beaucoup ; bois que *Linnée* appelle *celtis australis*, et qu'on désigne en français sous le nom de *micocoulier*, alors le manche et la verge sont du même morceau. Il ne s'agit plus que de les recouvrir avec du fil, ou de la filoselle, ou de la soie de diverses couleurs, ou avec de la fine corde à boyau, de même que nous l'avons indiqué T. VI, page 199, au mot Cravache, soit à la main, comme le font les jeunes aveugles dans l'établissement de la rue Saint-Victor, à Paris, soit avec la Machine a faire les Lacets et les Cordonnets, ce qui est bien plus prompt et plus économique. On colle par-dessus, avec de la colle forte liquide, afin que le fil se lisse, se lustre, et que par son arrangement il acquière et donne au fouet de la force et de l'élasticité.

On ne couvre les fouets dont le manche est en jonc, que jusqu'au-dessous des entes ; on laisse le manche à découvert. Les autres fouets sont tout-à-fait couverts.

Avant de monter le fouet, c'est-à-dire de le recouvrir, ainsi que nous venons de l'expliquer, on colle avec soin, à son extrémité la plus petite, la *monture* ou *porte-charge*. C'est une petite lanière de cuir blanc, de trois ou quatre lignes de lar-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

geur, et de sept à huit pouces de long. On pare bien ce cuir, par ses deux bouts, de manière qu'il soit insensiblement aminci, et qu'il ne grossisse que très peu le bout du fouet, qu'il doit embrasser parfaitement. On plie ce cuir en deux, on en laisse ressortir au-dessus une longueur d'un pouce en double, et l'on colle avec soin le reste sur le bout du fouet; c'est alors qu'on commence à le recouvrir. La ganse qu'on a laissée sortir est ce qu'on nomme *monture* ou *porte-charge*.

A l'endroit où se termine la couverture, du côté du manche, on met une tresse, dans laquelle on intercale des fils d'or fin ou faux; on en fait autant là où se termine la poignée, sur laquelle on ne met rien si c'est un jonc, et que l'on recouvre en basane ou en maroquin dans tout autre cas.

Les fouets en bois d'épine ne sont pas ordinairement recouverts; ils sont quelquefois formés d'un seul brin, souvent de deux ou trois, cordés ensemble, pendant que le bois est frais. On y attache fortement au bout, et l'on y colle, la *monture ou porte-charge*.

Pour faire la *charge* ou *longe*, on prend une lanière de peau de veau, passée au blanc, de huit à dix lignes de large, d'une part, et de deux lignes de l'autre, sur une longueur de trente pouces. On laisse entière cette dernière partie sur la longueur de huit ou dix pouces, et l'on divise le reste de la lanière en quatre parties : on tresse à quatre. Lorsqu'on est parvenu à la moitié de la longueur, on divise chaque brin en deux, et l'on tresse en huit jusqu'à la fin, en y introduisant une lanière de cuir pour former l'âme, insensiblement plus grosse du milieu que des deux bouts. On réserve au gros bout une ganse, afin d'y attacher la *longe* ou *charge*, de la même manière qu'on fixe un cordon à l'anneau d'une montre.

A l'autre bout de cette longe, lequel n'a pas été tressé, on fait une ouverture en forme de boutonnière, dans laquelle on passe la *mèche*, qui n'est autre chose qu'une ficelle faite exprès, connue sous le nom de *fouet*, et qu'on fabrique à Montargis. Le moindre charretier sait parfaitement la mettre en place.

2°. Les *fouets moyens* sont ceux que nous avons désignés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sous le nom de CRAVACHES. (*V.* ce mot, T. VI, page 199.) Nous n'y ajouterons qu'un mot, c'est qu'on les recouvre avec promptitude et économie à l'aide de la MACHINE A FAIRE LES LACETS ou les *cordons de sonnette*. (*V.* ce mot.)

3°. Les *fouets courts* à l'usage des postillons, etc., sont formés d'un *manche* en bois élastique ou en jonc, de quinze à dix-huit pouces de long au plus, de la *charge* ou *longe*, et de la *mèche*. Ces sortes de fouets demandent plus de force que d'agrément.

On choisit un bon cuir de bœuf plané ou rasé à la faux, et préparé en blanc. On en prend une lanière de cinq pieds de long et de huit à dix lignes de large. A huit ou dix pouces de l'extrémité, on partage la lanière en deux dans toute sa longueur, et dans chacune des parties on ouvre des ganses à distances égales, et à quatre à cinq lignes l'une de l'autre. On passe les lanières alternativement et successivement dans ces ganses, ce qui ressemble à une tresse à trois. De trois en trois pouces environ on forme des nœuds, qui ont trois ou quatre pouces de long, soit en passant l'une des lanières sur l'autre, par quatre à cinq révolutions, soit en formant ces nœuds avec un autre morceau de cuir. On continue ensuite à entrelacer, jusqu'à ce qu'on soit arrivé presque au bout des lanières. Trois, quatre au plus de ces nœuds suffisent aux longes des fouets de poste, qui doivent avoir trois pieds et demi, à quatre pieds de longueur.

Il est important que le *porte-charge* soit d'un très bon cuir, et qu'il soit bien tenu au manche, et cependant qu'il y joue avec la plus grande facilité. Pour cela, on ne les attache point comme les autres, mais on les passe dans un trou fait au bout du manche, qui est garni à cette place d'une virole, en cuivre, percée.

On garnit la poignée d'un cuir ou d'un maroquin, avec un bourrelet tressé en dessus et en dessous, et toujours on y met un cordon de cuir pour le passer au bras, afin que le fouet, dont on est souvent dans la nécessité de faire un vigoureux emploi, ne s'échappe point dans les intervalles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La mèche se fait comme dans les autres fouets, avec de la bonne ficelle de Montargis, et s'attache de même au bout du fouet qui n'a pas été tressé, qu'on a réduit par le bout à une largeur de trois à quatre lignes, et venant en pointe insensible depuis la tresse. On pratique une boutonnière à ce bout.

Indépendamment de tous ces fouets, il y en a de plus communs, dont la longe n'est pas tressée; elle consiste en une ou deux lanières posées l'une à côté de l'autre avec cinq à six nœuds dans leur longueur. Ce sont des fouets de charretier que les *selliers-bourreliers* font. On y met toujours la mèche à l'ordinaire.

Les fabricans de fouets en font aussi pour battre les habits, qui sont beaucoup plus commodes que les gaules dont on se sert souvent, et qui les déchirent. C'est un manche en bois tourné, de 10 à 12 pouces de long; à l'extrémité, opposée au bout du manche, le bois est creusé circulairement d'un coup de gouge; on y place tout autour sept à huit lanières de cuir de bœuf, passées en blanc, ou mieux de bon buffle, et avec une bonne corde à boyau on lie le tout ensemble sur la creusure faite au bout du manche. La corde à boyau force le cuir à se loger dans cette cavité; il y est fortement comprimé, et cette manière de l'y fixer est plus sûre et plus durable que celle qu'emploient quelques mauvais ouvriers, qui les fixent avec des clous. Ces clous déchirent le cuir, fendent le bois; et l'instrument, par les coups redoublés qu'on est obligé de donner, ne vaut plus rien au bout de quelques jours. L.

FOUGÈRES (*Agriculture*). Ces plantes, qui croissent spontanément dans les bois et les lieux incultes, fournissent aux Arts des produits utiles. Leur incinération avant la maturité donne beaucoup de potasse; dans les Vosges et le Jura, les paysans en retirent un assez bon bénéfice. Les jeunes pousses et les racines servent, dans le nord de l'Europe et sous les tropiques, à la nourriture de l'homme et des animaux; leur saveur est sucrée, et elles sont nourrissantes: la tige des za-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mias et des cycas renferme une fécule peu différente du sagou. Les porcs aiment les fougères ; on en fait de la litière pour les bestiaux : on s'en sert pour envelopper et abriter les plantes contre les rigueurs du froid et de l'humidité. La Médecine a tiré parti de plusieurs fougères, qu'elle administre comme toniques et comme vermifuges. Enfin, ces feuillages servent à emballer les poteries et autres objets fragiles.

Dans les landes et sur les montagnes schisteuses, les fougères croissent avec facilité, et il est quelquefois très difficile de les détruire. Dans les lieux voisins de la mer, on s'en débarrasse bientôt en arrosant avec de l'eau de mer, qui fertilise le sol en même temps qu'elle détruit toutes les fougères.

FR.

FOULAGE (*Chapellerie*). Opération à l'aide de laquelle on confectionne l'étoffe ou feutre destiné à la fabrication des CHAPEAUX. Déjà nous en avons fait mention à cet article, et nous nous bornerions à un simple renvoi, si nous n'avions quelques idées à ajouter à celles que nous avons précédemment émises.

Pour faire un feutre, on commence par réunir, dans les proportions convenables, les différentes espèces de poils qu'on veut faire entrer dans sa composition ; puis, à l'aide de l'arçon, on les distribue bien également sur une grande surface, et l'on transporte, à l'aide d'un clayon, ce premier assemblage rase et léger, sur un grand morceau de toile écrue qu'on nomme *feutrière*, et l'on opère ainsi que nous l'avons expliqué à la page 448 de l'article déjà cité.

Lorsque le premier degré de feutrage, auquel on donne le nom de *bastissage*, est terminé, on procède à l'opération dont nous aurions à nous occuper maintenant et avec détail, si nous ne l'avions décrite ailleurs. Néanmoins, nous profiterons de l'occasion pour donner à cet égard quelques nouveaux renseignemens, et nous observerons d'abord que, quelque précaution qu'on prenne, quelque habileté qu'on puisse mettre à continuer le bastissage, on ne pourra jamais, par cette seule méthode, arriver à un bon feutrage. Les poils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ne seraient point assez rentrés, et l'étoffe manquerait de consistance. C'est donc pour arriver à un tissu mieux enlacé, plus solide, qu'on pratique l'opération du foulage, dans laquelle plusieurs agens sont mis en œuvre pour concourir simultanément au même but. On sait que les poils de quelques animaux sont plus disposés au feutrage que d'autres, et qu'il en est certaines espèces qui se refusent à toute espèce d'adhérence, s'ils n'ont subi l'opération préliminaire du sécrétage, opération qui consiste à toucher les poils dans un tiers de leur longueur environ, vers leurs sommités, avec une solution de nitrate acide de mercure. Je ne reviendrai point ici sur le genre d'action qu'exerce le sécrétage. Je me suis expliqué aux pages 445 du T. IV, et 528 du T. VIII; mais je dirai seulement que, quelle que soit la théorie de cette opération, son résultat évident est que les poils sont rendus par là plus contractiles, plus flexibles, et par conséquent plus faciles à entrelacer; mais ce moyen resterait encore insuffisant, si l'on n'avait recours aux auxiliaires du foulage, c'est-à-dire à l'action simultanée de la chaleur, de l'acide, et des mouvemens divers imprimés par la main de l'ouvrier; telles sont les causes qui concourent à mieux déterminer le feutrage; et pour plus d'intelligence, nous retracerons les faits tels qu'ils se présentent au praticien. Quand on projette les poils à l'aide de l'arçon pour former la capade, il est certain qu'ils retombent et qu'ils s'entrecroisent dans toutes sortes de directions. Il est certain que quand on commence à manœuvrer, ou, comme on le dit, à *marcher* le poil; il est certain, disons-nous, que le mouvement progressif de chacun d'eux, quelle qu'en soit la cause, se fait dans le sens de la bulbe; enfin, il est encore certain que cette marche progressive des poils serait indéfinie s'ils conservaient leur rigidité, et l'on en a un exemple frappant dans les jarres. Les poils ne s'entravent donc dans leur marche et ne parviennent à se feutrer, que parce qu'ils s'infléchissent et se contournent en différens sens vers leur sommité.

On a prétendu que les poils propres au feutrage se distinguaient des autres par le défaut d'aspérités à leur surface. Il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est vrai de dire, et je dois à l'obligeance de M. Lebally, d'en avoir acquis la certitude, que vus au microscope, on ne peut distinguer aucune proéminence le long de leur profil, et que les inégalités qu'on remarque dans le corps des poils, paraissent tenir à leur organisation intérieure; mais il est également vrai de dire aussi qu'il en est de même pour ceux qu'on a reconnus le moins susceptibles de se feutrer, et que jusqu'à présent l'observation n'a démontré aucune différence constante entre eux. Reste à savoir ainsi que je l'ai entendu remarquer à M. Lebally lui-même, si les poils ne sont pas recouverts d'écailles imbriquées comme celles du serpent, et disposées de telle sorte que l'uniformité et le poli des surfaces n'en soient point altérés : au reste, et quoi qu'il en puisse être, il est impossible d'admettre, avec certaines personnes, que le mouvement progressif des poils soit dû à leur forme conique; car, d'une part, il n'est pas exact de dire qu'ils soient réellement coniques; on voit très distinctement, dans leur image grossie et vue au microscope solaire, de fréquentes inégalités de diamètre, qui forment çà et là des espèces de renflement, et d'un autre côté, s'ils étaient vraiment coniques, ils devraient s'enfoncer par leur pointe, et non par leur bulbe; or, l'expérience démontre positivement le contraire.

Pour revenir à notre objet, nous voyons que, pour achever l'entrelacement au point où il est nécessaire de l'amener, il s'agit de développer dans les poils une énergie feutrante, qui doit aller toujours en augmentant, ou qu'on doit au moins empêcher de décroître alors qu'elle a été élevée jusqu'à un certain degré. C'est à ce résultat qu'on parvient, par de fréquentes immersions de l'étoffe dans un bain acidulé et constamment soutenu à l'ébullition. Tout le monde connaît l'effet de la chaleur sur les poils, et sait qu'ils se contractent et se contournent en différens sens, d'autant plus facilement qu'ils sont plus déliés et plus souples. L'expérience a démontré que lorsque le bain n'était pas acidulé, les poils perdaient peu à peu leur contractilité, et qu'ils redevenaient veules; c'est-à-dire que ces lotions à l'eau bouillante, ou presque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bouillante, finissent par détruire l'effet du secrétage, de manière qu'il deviendrait impossible de confectionner un feutre, si l'acide ne venait substituer son action à celle du secrétage, et maintenir les poils dans cet état d'irritabilité nécessaire au feutrage.

Tous les acides ne sont pas également propres à cette opération. Long-temps on s'est servi de l'acide sulfurique, mais seul il offrait dans son emploi divers inconvéniens. Son action trop corrosive détériore le poil et nuit à la teinture; il exerce en outre une influence malfaisante sur la santé des ouvriers, non pas directement par lui-même, mais seulement en facilitant l'absorption du mercure. Il a donc fallu en mitiger l'action par un acide moins énergique et moins susceptible de dissoudre ou de volatiliser ce métal. Il paraît que celui contenu dans la lie de vin ordinaire, c'est-à-dire l'acide du tartre, jouit de ces avantages. M. Guichardière a prétendu (page 66 de son Mémoire) que la lie agissait aussi par son principe alcalin, qui désuintait les poils et leur donnait la facilité d'attirer et de retenir la couleur lorsqu'on les passe en teinture. Si la lie jouit de cette propriété, ce n'est certainement pas à son principe alcalin qu'elle le doit; car la potasse qu'elle renferme est sursaturée par l'acide tartrique, et ne saurait avoir d'autre influence que d'atténuer un peu l'action de cet acide, et c'est là sans doute ce qui rend l'emploi de ce sel acidule si avantageux. La lie de vin est un produit trop inconstant et trop exposé à être falsifié, pour qu'elle puisse servir de base à un procédé bien entendu; aussi la plupart des fabricans préfèrent-ils employer de la crème de tartre, ou au moins du tartre brut, qui fournissent des résultats toujours identiques. On met ordinairement pour un bain de foule de huit places, contenant 200 litres d'eau, 75 décagrammes de tartre blanc de Montpellier, 17 décagrammes acide sulfurique, concentré à 66 degrés. Si toutes les places de la foule sont occupées, le bain doit être rafraîchi toutes les trois heures par le tiers de la composition ci-dessus; par la même raison, s'il y a moins de huit fouleurs occupés, la portion à ajouter pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rafraîchir se combine avec le nombre d'ouvriers qui absorbent la composition du bain par leur travail.

On observe que pour mettre l'acide sulfurique dans le bain bouillant, on doit l'étendre d'eau ; sans cette précaution, il y aurait danger d'être brûlé par le jaillissement qui en résulterait.

Ce bain ainsi composé réunit le double avantage de n'exhaler aucune odeur désagréable ni malsaine, et de se conserver longtemps sans se corrompre.

M. Guichardière a proposé d'ajouter à la lie de vin une certaine quantité d'écorce de chêne, afin d'en prévenir la putréfaction, et d'ajouter à ses effets, par l'action de l'acide gallique contenu dans cette écorce. Ce fabricant y trouve en outre l'avantage de mordancer, pour ainsi dire, les poils, et de mieux les disposer à recevoir la teinture. Il ne paraît pas que cette méthode ait été goûtée ; car il est certain d'abord qu'en substituant le tartre à la lie, on évite l'inconvénient de la putréfaction ; et quant à l'influence de l'acide gallique, si l'on en juge par la petite proportion que contient l'écorce de chêne, il devient très probable qu'elle se réduit à fort peu de chose. Il est d'ailleurs d'observation générale, que les astringens sont plus nuisibles qu'utiles dans le feutrage ; ils crispent les poils, et détruisent en quelque sorte leur élasticité : ainsi, il est à présumer que cette innovation de M. Guichardière se limitera à son atelier.

R.

FOULON, FOULONNIER. Nous avons dit, à l'article Draperie, que c'est le Feutrage qui fait le drap. Le feutrage des étoffes de laine d'une grande largeur et d'un long aunage, se donne au moyen du *foulage*, dans un moulin à foulon. Le feutrage des petits objets, tels que les bas, les gants, les bonnets, etc., se donne simplement aux pieds, à la main, aux rouleaux. Dans l'un et l'autre cas, le feutrage n'a lieu que par suite d'une chaleur humide excitée par une agitation et une pression alternative en tous sens, des objets en laine soumis à cette opération. Ainsi, on feutre en foulant ; la machine avec laquelle on foule s'appelle *foulon*, ou *moulin*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à foulon; l'ouvrier qui dirige ce travail porte le nom de *fouleur*, ou de *foulonnier*.

Ces moulins sont de deux sortes, savoir :

1°. A *maillets*, ou façon de France et d'Angleterre;

2°. A *pilons*, ou façon de Hollande et d'Allemagne.

Tous deux doivent produire le même effet, celui de retenir l'étoffe dans un petit espace, repliée en tous sens sur elle-même, de la tourner et retourner, de l'agiter, de la presser, de l'échauffer, de la faire rentrer, enfin de la feutrer; les premiers, en frappant obliquement lesdites étoffes dans des *piles* inclinées, et les seconds en les frappant verticalement dans des piles droites.

La pile est une sorte d'auge, dans laquelle on met l'étoffe, soit pour la dégraisser, soit pour la fouler. Cette pile est creusée dans une forte pièce de bois de chêne, portant 20, 25 à 30 pouces d'équarrissage, et une longueur proportionnée à la force du moteur, qui doit faire mouvoir les maillets ou pilons deux à deux, dans des piles ou auges que l'on pratique ordinairement sur la même direction et dans le même arbre, au nombre de deux à huit. (*V.* Pl. 26, fig. 10 et 11.)

A, Massifs en pierre de taille, sur lesquels sont fixées les piles et la charpente du moulin.

B, Pièce de bois de chêne, solidement établie sur le massif de pierre, dans laquelle pièce sont creusées les piles ou auges, dont le profil a la courbure *xyz*, qui appartient à une ellipse.

C, Madriers qui garnissent les bouts de l'auge, ou qui déterminent l'espace de la pile pour chaque paire de maillets.

D, Pièces de charpente dont le centre de courbure est au point X.

E, Maillets en bois, mobiles autour d'un axe horizontal passant par le point X. Le bout antérieur de ces maillets, qu'on appelle la *tête*, du côté de l'excavation *xyz*, est taillé en dedans *abc*, dont la partie inférieure est la plus avancée. Les manches dépassant au-delà des maillets, sont maintenus et dirigés dans leur mouvement par les courbes D, qui laissent entre elles un espace libre à cet effet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F, Arbre horizontal de la roue hydraulique ou de tout autre moteur, portant les cames *d*, dont le mouvement de rotation fait battre les maillets E sur la pièce d'étoffe placée dans l'auge *xyz*. Ces cames, au nombre de quatre, sont sur deux plans verticaux différens, et font frapper deux coups alternativement à chaque maillet par chaque tour de l'arbre F.

G, Tuyau à robinet qui amène de l'eau dans le foulon; une plaque en cuivre *e*, placée à une certaine distance au-devant de l'orifice de ce tuyau, vis-à-vis et au-dessus de la pile, éparpille l'eau dans toute la longueur de l'auge pendant l'opération du foulage.

H, Leviers au moyen desquels on suspend le mouvement des maillets sans arrêter le moteur. Pour cela, il suffit de les pousser en avant, au moment où les maillets sont sur le point de retomber; leurs bouts s'introduisant dans des trous *f* pratiqués dans l'épaisseur des maillets, les tiennent soulevés.

Dans ce système de foulerie, qui est le plus généralement adopté, on voit que chaque maillet bat deux coups par révolution de l'arbre F, et que, par la forme de l'auge et de la tête des maillets, la pièce d'étoffe doit tourbillonner d'une certaine quantité sur elle-même à chaque coup, de manière à présenter successivement tous ses points à l'action des maillets.

Les moulins à foulon à la hollandaise, que nous ne décrirons pas si longuement, sont formés de pilons qui, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, battent verticalement dans des auges de bois, placées horizontalement sur des massifs de pierre. La tête de ces pilons est façonnée comme celle des maillets, et leur milieu ne correspond pas au milieu de l'auge, afin que leur percussion fasse, comme dans le cas des maillets, tourbillonner l'étoffe. Il faut aussi que la chute des pilons soit limitée de manière que jamais leurs têtes ne puissent venir toucher le fond de l'auge.

Dans le cas où les draps à fouler sont de laine commune et serrés en chaîne et trame, les moulins à pilons méritent la préférence sur les moulins à maillets; l'effet de leur chute verticale a plus de vigueur. Il est plus facile de les clore et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soustraire ainsi l'étoffe à l'impression du froid : le foulage s'opère plus promptement qu'avec les foulons à maillets. Cependant ceux-ci sont préférables dans le cas où le foulage se fait à l'urine. Son effet étant plus lent, le drap a le temps de se défiler avant de s'échauffer et de se fouler.

Les fouleries à maillets valent mieux que les fouleries à pilons pour le *dégraissage ;* les auges des premières étant plus grandes que celles des secondes, les étoffes s'y retournent plus facilement, se pénètrent mieux de terre ou d'urine, sont moins sujettes à s'échauffer, à se feutrer ; ainsi lavées en toile, elles se trouvent parfaitement préparées pour le foulage au savon.

Le *foulonnier,* ou le propriétaire de moulins à foulon, doit éviter de faire usage des eaux crues chargées de sélénite, qui ne dissolvent pas le savon ; elles donnent de la rudesse, de l'âpreté aux étoffes, elles endurcissent la laine. Il doit éviter pareillement les eaux visqueuses. Il est donc bien important de choisir, pour l'emplacement des moulins, un lieu où les eaux soient de bonne qualité. Autrefois, ces moulins ne pouvaient s'établir que sur le bord d'une rivière où il y avait une chute ; aujourd'hui, les machines à vapeur permettent de les placer partout où l'on veut, dans le voisinage ou même dans le local d'une manufacture de draps.

De toutes les opérations qui concourent à la fabrication du drap, il n'en est pas de plus importante, qui exige une pratique plus éclairée, une attention plus suivie, que le foulage. Le foulonnier doit connaître non-seulement l'action mécanique de son moulin, mais encore la proportion et la nature des ingrédiens qu'il emploie, tels que le savon, l'urine, la terre glaise et autres matières alcalines propres à remplir le même objet. (*Voyez,* pour le détail de cette opération, l'article DRAPERIE.) E. M.

FOUR (*Architecture*). Espace fermé et voûté, qu'on chauffe pour y faire cuire le pain et la pâtisserie : on y distingue plusieurs parties ; l'âtre, la chapelle, l'entrée, l'autel et les ouras. Les dimensions d'un four varient avec l'étendue de l'explo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tation; ceux des boulangers de Paris ont environ 3 mètres et demi (10 à 11 pieds) de diamètre; on se contente de 2 mètres (6 pieds) pour les fours de ménage.

L'*âtre* est la surface horizontale du four, qu'on fait cependant un peu convexe au milieu, parce que cette partie est celle qui fatigue le plus par le service. Après avoir élevé en maçonnerie le massif qui doit porter le four, jusqu'à la hauteur convenable (environ 3 pieds et demi au-dessus du sol), on couvrira l'aire horizontale d'un enduit, sur lequel on tirera deux traits à angle droit, l'un dans le sens transversal, l'autre selon la longueur, aboutissant à l'entrée du four. Au point de section on fichera un clou, qui sera au centre d'un cercle qu'on tracera au cordeau, ou à l'aide d'une règle qu'on fera tourner autour du clou. On fait ensuite un carrelage en carreau de terre cuite de bonne qualité, maçonné avec de la terre franche. Il faut ajouter que souvent on donne aux fours une forme ovale, au moins dans la moitié antérieure, en forme d'ANSE DE PANIER; cela dépend de la disposition du lieu et des usages du pays.

On élève ensuite tout autour le mur d'enceinte du four, qui doit avoir environ 32 centimètres d'épaisseur (1 pied); et même si le four est fait contre un mur mitoyen, les règlemens exigent que ce mur ait 1 pied d'épaisseur et soit distant d'au moins 16 centimètres (6 pouces) du mur du four; cet intervalle vide est ce qu'on appelle le *tour du chat*.

Le four est recouvert par le *dôme*, qu'on nomme aussi *voûte* ou *chapelle*; on lui donne en hauteur le sixième de la longueur. Comme cette partie est en contact immédiat avec la flamme, elle doit être construite très solidement en briques, tuileaux, ou en carreaux durs et bien cuits, maçonnés avec de la terre franche. On cintre le contour des murs ou pieds droits en quart de cercle pour soutenir cette voûte, qui est à peu près plane et horizontale dans sa superficie presque entière, et qui se raccorde avec les parties latérales courbes dont on vient de parler. Les tuiles ou briques doivent être taillées plus étroites du côté intérieur, pour se maintenir mutuellement en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

place comme les pierres d'une voûte. L'ouvrier termine le centre de la chapelle en se couchant sur le dos le long de l'âtre; position très gênante, mais nécessaire à l'opération. Le tout est enduit en terre.

Il n'y a qu'une seule entrée, qu'on nomme *bouche;* la largeur est relative à la quantité de pains qu'on y doit cuire. On la garnit d'une porte en tôle, ou mieux encore en fonte, qui s'adapte à une feuillure bien juste, et qui clôt exactement. L'*autel* est une tablette en avant de la bouche; on la fait en pierre ou en fonte. Au-dessus de l'autel est la hotte de cheminée, qui reçoit la fumée et la verse dans un tuyau, où elle s'écoule au dehors. Cette hotte est en planches de plâtre ou en briques.

Les *ouras* sont des conduits par lesquels l'air s'introduit, pour aider la combustion du bois; on en fait un de chaque côté du bouchoir, à 5 décimètres (18 ou 20 pouces) au-dessus de l'autel. Les ouras ne sont nécessaires qu'aux grands fours, ou à ceux qu'on chauffe avec du bois vert.

Le dessus du four, à l'extérieur, est un plan horizontal; on revêt toute cette maçonnerie en plâtre, ou en mortier de chaux. Le dessous du four est quelquefois creusé en voûte; on y met sécher diverses substances, telles que des fruits, des céréales, des herbes, et particulièrement les fagots qu'on destine à la prochaine cuisson : mais il faut surveiller avec soin cette pratique, qui est fort sujette à incendie.

Tous les menus bois sont convenables pour chauffer le four, les fagots, les épines, les ronces, les chaumes, les bruyères, etc.; enfin, tous les rebuts des champs peuvent y être employés. Les grosses bûches brûleraient trop lentement, et la chaleur se dissiperait presque aussi vite qu'elle se développerait; le bois qui flambe aisément et sans noircir est le meilleur; les boulangers de Paris se servent de bois blanc débité en petites bûches, ou morceaux refendus. On met le bois dans le four, on y fait prendre le feu, et l'on renouvelle le combustible au fur et mesure de la consommation : il faut que l'air puisse jouer à travers la flamme et circuler tout autour; il y a un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grand art à bien arranger le bois pour chauffer le four économiquement. On reconnaît que le four est assez chaud, lorsqu'en frottant un bâton contre la voûte ou l'âtre, il en part de petites étincelles. On ôte alors la braise, on en range une partie à l'un des côtés près de la bouche, en se servant d'un crochet de fer nommé *fourgon*. On balaie ensuite le four avec un balai, et l'on bouche le four pour laisser un peu abattre la chaleur et se préparer à enfourner le pain.

La pâte a été d'avance pétrie, mêlée au LEVAIN et travaillée : cette opération préliminaire a dû être faite à temps pour que la pâte soit convenablement levée quand le four se trouve chaud. On sait que la chaleur hâte cet effet, en sorte qu'on peut le retarder en mettant la pâte dans un lieu frais lorsque le four n'est pas encore assez chaud. Chaque pain, placé sur une pelle de bois qu'on a saupoudrée de son et de farine, est mis dans le four à son tour; et quand tout est enfourné, on ferme la bouche, et même on l'étoupe avec des linges humides, pour ôter l'accès à l'air et empêcher que le four ne refroidisse. Il faut environ 2 heures et demie pour cuire le pain de bourgeois, et jusqu'à 4 heures pour le gros pain de ménage. (*V.* l'article BOULANGER.) Au reste, cela varie beaucoup avec les circonstances; car un four fréquemment chauffé, n'ayant pas le temps de se refroidir, chauffe très vite et consomme peu de combustible.

La braise retirée du four est étouffée, et sert aux besoins de la cuisine. Les boulangers de Paris retirent de la vente des braises, le prix de leur bois de chauffage, qui par conséquent ne leur coûte rien.

On laisse refroidir le pain au sortir du four, avant de l'enfermer dans la HUCHE, pour laisser évaporer l'humidité surabondante; car on compte que le boisseau contient 14 livres de farine, absorbe 10 livres d'eau, et fait 16 livres de pain. Il est bon même de placer le pain debout sur le côté, pour que l'air circule autour, afin d'empêcher qu'il ne moisisse.

Comme à l'article CHAUX, T. V, page 118, nous avons indiqué la construction des *fours à chaux*, nous ne reviendrons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas sur ce sujet. De même les fours à PLATRE, ceux qui sont destinés à extraire les métaux, à distiller la houille, etc., devant faire le sujet d'articles séparés, ne doivent pas être traités ici.

Le *four de campagne* est un ustensile de cuisine en tôle de fer; il a la forme d'une voûte surbaissée, à contour circulaire, d'environ 35 à 40 centimètres (12 à 15 pouces) de diamètre, plus ou moins, et 8 à 12 centimètres de hauteur (3 à 4 pouces); il est bordé tout à l'entour d'une plaque de tôle qui est verticale et lui donne la forme d'un chapeau entouré d'un cylindre. Cette plaque, un peu plus haute que le sommet de la voûte, est destinée à recevoir en dehors les charbons dont on doit chauffer le four. Enfin, une poignée est au sommet extérieur de la voûte, pour pouvoir saisir et remuer le four. Cet ustensile est l'ouvrage du chaudronnier, qui le travaille au marteau, le cloue et le rive. (*V.* l'article CHAUDRONNIER.) On se sert du four de campagne pour préparer certains mets qu'on veut faire saisir par le feu de toutes parts; après avoir disposé le mets sur un plat, on pose ce plat sur un trépied très bas, qui se trouve au-dessus de cendres chaudes; on recouvre le tout avec le four de campagne, qu'on charge de charbons ardens. FR.

FOURBISSEUR (*Technologie*). Le mot *fourbir* vient d'un ancien mot qui signifie *nettoyer, polir*. Ainsi, l'art du fourbisseur consiste proprement dans l'art de polir et de rendre brillantes les surfaces de toute espèce d'armes blanches, offensives et défensives, comme épées, sabres, hallebardes, lances, etc.

Anciennement, le fourbisseur fabriquait lui-même toutes ces armes, et les fourbissait; mais aujourd'hui, il s'est établi des manufactures considérables qui fabriquent toutes ces armes, qui les fourbissent même pour la plupart, de sorte que l'art du fourbisseur est réduit à monter ces armes et à les approprier au goût des acheteurs.

Réduits à parler de l'art du fourbisseur tel qu'il est pratiqué aujourd'hui, nous n'aurons qu'à décrire la manière dont il monte les lames, et dont il fabrique les fourreaux qui doivent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les conserver. Nous terminerons cet article par un mot sur la manière de fourbir les lames.

Toutes les armes blanches sont composées de deux parties bien distinctes, la *lame* et la *soie*.

La *lame* est un morceau d'acier dont la forme et la longueur varient selon la nature de l'arme.

La *soie* est la partie de la lame qui n'est point polie, et qui entre dans le manche pour l'y consolider.

Dans l'épée, que nous allons prendre pour exemple, le manche se nomme la *garde*. La garde est formée de la *poignée*, la *virole*, le *pommeau*, la *branche* et la *coquille*.

Le fourbisseur, après avoir ajusté la soie dans la poignée et dans toutes les autres pièces, de manière à ce que celle-ci ne puisse pas tourner, place la coquille; par-dessus, la virole, la branche, la poignée et le pommeau. Le bout de la soie déborde un peu au-dessus, et il la rive à petits coups de marteau. Alors toutes ces pièces tiennent ensemble, sont très solides, et ne peuvent pas tourner autour de la soie.

Les fourreaux étaient faits autrefois par les fourbisseurs; mais aujourd'hui ce sont les GAÎNIERS qui les fabriquent. (*V.* ce mot.)

Pour fourbir les lames, on se sert d'un moulin composé de différentes meules mues par un manège, un courant d'eau, ou une machine à vapeur. Il y a des meules en pierre et d'autres en bois. Les premières ont des cannelures conformes aux moulures des lames; elles servent à dégrossir l'ouvrage. Les autres, pareillement cannelées, sont employées pour adoucir et polir ou fourbir les lames. C'est à l'aide de l'émeri, du rouge d'Angleterre et de la potée d'étain, qu'on polit ces différentes pièces.

Le fourbissage à la main était anciennement une opération extrêmement longue, et qui enchérissait beaucoup le prix des armes blanches; mais aujourd'hui que l'industrie est parvenue à opérer, par des machines bien entendues, ces manipulations sont simples, faciles et parfaitement sûres. Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails sur un art qui ne présente plus aujourd'hui aucune difficulté. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FOURCHE (*Agriculture*). Instrument de bois ou de fer, ayant deux ou trois branches pointues, au bout d'une tige longue de quatre à 5 pieds (12 à 20 décimètres); celle de fer a trois dents portées sur une douille, où l'on introduit le manche. On s'en sert pour remuer le fumier, déterrer les racines, etc. Les fourches en bois sont d'une seule pièce; elles sont employées pour retourner la paille, les herbes, enlever les bottes, etc. Les premières sont l'ouvrage du taillandier; les autres sont jetées en grand nombre dans le commerce; on les fait avec des jeunes branches offrant des bifurcations naturelles; il ne reste qu'à les débarrasser de l'écorce, les tailler de longueur et faire des pointes aux branches. FR.

FOURCHETTE. Ce mot reçoit diverses acceptions dans les Arts; généralement il désigne une pièce ouverte en deux branches, à peu près de la forme d'un Y.

En charronnage, deux morceaux de bois enchâssés dans des mortaises faites à la face de dessous le lissoir de devant, forment une fourchette; ces entre-deux de fourchettes sont faites en jantes et sont en rond.

Les jardiniers donnent ce nom à des petits bâtons taillés en dents, que l'on enfonce dans les couches par un bout devant les cloches; en inclinant la cloche sur le sol, et posant le bord élevé sur l'un des crans de la fourchette, la plante reste couverte par la cloche, et reçoit l'impression de l'air.

En horlogerie, la fourchette est une pièce de laiton ou d'acier, fendue pour recevoir la tige du balancier, et lui transmettre l'action de va-et-vient de l'ÉCHAPPEMENT, attendu que la fourchette tient à l'ANCRE ou à la pièce qui la remplace, et qu'elle oscille en même temps. Ce mouvement d'oscillation se communique ainsi au pendule pour réparer les pertes que lui font éprouver la résistance de l'air et le frottement sur l'axe de suspension. FR.

FOURGON. Voiture à quatre roues, dont on fait usage à l'armée, pour le transport des vivres, des bagages, etc.; on y attelle ordinairement quatre chevaux, que conduisent des soldats du train.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces fourgons sont formés d'un coffre en planches, surmonté d'un couvercle en demi-cylindre, recouvert de toile peinte ou cirée, qui garantit de la pluie les objets contenus dans l'intérieur du coffre.

On donne aussi le nom de *fourgon* à un instrument de fer, droit ou recourbé, par une de ses extrémités, avec lequel on remue le feu d'un foyer, d'un four, d'une forge, d'un fourneau. E. M.

FOURNIER (*Technologie*). C'est le nom qu'on donne à celui qui tient un four banal, dans lequel chaque particulier, moyennant une rétribution, vient faire cuire le pain qu'il a préparé dans sa maison. Cet art n'est pas connu à Paris, où les boulangers seuls préparent et font cuire le pain que tous les individus consomment; mais dans les départemens méridionaux surtout, la plus grande partie des citoyens font préparer le pain chez eux et le font porter au four, où le fournier le reçoit et le fait cuire. C'est un état qui ne laisse pas que d'être assez lucratif quand le maître connaît bien son art, et qu'il réunit à la probité, de l'affabilité et de la complaisance. (*V.* Boulanger, Four, Pain, etc.) L.

FOURRAGES. *V.* Foins et Prairies. Fr.

FOURREUR (*Technologie*). Le *fourreur* prend le nom de *pelletier-fourreur;* il s'occupe de l'art de travailler les peaux à poils ou fourrures. Il étudie les moyens de les connaître, de les conserver et de les expédier. Il s'occupe de la manière de juger de leurs qualités, de les préparer et de les teindre, de l'usage auquel elles sont propres, et des moyens de les employer : enfin, il en fait le commerce. Au mot Pelletier-Fourreur, nous donnerons sur cet art tous les détails nécessaires. (*V.* ce mot.) L.

FOURS, FOURNEAUX, de *fornax*, κάμινος. On désigne, sous ces noms, les constructions pyrotechniques employées dans les Arts industriels, les laboratoires et l'économie domestique.

Les différentes variétés de fourneaux sont tellement nombreuses, que les bornes de notre ouvrage ne nous permettent pas de les décrire tous. Nous devons donc nous borner à indiquer les plus importans, puis exposer les principes géné-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raux de leur construction, en renvoyant aux articles spéciaux des Arts auxquels chaque four et fourneau particulier est propre. Enfin, nous décrirons quelques-unes de ces constructions qui ne trouveraient pas leur place ailleurs, ou qui déjà ont été renvoyées à cet article. (*V.* Four *de boulanger*, — *de campagne.*)

Sous ces différens points de vue, nous parlerons des *fours à réverbère*, — *à soude*, — *à chaux*, — *à cristal*, — *de campagne*, et des *fourneaux évaporatoires*, — *à calciner*, — *de forge*, — *à la Wilkinson*, — *fumivores*, — *de laboratoire*, — *de cuisine.*

On se propose, dans la construction des fours et fourneaux, d'obtenir d'une quantité de combustible donnée, le plus grand effet possible, dans les circonstances où les diverses opérations des Arts doivent être pratiquées. Ce but ne peut être atteint que par les formes et dimensions les plus appropriées aux diverses opérations que l'on a en vue. Une certaine relation doit être observée entre les dimensions du cendrier, de la grille du foyer, de l'espace dans lequel les produits de la combustion doivent porter la chaleur, et enfin, de la cheminée par laquelle ces produits se dégagent sans cesse et attirent continuellement aussi dans la même route qu'ils viennent de parcourir, les produits gazeux que la combustion développe.

Ces relations et les formes des fourneaux varient suivant les objets auxquels le chauffage s'applique, le degré de température qu'il faut produire, la quantité de matière sur laquelle on doit agir à la fois, l'espèce de combustible dont on peut faire usage, les conditions à remplir pour éviter les plaintes des habitans du voisinage, et par conséquent les rapports désavantageux de l'autorité locale.

On sent combien, avec tant d'élémens divers, la question se complique, et quel mérite il y aurait à la résoudre. On sera frappé de toute son importance, en songeant que les belles recherches des plus habiles physiciens, les résultats positifs auxquels ils sont parvenus; la connaissance des lois auxquelles la chaleur est soumise dans son développement, sa transmission, les propriétés qu'elle fait acquérir aux différens corps, l'appré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ciation du pouvoir calorifique de diverses substances combustibles, et tant d'autres brillantes découvertes n'ont pu suppléer entièrement aux faits pratiques que les Arts réclament. Des Sociétés savantes de tous les pays, et principalement en France et en Angleterre, ont proposé des prix à ce sujet; plusieurs améliorations ont été apportées; mais il s'en faut bien que toutes les données positives désirables aient été publiées. La Société d'Encouragement de Paris a fait remettre au concours, cette année, plusieurs prix, pour la construction des fourneaux les plus économiques de combustible. Le programme, rédigé par le comité des Arts chimiques, nous servira de texte pour les généralités de cet article; nous en donnerons un extrait, auquel nous ajouterons des développemens utiles pour mieux préciser les conditions à remplir, et indiquer les moyens qui permettront d'atteindre le but.

La Société d'Encouragement a reconnu l'utilité d'établir plusieurs divisions dans les recherches qu'elle a provoquées, et a voulu consacrer un prix spécial à chacune des trois qui ont été adoptées.

Dans la première, on a rangé les fourneaux destinés à échauffer les liquides, à les faire évaporer, ou bien à produire de la vapeur.

Dans la seconde, ont été compris les fourneaux destinés à oxider les métaux à une température élevée.

Dans la troisième, on a placé les fourneaux consacrés à la réduction des substances métalliques, à la fusion ou au recuit des métaux. On aurait pu ajouter ceux qui sont consacrés à la calcination de diverses substances, par le seul secours d'une température suffisamment élevée; une quatrième classe aurait peut-être encore été nécessaire, dans laquelle se seraient trouvés les fourneaux qui dessèchent certaines substances, puis les calcinent ensuite.

Dans la première sorte de fourneaux, on doit se proposer de brûler complètement le combustible, en donnant lieu à la moindre quantité possible de fumée; il faut donc, parmi les circonstances favorables, s'attacher surtout à introduire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le foyer une quantité suffisante d'air atmosphérique, pour que tout l'oxigène utile y soit amené.

Dans la seconde espèce de fourneaux, il faut faire passer une quantité d'air telle sur le combustible, que l'oxigène y soit en excès notable, et que cependant la masse totale de l'air et des produits de la combustion soit portée à une température suffisamment élevée.

Les fourneaux de la troisième division doivent avoir des dimensions telles dans leurs différentes parties, que l'air, après avoir traversé le foyer et alimenté la combustion, ne contienne plus que la moindre quantité possible d'oxigène, afin qu'en élevant la température d'un métal, il ne puisse déterminer la prompte oxidation; ou qu'appliqué à la réduction d'un oxide métallique, il ne s'oppose pas à l'effet du charbon employé ordinairement à séparer l'oxigène de l'oxide; ou enfin, que, dans son application au chauffage d'une matière quelconque à calciner, l'excès d'air, en amenant une quantité d'oxigène surabondante, ne vienne pas enlever en pure perte une certaine quantité de chaleur.

De ces trois espèces de fourneaux, la seconde seule peut être aisément rendue fumivore, puisque le combustible et sa fumée y sont, à une température élevée, en contact avec un excès d'oxigène. Il en est autrement des deux autres. Dans la troisième, on n'évite ordinairement un excès d'oxigène que par le défaut d'air; aussi voit-on souvent les produits échappés à la combustion, s'enflammer au contact de l'air à la partie supérieure de la cheminée; un accès d'air ménagé immédiatement après la partie du fourneau où le courant de flamme opère son action utile, peut suffire pour brûler la fumée.

Les fourneaux de la première et ceux de la quatrième division sont très difficilement rendus FUMIVORES, parce que les produits de la combustion, qui entraînent toujours une certaine quantité de charbon très divisé, y sont refroidis, au point où la combustion n'est plus possible, quand même ils seraient mélangés d'une quantité suffisante d'oxigène: mais ceux-ci, et surtout les premiers, sont généralement plus écono-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miques, permettent d'obtenir du combustible une plus grande partie de son effet utile, parce que les produits de la combustion en sortent moins chauds, et par conséquent dépouillés d'une plus grande proportion de leur chaleur.

Les fourneaux de la première division sont les plus employés, et présentent, ainsi que nous venons de le voir, plus de chances favorables pour tirer tout le parti possible; ce sont cependant ceux qui laissent le plus à désirer dans la plupart des fabriques; ils laissent perdre une grande partie du combustible que l'on y brûle, et la fumée qu'ils répandent au loin rend le voisinage de ces usines désagréable et incommode. Quelques données suffiront pour démontrer l'exactitude de cette assertion.

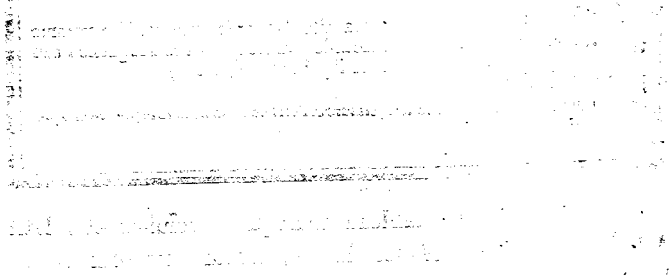
On a vu (*V.* CHALEUR, COMBUSTIBLES, etc.) qu'un kilogramme de houille de bonne qualité brûlé dans le calorimètre, développe une quantité de chaleur capable d'élever 7050 kilogrammes d'eau d'un degré, ou 70,50 de 100 degrés, ou enfin de réduire $\frac{70,50}{6,50}$, ou $10^{k},84$ d'eau en vapeur; or, dans quelques fabriques, on a pu faire vaporiser jusqu'à 8 kilogrammes d'eau par kilogramme de houille brûlée, tandis que dans la plupart la même quantité de charbon de terre brûlé sous des chaudières remplies d'eau ou de solutions salines très faibles, ne vaporise que de 4 à 5, et dans d'autres 2 à 3 kilogrammes d'eau. On voit donc que, dans un grand nombre d'usines, des améliorations importantes doivent être apportées à une branche d'économie d'où peut dépendre le succès ou la ruine des opérations industrielles.

Les fourneaux de la deuxième, de la troisième et de la quatrième division, perdent une quantité de chaleur beaucoup plus considérable que ceux de la première; mais cela est inévitable, puisque les opérations qui s'y pratiquent exigent une température rouge, et que c'est à ce degré élevé que les produits de la combustion passent dans la cheminée, d'où ils s'échappent dans l'air. On pourrait, à la vérité, interposer entre le fourneau et la cheminée une chaudière évaporatoire, contre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le fond et les parois de laquelle la flamme viendrait frapper et déposer une grande partie de la chaleur dont elle est animée, et qui serait employée à réduire un liquide en vapeur. Ces dispositions ont été observées dans plusieurs usines; mais il est rare que l'on puisse réunir ensemble, et tellement bien coordonner deux opérations différentes, qu'elles ne nuisent pas l'une à l'autre, et ne fassent pas perdre, par les retards ou les embarras qu'elles occasionnent, une partie des avantages que l'on devait s'en promettre. Au reste, nous indiquerons plus loin la construction d'un *fourneau* de ce genre, dit à *double effet*.

Les prix fondés cette année par la Société d'Encouragement, pour le perfectionnement de chacun des trois genres de fourneaux indiqués ci-dessus, sont de chacun 3000 francs; elle a pensé qu'elle faciliterait encore et hâterait la solution de ces questions d'un si haut intérêt pour notre industrie manufacturière, en consacrant quatre médailles à récompenser les fabricans qui lui auront envoyé les tableaux les plus complets, renfermant les résultats les mieux constatés et les plus avantageux sur les formes, la consommation, l'effet utile, etc., de leurs fourneaux. Les modèles ci-joints ont été annexés à cette proposition de prix, afin de présenter plus clairement la question à résoudre. Ils auront de plus l'avantage d'appeler l'attention des manufacturiers sur une partie trop souvent négligée de leurs usines; ils ne pourront résister au désir d'améliorer des constructions dont les formes ou les dimensions vicieuses leur causent des pertes journalières considérables, qu'ils apercevront seulement alors.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MODÈLE DE TABLEAU N° 1.

Fourneaux à chauffer les liquides, évaporer ou produire de la vapeur.

CHAUDIÈRE.....	1°. Métal dont elle est faite, son épaisseur; 2°. Son usage, sa forme; 3°. Surface chauffante (ou de son fond); 4°. Sa profondeur; 5°. Sa capacité; 6°. Densité des liquides que l'on y traite, ou pression qu'ils supportent.
GRILLE.....	7°. Ses dimensions, passages qu'elle laisse à l'air; 8°. Sa distance du fond de la chaudière.
CARNEAUX.....	9°. Leur moindre section de passage; 10°. Leurs formes et dimensions.
CHEMINÉE.....	11°. Sa plus grande ouverture; 12°. Sa moindre section de passage; 13°. Sa hauteur verticale compensée.
TEMPÉRATURE	14°. De la fumée au bas de la cheminée et dans sa partie moyenne; 15°. De l'eau ou du liquide mis dans la chaudière et après l'essai.
OXIGÈNE.....	16°. Sa proportion dans l'air pris au bas de la cheminée.
HOUILLE, TOURBE, BOIS, etc.....	17°. Quantité consommée par heure, ou par jour de .. heures.
CENDRES.....	18°. Leur couleur dans le cendrier; 19°. Leur couleur dans les carneaux; } quantité de charbon y contenue.
EAU.....	20°. Sa quantité évaporée avec un kilogramme de houille (ou température à laquelle l'eau ou un liquide a été porté.)

Nota. Il serait utile d'indiquer la température et l'état de l'atmosphère le jour de chaque essai.

Avant d'indiquer un tableau analogue à celui-ci et relatif aux fourneaux dans lesquels la température est plus élevée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que celle qui est utile à l'échauffement ou la vaporisation des liquides, nous présenterons des observations sur chacune des parties du tableau ci-dessus.

Chaudière. 1°. Métal dont elle est faite. La *fonte*, la *tôle*, le *cuivre*, le plomb, et rarement l'étain, s'emploient dans la construction des chaudières; on donne la préférence à celle de ces matières qui est moins attaquable par les substances sur lesquelles on se propose d'opérer, ou à celle que les localités, l'habitude du pays offrent à meilleur marché, lorsque sous ces différens rapports le choix n'est pas en quelque sorte forcé. Une considération importante doit être mise dans la balance, c'est la dépense du combustible en raison de la Conductibilité du métal, qui dépend surtout de son *épaisseur*, et celle-ci de sa résistance et de sa ténacité.

Ainsi, le cuivre ou la tôle méritent la préférence sur la fonte lorsqu'il s'agit de produire de la vapeur, d'échauffer ou de rapprocher des liquides sans action sur eux : ils sont beaucoup moins sujets à se casser; leur nature et le peu d'épaisseur qu'on leur peut donner, permettent que la chaleur les traverse bien plus abondamment dans les mêmes circonstances; et entre eux on doit souvent préférer le cuivre, parce qu'il est bien plus facile à travailler, et que la diminution de sa valeur est bien moindre lorsqu'il est mis hors de service. La fonte est préférable en raison de sa dureté pour les opérations dans lesquelles des dépôts ou des précipités obligent à donner de fréquens coups de ringards.

Le plomb est trop mou et trop facilement amolli et même fondu par la chaleur, pour être employé sans des soutiens (la fonte, la brique), qui rendent les chaudières difficilement perméables à la chaleur, et les fourneaux dispendieux de combustible; aussi ce métal est-il réservé pour les liquides qui attaqueraient les autres (l'Acide sulfurique surtout).

L'étain, attaquable par divers agens, et d'ailleurs coûteux et très fusible, n'est généralement pas employé dans la construction des chaudières; on l'applique quelquefois sur le fer ou le cuivre, pour défendre ces métaux de l'oxidation.

L'usage de la chaudière, c'est-à-dire les opérations aux-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelles elle est employée, influent sur les dispositions du fourneau et sur la quantité de combustible pour un effet donné. En effet, si les opérations ne s'y succèdent pas d'une manière continue; que l'on soit obligé de temps à autre d'éteindre ou de couvrir le feu, une quantité de chaleur plus ou moins grande et difficile à apprécier, sera perdue dans les temps d'arrêt par le refroidissement du fourneau, et l'effet moyen du combustible sera diminué souvent dans une forte proportion. C'est dans ces circonstances, qui se présentent fréquemment dans les opérations des Arts industriels, que l'application de la VAPEUR au chauffage présente surtout de grands avantages; c'est là le seul perfectionnement sur lequel il soit permis de compter pour le cas précité dans l'état des connaissances actuelles, et il serait inutile de rechercher à modifier utilement les dispositions des fourneaux pour un chauffage direct.

La forme de la chaudière est en général déterminée par le genre d'opération que l'on y veut pratiquer. Lorsqu'elle doit être close et supporter une pression de plus d'une atmosphère, il la faut construire cylindrique, terminée par des calottes hémisphériques; si elle doit être ouverte, elle sera en général légèrement conique; la petite base du cône tronqué, sous laquelle se trouve le foyer, transmettra plus de chaleur si elle reçoit verticalement les produits de la combustion, et si elle est convexe dans la chaudière au lieu d'être concave, comme cela se pratique souvent à tort.

3°. *Surface chauffante.* C'est en général à la quantité de surface exposée à l'action du feu, qu'est proportionnée la quantité de chaleur transmise dans un temps donné, et par conséquent la quantité de vapeur produite ou de liquide échauffé au degré voulu. Afin de multiplier cette surface relativement aux chaudières closes, on les forme de deux ou trois cylindres dits BOUILLEURS, placés horizontalement, entièrement plongés dans le feu, et communiquant avec un plus gros cylindre autour duquel les produits de la combustion font un double circuit.

4°. La *profondeur* dans les chaudières ouvertes est en général

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un obstacle à la facile transmission de la chaleur, parce que les produits de la combustion ont moins de points de contact lorsqu'ils circulent latéralement autour des parois verticales, que lorsqu'ils frappent sur le fond horizontal.

5°. La *capacité* est encore une chose à noter; car, dans de certaines limites, elle influe beaucoup sur l'économie du chauffage. Ainsi, par exemple, le très petit foyer d'une chaudière de peu de capacité, ne saurait entretenir la houille que l'on y brûle et différentes parties du fourneau, à une température suffisamment élevée, pour qu'une assez grande partie des matières combustibles ne se volatilisent en échappant à la combustion.

6°. La *densité* des liquides, de même que la pression qu'ils supportent, influent sur la quantité de combustible appliqué à leur rapprochement. En effet, le degré de température de l'ébullition s'élevant en même temps que la densité des liquides ou la pression, les parois de la chaudière sont à une température plus haute par la même raison, et les produits de la combustion conservent aussi un excès de température plus élevée; ils emportent donc une plus grande quantité de chaleur.

7°. Les *dimensions de la grille* et les passages qu'elle laisse à l'air, dépendent des dimensions de la chaudière et de la vitesse que la cheminée peut donner aux produits de la combustion. On se rappellera que pour tirer tout le parti possible de la chaleur développée par le combustible, il faut surtout éviter que la quantité d'air qui passe au travers et alimente la combustion soit trop grande, et cependant être assuré qu'elle ne sera pas insuffisante. Dans ce dernier cas, une grande partie du combustible se dégage en vapeurs ou particules entraînées par le courant de gaz : il emporte ainsi beaucoup de chaleur sans en développer, puisqu'il échappe à la combustion.

8°. *La distance de la grille au fond de la chaudière* influe beaucoup sur les effets du fourneau; si cette distance est trop grande, une partie de la chaleur est perdue à échauffer les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parois trop étendues du foyer ; si elle est trop petite, les produits de la combustion, trop tôt refroidis, s'éteignent et ne développent pas toute la chaleur qu'ils auraient pu fournir. C'est entre ces deux écueils qu'il faut s'arrêter. Les combustibles qui donnent peu de fumée, tels que le COKE, le CHARBON *de bois*, la HOUILLE *de Fresnes*, doivent être beaucoup plus rapprochés de la chaudière que les autres, puisqu'en effet aucune de leurs parties ne peut être volatilisée ni entraînée, les gaz qu'ils dégagent résultant presque exclusivement de leur combustion.

9°. La *moindre section de passage des carneaux* doit être égale à celle de la cheminée, si celle-ci ne sert qu'à un seul fourneau : dans le cas contraire, égale à la partie du passage consacré à chaque fourneau. Quant à la forme des carneaux, elle varie suivant celle des parois de la chaudière ; il suffit, pour la déterminer convenablement, de se rappeler que ces conduits doivent faire circuler les produits de la combustion en couches peu épaisses autour de la chaudière, et que de petites chicanes doivent briser les courans, afin que la *fumée*, après avoir perdu de la chaleur près des parois en les échauffant, soit remplacée par les couches voisines plus échauffées. Il est indispensable, toutefois, de laisser assez de largeur aux carneaux pour éviter qu'ils s'engorgent promptement, et de ménager des regards ou conduits aboutissant au dehors de la maçonnerie, afin de nettoyer aisément, à l'aide d'un râble, les carneaux, avant que les cendres les aient engorgés.

10°. La *forme et les dimensions des carneaux* ne sauraient être déterminées convenablement sans un examen sérieux. Nous venons d'indiquer comment ils permettent d'utiliser une partie de la chaleur entraînée dans le courant des gaz de la combustion. Nous ferons observer, relativement à leurs dimensions, qu'ils doivent présenter une plus grande capacité dans les endroits où les cendres se déposent plus abondamment, et dans ceux où la direction du courant se trouvant changée d'une manière brusque, et quelquefois renversée complètement, les dimensions ordinaires des carneaux causeraient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un choc dont la réaction en arrière influerait défavorablement sur le tirage du fourneau.

11°. *Cheminée.* Sa plus grande ouverture, située en général à sa partie inférieure, est utile pour amortir le choc résultant du changement de direction de la fumée, et surtout pour donner plus de solidité à sa base, lorsqu'elle est isolée des autres constructions.

12°. Sa *moindre section de passage*, telle que l'indique le calcul (*V.* CHALEUR, CHEMINÉE, etc.), ne serait égale qu'au cinquième de la dimension reconnue utile en pratique. On ne s'étonnera pas de ce résultat, qui rend difficile l'application de la théorie, si l'on considère les variations qui doivent troubler les résultats de dimensions données. En effet, le passage dans une cheminée diminue à chaque instant par la suie et les cendres qui s'y accumulent sans cesse; on conçoit que les vents, dans certaines directions, font un appel au haut des cheminées, et augmentent le tirage; que dans d'autres directions ils s'opposent à la sortie de la fumée ou opèrent un refoulement qui ne peut être contrebalancé que par un fort tirage. La sortie des produits de la combustion peut encore être ralentie par les rayons du soleil qui frappent sur le haut de la cheminée, et par d'autres circonstances qu'il serait trop long d'énumérer ici; elles ne peuvent donc entrer dans les données numériques que réclamerait un calcul discutant tous les cas. Enfin, on mettra d'accord la théorie avec la pratique, en donnant au passage de la cheminée le *maximum* d'étendue utile, c'est-à-dire en le faisant au moins égal à la somme des passages entre les barreaux de la grille du foyer, et diminuant ce passage à volonté au moyen d'un REGISTRE à la portée de l'ouvrier chauffeur.

13°. Par la *hauteur compensée* d'une cheminée, nous entendons sa hauteur prise verticalement, déduction faite du double de la hauteur verticale dont certaines dispositions obligent à faire descendre les produits de la combustion avant qu'ils arrivent à la cheminée. Aux articles CHALEUR et CHEMINÉE, nous avons suffisamment indiqué les effets de la hauteur des che-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

minées. Nous ajouterons ici que, dans Paris et aux environs, des ordonnances de police, dont le but est de protéger les habitations contre le voisinage des fabriques, obligent à élever les cheminées des grandes usines susceptibles de répandre beaucoup de fumée, à la hauteur de 33 mètres, c'est-à-dire à peu près plus de deux fois autant que cela serait nécessaire pour un tirage convenable.

14°. La *température de la fumée* au bas de la cheminée, peut en quelque sorte servir de mesure à la chaleur utilisée dans le fourneau, si l'on ajoute à cette donnée la vitesse moyenne de la fumée au moindre passage de la cheminée, et la surface de la section de ce passage : il est donc important de la noter. Quant à la température intérieure au milieu de hauteur de la cheminée, elle servira, avec la section du moindre passage, à évaluer la vitesse moyenne des produits de la combustion.

15°. La *température ou la quantité de l'eau ou du liquide* renfermé dans la chaudière avant et après l'expérience, doivent être constatées pour évaluer la quantité de chaleur communiquée par le fourneau avant et après l'opération.

16°. La *proportion d'oxigène contenu dans l'air brûlé* (ou les produits de la combustion) est utile à constater, puisqu'elle indique jusqu'à quel point les dispositions du fourneau ont permis d'économiser l'air atmosphérique employé à la combustion; et cette observation est importante, puisque l'oxigène non utilisé représente une quantité proportionnelle d'air relative elle-même à la quantité de chaleur emportée par le courant. Il faudrait même tenir compte (pour les mêmes motifs) de la quantité surabondante d'air introduit pendant que l'ouvrier tient la porte du foyer ouverte pour son service. (*V.* l'article Eudiomètre.)

17°. La *quantité moyenne de houille ou de tout autre combustible*, employée dans le fourneau pendant le cours de plusieurs essais, est une des données les plus importantes et les plus faciles à constater. Il faut cependant que le chauffage soit prolongé le plus long-temps possible, afin que l'incertitude sur la quantité de combustible employée pour chauffer le four-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

neau, ainsi que dans son refroidissement, ait le moins possible d'influence sur le résultat obtenu.

18°. — 19°. La *couleur des cendres* dans le cendrier, ainsi que dans les carneaux, et mieux encore leur ANALYSE, en indiquant la proportion de charbon y contenu ajoutée au carbone et à l'hydrogène observés dans les produits de la combustion, fait voir quelle est la quantité de combustible perdue dans le fourneau.

20°. La *quantité d'eau évaporée* ou *échauffée d'un nombre de degrés connu*, complètent les données utiles à la fixation de l'effet calorifique du fourneau. (*V.* les articles CHALEUR, CHAUFFAGE, etc.)

MODÈLE DE TABLEAU N° 2.

Fourneaux destinés à fondre, oxider, désoxider ou recuire les métaux, à calciner diverses substances, etc.

FOURNEAU.....	1°. Son usage; 2°. Sa forme, courbe de sa voûte; 3°. Dimensions de sa sole et autres; 4°. Épaisseur de ses parois.
GRILLE.....	5°. Ses dimensions, passages qu'elle laisse à l'air; 6°. Sa distance de la voûte et de l'autel.
CHEMINÉE.....	7°. Sa plus grande ouverture; 8°. Sa moindre section de passage; 9°. Sa hauteur verticale compensée.
FUMÉE.....	10°. Sa température au bas de la cheminée et dans sa partie moyenne; 11°. Proportion d'oxigène libre qu'elle contient au bas de la cheminée.
HOUILLE.....	12°. (ou tout autre combustible); quantité employée par heure; 13°. Résidu incombustible (*cendres*, *mâchefer*, etc.) qu'il laisse.
PRODUIT.....	14°. Sa nature et quantité moyenne obtenue en un temps donné.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fourneau. Les usages auxquels il doit être appliqué, déterminent à la fois sa forme et ses dimensions; la courbure de la voûte a surtout pour but de réfléchir le plus également possible, sur toute la surface de la sole, la chaleur qu'elle reçoit du foyer. Cette influence de la voûte exige une courbure variable, suivant la forme et l'étendue de la sole; mais les relations entre ces données n'ont pas été jusqu'à présent déterminées rigoureusement. Nous ne saurions donc établir de règles précises; mais nous indiquerons les formes adoptées et reconnues préférables par l'expérience. Quant à l'épaisseur des parois du fourneau, elle doit être aussi grande que possible, afin de diminuer les déperditions de chaleur; elle n'est limitée que par la facilité du service et en raison de l'espace dont on peut disposer dans l'atelier.

Grille. Les développemens que nous avons donnés sur cette partie du fourneau, et relativement au modèle de tableau n° 1, peuvent s'appliquer ici. La grille doit varier dans les passages qu'elle laisse à l'air, sa distance à la voûte, etc., suivant l'usage auquel chaque sorte de fourneau est destinée: ainsi, dans celui qui a pour but l'oxidation des métaux, le passage de l'air doit être plus grand, puisqu'un excès de ce fluide élastique est utile pour fournir la quantité d'oxigène applicable aux métaux que l'on traite. Relativement aux fourneaux de désoxidation, la grille ne doit permettre l'accès qu'à une quantité d'air à peine suffisante pour brûler tous les produits du combustible dans le foyer. Enfin, dans les fourneaux destinés à calciner diverses substances, le but principal étant de faire produire le plus de chaleur possible au combustible employé, il est nécessaire que les passages de l'air soient assez grands pour que la combustion soit complète: un excès trop considérable emporterait de la chaleur inutilement, et le défaut d'air laisserait en pure perte les produits du combustible se dégager.

Cheminée. Toutes les considérations y relatives que nous avons présentées sur le tableau n° 1, sont applicables ici.

Fumée. L'analyse que nous avons conseillé d'en faire, dé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

montrera si l'air admis par la grille est en proportion convenable pour le genre d'opération auquel le fourneau se rapporte. (*V.* ci-dessus les détails relatifs à la *grille* du tableau n° 1.)

Houille (ou tout autre combustible employé). Ici la quantité de chaleur perdue dans l'échauffement et le refroidissement du fourneau, est bien plus importante encore que relativement aux fourneaux compris dans le premier tableau; aussi cette perte inévitable doit-elle être répartie sur le plus grand nombre d'opérations possible, c'est-à-dire sur la quantité de produit que le fourneau peut donner sans exiger de réparations.

La proportion de substances incombustibles (cendres, machefer) que la houille, la tourbe, le lignite, etc., contient, doit être évaluée approximativement par les résidus de la combustion, et il faut en tenir compte dans l'appréciation de l'effet utile du fourneau.

Fourneaux évaporatoires. Les constructions pyrotechniques, destinées au rapprochement ou au chauffage de diverses solutions, se rencontrent dans la plupart des usines; leurs formes varient suivant plusieurs circonstances, ainsi que nous l'avons dit plus haut : ce serait de beaucoup excéder les limites d'un article de Dictionnaire, que de les exposer toutes. Nous nous bornerons donc à décrire une sorte de fourneaux qui est applicable dans la plupart des cas, et qui s'étendrait à tous au moyen de quelques modifications; depuis long-temps je l'emploie exclusivement dans mes fabriques, et je n'en ai pas rencontré qui me parussent préférables dans d'autres établissemens.

Les fig. 1, 2, 3 et 4 de la Pl. 32, indiquent, dans trois coupes horizontales et une coupe verticale, les mêmes parties par les mêmes lettres :

a, Cendrier du fourneau.

b, Grille du foyer.

c, Plaque en fonte qui recouvre le cendrier et soutient la maçonnerie au-dessus.

d, Porte du foyer; sa double embrasure permet d'atteindre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aisément et de voir toutes les parties de la grille, sans que cette porte soit d'une grande dimension; ce qui est important pour éviter l'accès d'une trop grande quantité d'air dans les momens où la porte reste ouverte.

e, Ouvreaux par lesquels les produits de la combustion passent pour se rendre dans la galerie circulaire *g*; leurs ouvertures inégales servent à contrebalancer l'effet du tirage de l'ouverture *f*, dans laquelle se rassemblent les produits de la combustion, pour se rendre à la deuxième galerie. Les briques qui séparent les ouvreaux concourent à réfléchir la chaleur vers le fond de la chaudière; elles arrêtent une assez grande partie de la chaleur prête à s'échapper, et maintiennent à leur passage les produits de la combustion à une température assez élevée pour favoriser la combustion.

f, Deuxième galerie circulaire, dans laquelle les produits de la combustion passent au sortir de la première, et font le tour de la chaudière avant de se rendre dans la cheminée *h*.

h, Cheminée du fourneau; elle peut être commune à plusieurs autres constructions pyrotechniques, comme nous l'avons vu à l'article CHEMINÉES.

i, *i*, *i*, Regards ménagés dans l'épaisseur de la maçonnerie pour nettoyer les carneaux, les conduits et la cheminée.

Pour tirer parti de la chaleur que les produits de la combustion entraînent encore en quittant la deuxième galerie circulaire, on peut les conduire, comme l'indique la fig. 5, sous une deuxième chaudière A′, placée dans une construction semblable à celle que nous venons de décrire. Il est souvent commode de pouvoir échauffer, par un feu allumé pour elle, la deuxième chaudière, soit qu'une opération dans celle-ci doive précéder ce que l'on se propose de préparer dans l'autre, soit que la chaleur dont elle profite secondairement ne soit pas suffisante; enfin, il peut être utile de cesser l'échauffement de cette chaudière. On parvient à varier ainsi les effets de ce double fourneau : 1°. en pratiquant sous la deuxième chaudière, comme l'indique la fig. 5, un foyer et un cendrier, dont il suffit d'ouvrir les portes pour en faire usage; 2°. en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

construisant un passage direct h', h' du premier fourneau à la cheminée ; et 3°. en adaptant dans ce passage un registre k, que l'on ouvre lorsque l'on veut éviter d'échauffer indirectement la deuxième chaudière en même temps que l'on ferme le registre k', interposé entre la deuxième galerie de la première chaudière et le deuxième fourneau.

On peut augmenter encore l'effet de ces fourneaux évaporatoires en recouvrant la première chaudière d'une autre chaudière qui s'échauffe par le contact indirect de la vapeur formée dans la chaudière inférieure ; mais, dans cette chaudière additionnelle, le liquide ne saurait bouillir sans que la vapeur de la première fût comprimée, et par conséquent il ne peut se rapprocher que par l'évaporation que détermine le renouvellement de l'air sur sa superficie. Au reste, cette complication dans les fourneaux n'est praticable que dans un petit nombre de cas, dont nous aurons l'occasion de nous occuper à des articles spéciaux. Nous verrons encore dans cet article, des fourneaux plus compliqués, à quadruple ou quintuple effet : mais nous ne décrirons pas tous leurs détails, par la même raison.

Fourneaux des chaudières à vapeur. Les applications de ces fourneaux, moins nombreuses que celles des précédens, se multiplieront lorsque les utiles applications de la vapeur seront mieux appréciées et plus généralement en usage.

Le fourneau que nous venons de décrire, peut être appliqué au chauffage d'une chaudière destinée à la production de la vapeur ; il suffit de substituer à la chaudière représentée dans la fig. 4, une autre A″, fig. 6, de même diamètre, qui soit plus profonde, rétrécie à sa partie supérieure, et fermée hermétiquement à volonté par un couvercle B mobile, serré à l'aide d'une vis à agrafes C, ou de plusieurs boulons à écrous. Il faut de plus élever la maçonnerie jusqu'à la partie supérieure de cette chaudière, et ménager un second conduit circulaire qui porte les produits de la combustion autour de cette partie.

On ne s'est pas arrêté à la forme de la chaudière ci-dessus décrite pour la production de la vapeur ; et l'observation, rapportée à l'article CHALEUR, que la quantité de vapeur produite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les chaudières couvertes est proportionnée à la quantité de la surface chauffée des parois, a donné l'idée de multiplier ces surfaces; on y est parvenu en composant la chaudière de plusieurs cylindres communiquant entre eux. Les fig. 7 et 8 montrent, par une coupe longitudinale à une coupe transversale, cette disposition généralement adoptée : A, A, Deux petits cylindres, dits *bouilleurs*, complètement plongés dans le feu d'après la construction du fourneau. B représente un plus grand cylindre, communiquant avec les deux premiers par les tubes verticaux intermédiaires C, C. Deux obturateurs, maintenus par des écrous, ferment les deux bouilleurs, et permettent de les vider et de les nettoyer à volonté; un couvercle, également boulonné, ferme le grand cylindre, et laisse, quand on veut l'enlever, un passage suffisant pour qu'un ouvrier s'y introduise et détache les dépôts de sélénite (1) s'il y a lieu.

Il est facile de voir comment, d'après les dispositions du fourneau, la flamme du foyer *e* passe sous les deux cylindres bouilleurs, puis, au bout, revient en échauffant le dessus de ceux-ci et le dessous du gros cylindre, et enfin les produits de la combustion se divisent sur les parties latérales de ce dernier, d'où ils se rendent dans la cheminée.

On conçoit que, de même que dans le premier fourneau décrit, on peut interposer une deuxième chaudière entre la première et la cheminée, tirer ainsi mieux parti de la chaleur développée par le combustible, et obtenir de l'eau ou tout autre liquide constamment chaud, soit pour remplir la première chaudière, soit pour divers usages dans l'atelier. Cette disposition, dans certains cas, offre une économie marquée; mais, nous le répétons, souvent ces additions sont gênantes pour le travail, ou l'emplacement ne les permet pas.

(1) On évite la formation de ces dépôts gênans, en ajoutant dans la chaudière, tous les quinze jours ou trois semaines, un centième environ de pommes de terre. Ces tubercules, en partie dissous dans l'eau bouillante, forment une solution visqueuse qui s'oppose à l'adhérence des particules de *sélénite* entre elles et leur incrustation sur les parois des chaudières.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a depuis long-temps imaginé une disposition économique pour les fourneaux destinés à la production de la vapeur ; et l'usage en serait peut-être plus général, si l'exécution et les réparations n'en étaient pas plus difficiles que dans les modes adoptées plus ordinairement.

La fig. 9 indique par deux coupes cette disposition particulière ; elle consiste, comme on le voit, dans un foyer A, placé dans la chaudière même, au moyen d'un cylindre intérieur B dont les parois C, garnies de briques, sont garanties de l'action directe du feu, de même que le combustible est garanti de l'abaissement trop considérable que produirait son contact immédiat avec une surface métallique baignée dans l'eau, et même la trop rapide absorption des rayons de calorique qui s'en émanent (1). Le gros cylindre communique avec un tuyau d'un diamètre moindre D, qui s'adapte en se recourbant à un tuyau transversal F ; et celui-ci divise les produits de la combustion dans deux autres tuyaux F, situés longitudinalement et rivés à la paroi antérieure de la chaudière. Il est facile de reconnaître le chemin qu'ont suivi les produits de la combustion, à partir du foyer A jusqu'au bout F ; de là ils passent à l'extérieur et de chaque côté de la chaudière dans un intervalle H, entre ses parois et la maçonnerie M. Enfin, à l'autre extrémité du fourneau, un double conduit incliné à 45 degrés reçoit la fumée, et la rassemble dans un seul corps de cheminée. Si l'on veut, pour économiser la place et le poids, on peut supprimer la maçonnerie extérieure, ou du moins la faire très mince et en briques légères, ou en plâtre. On peut adapter les tuyaux inclinés au point F′ des tuyaux intérieurs, et les réunir à une cheminée en tôle.

(1) Ce genre de construction, employé d'abord dans la vue d'économiser à la fois le combustible, la place et le poids sur les bateaux à vapeur, n'étant garni d'aucune maçonnerie, manqua son effet, parce que le refroidissement du combustible et des produits de la combustion y était tel, que la houille y brûlait très mal, et que le tirage ne pouvait s'établir. (*V.* Cheminées, Chaleur, etc.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fourneaux à réverbère. Ces fourneaux, sur lesquels nous avons déjà donné quelques détails, varient de forme suivan les usages auxquels ils sont destinés. Ceux qui servent à calciner diverses substances, telles que le mélange de sulfate de soude, craie et charbon, d'où l'on obtient la soude brute, les *sels de soude*, précipités dans l'évaporation des solutions de soude, que l'on fait ainsi dessécher complètement et blanchir, etc; ces fourneaux sont généralement de la même forme. Nous croyons donc devoir commencer par leur description dans cet article de généralités.

Les fig. 10, 11 et 12, montrent en élévation, et en coupes verticales et horizontales, un fourneau à calciner; les mêmes lettres indiquent les mêmes parties dans ces figures. A, cendrier; B, foyer et la grille; CC, sole du fourneau construite en briques de champ, sur laquelle est étendue la matière à calciner; DD, voûte qui réfléchit la chaleur sur la sole; E, cheminée; H, autel ou mur élevé au-dessus de la sole pour prévenir la chute de la matière dans le foyer. Cette partie du fourneau, qui se trouve, par le courant, en contact avec un bien plus grand nombre de points de la flamme, est aussi plus tôt détériorée que les autres. On choisit quelquefois pour la construire des briques encore plus réfractaires que pour les autres parties exposées à l'action de la flamme. B′, porte du foyer en fonte, munie d'une tige en fer (que l'on emmanche à volonté d'une poignée en bois), et dont l'encadrement, dit *bouche*, est d'une seule pièce en fonte coulée; C′, porte et encadrement semblables qui sert à enfourner la matière à calciner; C″, porte et encadrement semblables disposés au milieu du bout antérieur du four, afin que l'on puisse aisément remuer dans toutes ses parties la matière étendue sur la sole et la retirer lorsque l'opération est terminée; G, cylindre ou *rouleau* en fer, maintenu par des coussinets ou une fourchette à clavettes, à chacune des extrémités de son axe, en sorte qu'il tourne aisement et facilite les mouvemens du *râble* (fig. 13) avec lequel on remue, et ceux de la *racloire* (fig. 14) qui sert à tirer toute la matière calcinée hors du four; R, armature en fer composée de tirans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et d'ancres, destinée à consolider, en les liant ensemble, toutes les parties du fourneau.

Ces fourneaux sont quelquefois à double et même à triple effet; c'est-à-dire qu'outre la calcination ou fusion principale qu'ils sont destinés à opérer, ils servent encore, dans leur prolongement ou par la construction d'étages supérieurs, à calciner ou préparer une calcination sous une température moins élevée; et enfin les produits de la combustion contiennent encore assez de chaleur pour qu'il soit possible de les utiliser en les appliquant à l'évaporation des liquides. Nous verrons des exemples de ces constructions dans quelques articles spéciaux, notamment à l'article SOUDE *factice*, et dans la description que nous allons donner des fourneaux à réverbère, propice au travail du CUIVRE (extraction et affinage) en usage à Swansea, dans le pays de Galles.

Fourneaux employés au traitement du minerai de cuivre.

Ces fourneaux, qui sont tous du genre de ceux dits à *réverbère*, peuvent être divisés en cinq sortes, savoir :

1°. Fourneau de grillage (*calcining-furnace* ou *calciner*).
2°. Fourneau de fusion (*melting-furnace*).
3°. Fourneau de rôtissage (*roasting-furnace* ou *roaster*).
4°. Fourneau de raffinage (*refining-furnace*).
5°. Fourneau de chaufferie.

Fourneau de grillage (fig. 1, 2, 3, Pl. 33).

Il se compose d'un avant-corps A renfermant le foyer et le cendrier et la grille; un *autel* ou *pont de chauffe* sépare ce foyer de la sole B du fourneau. Celle-ci est horizontale et perforée de quatre trous *b*, situés vis-à-vis chacune des portes *c*, au moyen desquels il est facile de faire tomber le minerai grillé sous l'arche C.

Les dimensions de la sole varient de 5 mètres 20 centimètres à $5^m,80$ en longueur, et de $4^m,30$ à $4^m,90$ en largeur. On voit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle présente à peu près la forme d'une ellipse tronquée aux deux extrémités de son grand axe.

Les dimensions correspondantes du foyer sont de $1^m,40$ à $1^m,55$ dans un sens, et de $0^m,92$ dans l'autre.

L'autel a $0^m,61$ d'épaisseur, quelquefois traversé par un conduit longitudinal, destiné à amener l'air extérieur sur la sole du fourneau, comme on le voit fig. 4 (*V.* plus loin le *Fourneau de rôtissage*).

La voûte du fourneau, comme on le voit dans la coupe longitudinale (fig. 2), s'abaisse depuis le foyer jusqu'à la cheminée; sa hauteur, au-dessus de la sole, est de $0^m,65$ près de l'autel, et seulement de $0^m,20$ à $0^m,30$ au-dessous de la cheminée.

Les deux portes *c*, pratiquées de chaque côté du fourneau (quelquefois on n'en met qu'une d'un côté et deux de l'autre), sont, comme celle du foyer *e*, dans une embrasure ou *bouche* en fonte; elles servent à remuer ce minerai et le retirer pour le faire tomber dans l'arche.

La cheminée *f*, placée à l'angle du fourneau, est mise en communication avec l'intérieur par un conduit incliné.

Deux trémies E, composées de quatre plaques en fonte maintenues par une armature en fer, sont placées vis-à-vis; et au-dessus des portes, un trou *i* pratiqué dans la voûte permet de faire descendre le minerai sur la sole.

Le fourneau décrit ci-dessus sert au grillage du minerai et des mattes; quelquefois on emploie, pour le grillage des mattes, des fourneaux à deux étages; dans ce cas leurs dimensions sont un peu moindres. Deux portes sont pratiquées latéralement au niveau de chaque sole; et un pont mobile en bois est disposé de manière à ce que les ouvriers puissent travailler à l'étage supérieur.

Fourneau de fusion (fig. 5 et 6).

Ces fourneaux sont plus petits que les précédens; leur sole AB, qui est aussi ellipsoïdale, n'a pas plus de $3^m,37$ à $3^m,42$ de longueur, et $2^m,30$ à $2^m,45$ de largeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le foyer (ou la chauffe) C est proportionnellement plus grand que dans les fourneaux de grillage ; ses dimensions sont de $1^m,0$ à $1^m,22$ de long, sur $0^m,92$ à $1^m,7$ de large. Cette proportion a été adoptée afin de produire une température assez élevée pour fondre le minerai. C'est pour la même raison que ces fourneaux ont un petit nombre de portes : une D est utile pour le service du foyer; une seconde E, que l'on tient presque constamment fermée, ne sert que lorsque l'on veut arracher des matières attachées sur la sole, et lorsqu'il faut entrer dans le fourneau pour réparer la sole ou l'autel. La troisième porte G, placée sur le devant sous la cheminée, dite porte du travail, permet de retirer les scories, de brasser les matières fondues, etc.

La sole est faite en sable réfractaire ; elle est légèrement inclinée vers la porte latérale E, afin de faciliter la sortie du métal. Au-dessous de cette porte un canal H, pratiqué dans l'épaisseur de la paroi, est destiné à faire couler le métal ; un tuyau en fer K le conduit dans une fosse M, au fond de laquelle se trouve un vase ou récipient en fonte, que l'on peut enlever à l'aide d'une grue. La fosse est remplie d'eau ; le métal, en tombant, s'y divise en grenailles qui se rassemblent dans le récipient. Ce fourneau est surmonté d'une trémie L, qui sert à le charger de la même manière que le précédent.

Fourneau à double effet, de fusion et de grillage. MM. Dufresnoy et Elie de Beaumont ont observé, près de Swansea, des fourneaux de ce genre ; ils sont composés de trois étages, A, B, C, fig. 7. Le premier est destiné à mettre en fusion le minerai grillé ; les deux autres, B, C, servent au grillage. La température étant moins élevée dans l'étage supérieur, le minerai s'y dessèche et commence à se griller ; le grillage se termine sur le plan immédiatement au-dessous.

Des trous, pratiqués dans les soles C et B, mettent à volonté les trois étages en communication entre eux, et permettent de faire tomber le minerai d'une sole sur l'autre ; ces trous sont bouchés pendant l'opération avec des plaques en tôle de fer. Les soles B et C sont construites en briques posées de champ ; elles sont horizontales, et la partie inférieure de la maçonnerie, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même épaisseur qu'elles, qui les supporte, est légèrement voûtée; leur longueur est plus grande que celle de la sole où la fusion s'opère, puisqu'elles se prolongent au-dessus du foyer.

Les étages dans lesquels le grillage s'opère, ont chacun deux portes sur un des côtés; l'étage inférieur en présente également deux, mais qui sont différemment disposées. La première, sur le devant du fourneau, sert à retirer les scories, à brasser le métal, etc.; l'autre, sur le côté, est destinée à faciliter la réparation du fourneau. C'est au-dessous de cette porte que le trou de la coulée est pratiqué; il conduit, par un tuyau en fonte qui y est adapté, le métal fondu dans une fosse pleine d'eau.

La longueur et la largeur de ce fourneau sont à peu près les mêmes que celles du fourneau de fusion ci-dessus décrit; sa hauteur est d'environ 4 mètres : on le charge au moyen d'une ou deux trémies.

Fourneau de rôtissage.

En général, ces fourneaux sont semblables à ceux qui sont destinés au grillage; mais dans l'usine de MM. Vivian, à Haford, ils offrent une particularité assez remarquable : c'est une disposition qui a pour but d'introduire un courant continu d'air chaud sur le métal impur, de manière à faciliter l'oxidation.

L'accès de l'air a lieu par un canal *b* (fig. 4), pratiqué longitudinalement dans le milieu de l'autel; il communique avec l'air extérieur par ses deux extrémités *b*; des canaux semblables *b'*, embranchés à angle droit dans les premiers, introduisent l'air échauffé dans le fourneau.

Cette ingénieuse modification aux fourneaux ordinaires, produit dans l'opération du rôtissage plusieurs effets très heureux : elle favorise l'oxidation des métaux, brûle la fumée, et détermine aussi la combustion du soufre; enfin, en diminuant la température de l'autel, elle rend plus uniforme la température du fourneau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fourneau d'affinage.

Ces fourneaux sont analogues à ceux de fusion ; mais leur sole est inclinée vers la porte du devant, afin que le cuivre puisse se rassembler dans une fosse circulaire creusée sur la partie antérieure de ce fourneau, et d'où on le puise avec des poches, tandis que dans les fourneaux de fusion, le métal coule par un canal pratiqué sur le côté. La sole est faite en sable ; la voûte doit être plus élevée que celle du fourneau de fusion ; sa hauteur varie de $0^m,8$ à 1 mètre. Si la voûte du fourneau d'affinage était trop surbaissée, l'air incomplétement brûlé, passant en plus grande quantité sur le métal, déterminerait par son contact une couche d'oxide à la superficie ; oxide dont une partie se répand dans la masse et rend le cuivre cassant ; quelquefois même la couche oxidée se crevasse, le cuivre liquide coule par les fentes et se répand à la partie supérieure. Lorsque cet accident, que l'on désigne en disant que le *cuivre monte*, se présente, on n'a d'autre moyen que de faire subir un nouvel affinage, et l'on ajoute du plomb métallique, afin qu'il s'empare de l'oxigène combiné au cuivre.

La porte latérale de ce fourneau est très large, et se ferme au moyen d'un contre-poids. Nous décrirons plus bas un fourneau d'affinage employé à Séville. Le procédé d'affinage suivi dans cette ville a été indiqué dans l'article Cuivre, et avec plus de détails dans un supplément du vol. VIII.

Fourneau de chaufferie.

Ce fourneau est destiné à échauffer les lingots de cuivre qui doivent être laminés, ainsi que les feuilles de cuivre ; il est beaucoup plus long que large ; la sole est horizontale, la voûte peu surbaissée. Une seule porte pratiquée latéralement doit, pour la facilité du service, s'étendre dans presque toute la longueur du four ; elle se meut verticalement à l'aide d'un contre-poids.

Le minerai que l'on traite dans les usines du pays de Galles, est composé à peu près à parties égales de sulfure de cuivre et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de sulfure de fer. Outre ces pyrites, il contient accidentellement en proportions variables du sulfure, de l'arsenic, et des oxides de l'étain terreux.

Les procédés suivis dans les usines de ce pays, consistent en une série de grillages et de fusions alternatives que nous rappellerons ici :

1°. Grillage du minerai (*calcination of the ore*).

2°. Fonte du minerai grillé (*melting of the calcined ore*).

3°. Grillage de la matte ou métal brut (*calcination of the coarse métal*).

4°. Fusion de la matte grillée (*melting of the calcined corse metal.*)

5°. Grillage de la deuxième matte ou métal fin, produit de la quatrième opération (*calcination of the fine metal*).

6°. Fonte de la deuxième matte grillée (*melting of the calcined fine metal*).

7°. Rôtissage du cuivre noir ou cuivre brut, produit de la sixième opération (*roasting of the coarse copper*).

Dans quelques usines le rôtissage se répète 4 fois, alors on fait un grillage et une fonte de moins.

8°. Raffinage de cuivre (*refining* ou *toughtening*).

Deux autres opérations deviennent souvent nécessaires dans le cours du travail, ce sont :

1°. La refonte de la partie des scories de la deuxième opération qui retiennent des grenailles métalliques.

2°. La fonte à part des scories de la quatrième opération : celle-ci, qui n'a pour but que de rapprocher les parties de cuivre que les scories contiennent, ne s'exécute pas dans toutes les usines (1).

(1) On trouvera beaucoup de détails intéressans sur les travaux métallurgiques du cuivre, dans un Mémoire publié en 1823, dans les *Annals of philosophy*, par M. John Vivian, l'un des propriétaires de l'usine de Haford, et dans un ouvrage plus récent de MM. Dufresnoy et Élie de Beaumont, auquel le premier a fourni plusieurs documens. (*V.* les Annales des Mines, 1825.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Description du fourneau à affiner le cuivre en usage à la fonderie de Séville (Espagne).

Fig. 1, Pl. 34. — *Plan horizontal du fourneau*, passant par la ligne *ah*, de la coupe fig. 3.

a, Sole du fourneau.

1, 2, Talus du bain métallique.

b, Petit trou ou regard, pratiqué au niveau du bain métallique, pour voir la marche du feu.

c, *c*, *c*, Coupelle en charbonnaille pour recevoir le cuivre qu'on veut convertir en rosette après l'affinage. Celle du milieu communique aux deux autres par des rigoles.

d, *d*, Petite cheminée qui débouche dans la botte V de la fig. 3.

e, Porte du fourneau, qu'on lève et qu'on ferme par le moyen de la bascule *r*, *r*, fig. 2

f, Emplacement de la tuyère du soufflet.

g, Grille de la chauffe du fourneau.

h, Autel du fourneau.

i, Cendrier qui s'étend jusque dessous la grille.

k, Porte de la chauffe, par où l'on jette le combustible. On la lève par la bascule *r'*, fig. 2.

m, *m*, Petites cheminées ou carneaux de 6 pouces en carré, par où s'échappe la fumée.

p, Soufflet. Il doit être très fort.

q, Treuil servant à faire aller le soufflet par le moyen du levier vertical *t*, fig. 2.

s, *s*, *s*, Support du treuil qui fait aller le soufflet.

R, Bascule du treuil, chargé d'un poids *u*, avec laquelle s'assemble la tringle *t'*, fig. 2.

y, Évent.

Fig. 2. — *Élévation.*

e, Porte du fourneau.

c, Massif dans lequel sont pratiquées les trois coupelles *c*, *c*, *c*, fig. 1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

e', Porte de la chauffe.

r'. Bascule de cette porte.

rr, Bascule de la porte principale du fourneau.

p, Soufflet chargé d'un poids *p'*.

q, Treuil d'*idem*, dans lequel passe une barre de fer plat *t*, assujettie à la partie inférieure du soufflet.

t, Levier qui passe dans le treuil, par le moyen duquel on met le soufflet en mouvement.

s, *s*, *s*, Support du treuil.

V, Hotte du fourneau.

Fig. 3. — *Coupe.*

a, Surface du bain métallique.

w, Bain métallique.

x, Charbonnaille dans laquelle ce bain est creusé.

x', Massif en argile sur lequel repose la charbonnaille.

y, *y*, *y*. . . Event pratiqué sous la sole du fourneau.

z, Event pratiqué dans la maçonnerie.

o, Trou par où se fait la coulée dans les coupelles *c*, *c*, *c*.

m, Petite cheminée ou séparal, par où s'échappe la fumée; l'on n'en voit qu'un dans cette coupe, cependant il y en a deux. L'autre est vis-à-vis, et situé de la même manière par rapport au trou de coulée.

d, Petite cheminée projetée en *dd*, fig. 1; elle débouche dans la hotte V.

h, Autel du fourneau.

g, Grille de la chauffe; elle doit présenter autant de vide que de plein. (*V.* l'article Cuivre et le *Supplément* du vol. VIII.)

Nota. L'intérieur du fourneau et de la chauffe est construit en briques réfractaires.

Fourneau à cristal.

Dans l'article Cristal, on trouvera tous les détails relatifs à la fabrication et à la taille des cristaux, nous ne donnerons ici que la désignation, par n^os^, des diverses parties du fourneau dans lequel a lieu la fusion des matières premières, préparées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et dosées convenablement. (*V.* la Pl. 35 des *Arts chimiques.*)

N° 1. Trou par lequel les braises allumées tombent dans le cendrier.

2. Cendrier ou brasier.

3. Pierres du fond du brasier ou cendrier.

4. Encaissement de deux pouces au fond du four, pour retenir les scories des cendres vitrifiées, que l'on tire après la fonte par le trou 1.

5. Porte par laquelle on nettoie la sole des cendres qui s'y accumulent.

6. Ouvertures par lesquelles on met les pots, et d'où on les détache quand on veut les changer pour en remettre de neufs ou remplacer seulement ceux qui sont cassés, ou qui se sont usés à force de serrir.

7. Briques massives, pierres de siége destinées à soutenir les pots.

8. Pots figurés à leur place.

9. Trous par lesquels passe la flamme du four pour échauffer les chambres et galeries à recuire le cristal.

10. Portes des chambres à recuire, ou refroidir le cristal lentement.

11. Chambres à recuire les grandes pièces et celles que l'on a laissées épaisses pour les tailler à grandes saillies.

12. Galeries à recuire le cristal, avec les bancs de fer sur lesquels coulent les ferrasses, ou supports des pièces de cristal.

13. Barres de fer très fortes pour retenir les murs du fourneau.

14. Pierres devant les ouvreaux, sur lesquelles se posent les couvercles et les lunes des ouvreaux. Les lunes sont des plaques de terre rondes par le haut, perforées d'un trou rond au milieu, et les plaques pleines sont des espèces de couvercles que l'on met devant les ouvreaux des souffleurs, pour empêcher la flamme de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sortir pendant la fonte; on met aussi sur ces pierres des chenets en fer, sur lesquels les souffleurs reposent leurs cannes en fer à cueillir la matière; on les fait entrer dans le four, afin de les échauffer préalablement, par les trous marqués 16, lorsqu'on veut de nouveau cueillir le cristal.

15. Ouvreaux : les uns sont ronds et servent aux ouvreurs ou maîtres verriers; ceux qui ont une forme elliptique servent aux souffleurs.

16. Trous dans lesquels les souffleurs font chauffer le bout de leurs cannes à souffler le verre.

17. Trou que l'on pratique aux grands fours pour donner de l'air à la flamme au milieu du four. On n'en fait pas dans les fours à douze ou seulement à huit pots.

18. Cendrier où les braises tombent.

19. Trou par lequel on met les *billettes* (bois de chauffage fendu et séché.)

La maçonnerie des fours à cristal est de cinq espèces :

m^1, En pierres ordinaires, ou si l'on veut en briques et mortier ordinaires, avec le mortier ordinaire en chaux et plâtre.

m^2, Il faut dans les endroits indiqués par cette marque, de la brique ordinaire cimentée avec le mortier fait d'argile cuite ou ciment de pots, mêlé avec de l'argile crue; c'est la même composition que la brique.

m^3, Briques cuites, ou pierres factices d'argile très réfractaire. On appelle *ciment* ces briques pilées, dont on mêle 3 parties avec 2 parties d'argile.

Les pierres de siége 7, 7, sont faites avec de l'argile bien épluchée, comme pour les pots; mais on y emploie le ciment plus gros que pour les pots.

Les pierres un peu éloignées du feu sont composées de même, mais avec la terre séparée de l'argile neuve qu'on a épluchée pour les pots et les pierres de siége. Cette dernière qualité est employée dans la construction aux endroits dési-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gnés m^3; on se sert aussi, pour le tour du four, d'une quatrième espèce de briques ou *pierres*, qui sont faites avec moitié sable et moitié argile réfractaire. La marque qui indique ces briques est m^4.

La cinquième qualité de maçonnerie m^5, est celle des épluchures de la dernière, quand on la pile pour faire le mortier, et elle sert seulement à garnir le haut du four, afin qu'il garde mieux la chaleur.

Fourneaux de laboratoire.

Ces fourneaux sont construits le plus généralement en *terre;* ils sont armés de cercles à vis et de bandelettes en fer pour les soutenir et prévenir les dégradations que les fréquentes variations de température et les chocs auxquels ils sont exposés, ne manqueraient pas de causer.

On emploie divers mélanges de terres réfractaires pour fabriquer les fourneaux de laboratoire ; le CIMENT de briques de Bourgogne ou les tessons de tourilles et de différens vases en GRÈS, ou encore l'argile plastique (*glaise*) calcinée et réduite en poudre grossière; l'une quelconque de ces matières, mêlée avec la moitié de son poids de glaise séchée, puis détrempée en mortier clair, forme une pâte dure qui, pétrie le mieux possible, est très convenable pour en former des fourneaux portatifs. Voici comment on s'y prend pour construire ces petits fourneaux : on saupoudre avec du ciment une planche (un peu plus grande que la base du fourneau, que l'on veut faire), mobile avec le plateau qui la porte sur un axe vertical; on pose dessus une boule plus ou moins grosse de la pâte ci-dessus indiquée ; on l'aplatit en un cercle ou sous toute autre forme que l'on veut donner à la base du fourneau, et l'on élève la paroi latérale en soudant tout autour du plateau, par pétrissage, des boulettes alongées de la pâte terreuse. Le mouvement de rotation que l'on imprime au plateau qui supporte, facilite l'érection de toutes les parties sans que l'ouvrier quitte sa place. Lorsque le fourneau est élevé à la hauteur totale ou à celle de la première assise, on découpe les portes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du foyer, du cendrier, et lorsqu'il y a lieu celles des regards, à l'aide d'une lame mince de couteau; on saupoudre la superficie de la coupure, ainsi que toute celle du fourneau, avec du ciment tamisé fin. Si l'on veut que le fourneau soit divisé en plusieurs assises, il faut élever chacune d'elles à part, en ayant le soin de les faire de même dimension que l'assise inférieure, pour un égal degré d'humidité, afin que le retrait pendant le séchage et la cuisson étant égal, les assises séparées puissent se rapporter exactement les unes sur les autres.

Le séchage des fourneaux doit s'opérer très lentement, afin que leurs dimensions étant diminuées dans tous les sens, ils puissent se resserrer sur eux-mêmes sans déterminer de fentes. A cet effet, on ne laisse d'abord qu'un faible renouvellement d'air dans l'endroit où les fourneaux commencent à se dessécher. Si l'on voulait hâter la dessiccation sans courir le risque de faire fendre, on y parviendrait en frappant deux ou trois fois par jour, à petits coups répétés, sur toutes les faces du fourneau, avec une légère palette en bois, après l'avoir saupoudrée de ciment.

On complète la dessiccation en allumant du feu dans un Calorifère qui envoie de l'air chaud dans la pièce où sont les fourneaux (*V.* Étuve), ou mieux encore en ouvrant un registre qui amène à volonté dans cet endroit l'air échauffé du four à cuire. (*V.* l'article Poteries.) Lorsque les fourneaux paraissent complètement secs, ce qu'il est facile de reconnaître à leur aspect et au son qu'ils rendent en les frappant, il faut les faire cuire : Pour cela, on les range dans un four à poterie ordinaire, et très rapprochés les uns des autres, afin d'en faire cuire le plus possible avec la même quantité de combustible. On élève peu à peu la température, afin que le retrait s'opère lentement; et lorsque la masse des fourneaux a acquis la température rouge-clair, on ferme toutes les issues, et on laisse refroidir.

Avant de faire usage des fourneaux, il faut les garnir des cercles à vis en fer et bandelettes, placés dans les positions indiquées par les figures. Nous ne décrirons ici que les principaux fourneaux en usage dans les laboratoires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 1, Pl. 36 indique par une élévation un petit fourneau arrondi dont on se sert fréquemment pour chauffer à feu nu ou dans un bain de sable des ballons, cornues, capsules, etc. La coupe des parois intérieures est tracée par des lignes ponctuées. *a*, porte du cendrier; *b*, porte du foyer; *e*, entailles qui laissent des issues aux produits de la combustion lorsqu'un vase porte sur les bords supérieurs du fourneau.

La fig. 2 indique la construction d'un fourneau à *réverbère* ou à *dôme*, divisé en trois assises. Ses formes intérieures sont dessinées par des lignes ponctuées. Les lignes noires larges marquent les cercles et toute l'armature en fer. A, première assise du fourneau, contenant le foyer *a*, le cendrier *b*, leurs portes correspondantes, et la grille *d* ou *d'*, en terre ou en fer, qui les sépare. D, deuxième assise, dite *hausse* ou *laboratoire* du fourneau, posée sur les bords supérieurs de la première assise et soutenant le dôme E; ce dôme, ouvert au milieu de la partie supérieure d'un trou circulaire, laisse passer les gaz de la combustion, et réfléchit le calorique sur la cornue disposée comme l'indique la figure *a*, sur tout autre vase placé dans le foyer du fourneau. *f*, barres de fer servant à supporter la cornue; *i*, échancrures en demi-cercle faites, l'une dans la *hausse*, l'autre dans le dôme, pour laisser un passage au col de la cornue. Si l'on veut chauffer un creuset, on le place sur un cylindre en terre réfractaire (dit *tourte* ou *fromage*) soutenu par la grille.

On place quelquefois sur le dôme, pour activer le tirage et augmenter la température, en brûlant plus de charbon dans le même temps, un tuyau de 34 à 68 centimètres de longueur. En général, les opérations que l'on fait dans ces fourneaux nécessitent l'emploi de cornues réfractaires, en terre à CREUSET ou en grès, de tubes en porcelaine, de creusets en platine ou en argile réfractaire. Lorsque l'on veut obtenir une température plus élevée encore, on fait usage du *Fourneau de forge* ci-après décrit.

Fourneau de forge. La fig. 3 indique par une coupe verticale ce fourneau, que dans les laboratoires on construit ordinairement à l'un des bouts de la *paillasse* (dallage à hauteur d'appui, sur lequel sont posés les fourneaux et montés les APPAREILS).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est fait en briques très réfractaires et bien jointes, qui doivent supporter le feu à nu. La disposition suivante, que j'ai ménagée dans le *Fourneau de forge* d'un laboratoire, m'a semblé fort commode. On pose, dans le fourneau en briques, un revêtement de même forme fait en terre à CREUSETS. Cette doublure résiste plus à l'action du feu, et peut d'ailleurs facilement être remplacée par une autre lorsqu'elle est usée. Elle présente d'autres avantages, ainsi que nous le verrons plus bas.

Le fourneau de forge est alimenté de tout l'air utile à la combustion du charbon qu'il renferme, par un soufflet P, à l'aide d'un tuyau de communication qui s'engage sous le foyer; un disque en terre *a*, percé de six à huit trous et porté par un pied *b*, sert à diviser le vent en six ou huit jets. On allume le charbon dans l'espace intérieur *c*, après avoir disposé le creuset sur une *tourte* ou *fromage* (cylindre en terre à briques) qui repose sur la grille.

On peut augmenter les dimensions de ce fourneau afin d'y opérer plus en grand, en enlevant le manchon *h* et surmontant l'espace circulaire agrandi d'une hausse *i*; enfin on accroîtra l'intensité de la chaleur en plaçant un dôme sur cette hausse. Le soufflet doit être assez puissant pour que dans les petites opérations, on soit obligé de modérer le vent qu'il donne, à l'aide d'un robinet M; celui-ci sert encore à intercepter toute communication entre le fourneau et le soufflet lorsque l'opération est achevée : par là on évite que le feu n'aille altérer le soufflet. Lorsque le fourneau est agrandi, on donne, en tenant le robinet ouvert, la quantité de vent nécessaire pour brûler du COKE et fondre d'assez grandes quantités de bronze, de cuivre, et même de fer. Il faut prendre d'autant plus de précautions en échauffant et laissant refroidir par degrés le creuset, que ce vase est plus grand. On le maintient sur la tourte au moyen d'un lut infusible.

Les fig. 4 et 5 indiquent les formes d'un fourneau de coupelle, dont les parties intérieures sont tracées par des lignes ponctuées. On voit les assises séparées les unes des autres dans la fig. 7; les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux figures. *a*, cendrier entaillé à la partie supérieure pour recevoir le foyer quadrangulaire ; une grille en terre réfractaire *b*, percée de trous carrés, est soutenue à la partie inférieure du foyer par le rétrécissement des parois latérales ; *c* indique une des portes du foyer. Il y en a deux autres semblables : *d* fait voir la porte d'une petite caisse bombée appelée *moufle*, et destinée à contenir les coupelles dans lesquelles on place les matières à essayer. La moufle est soutenue sur le devant par une saillie de la paroi intérieure, et de l'autre bout par une brique réfractaire qui passe au travers et est assujettie dans l'ouverture du fourneau avec du mortier. (La fig. 6 fait voir une moufle de face et de côté.) Une tablette *h*, qui fait corps avec le fourneau, sert à éloigner et approcher à volonté la porte *i* de la moufle. Les trous *l*, fig. 4, correspondans aux deux côtés de la moufle, servent à faire tomber le charbon dans l'intérieur du fourneau à l'aide d'une tige en fer. Un *gueulard* M, fermé avec une porte en tôle remplie de terre, sert à charger le charbon ; à cet effet on enlève la porte, et on la replace à volonté au moyen d'une poignée détachée R, dont le bout en fer applati et recourbé s'engage dans une sorte d'anse fixée sur cette porte. On emploie quelquefois pour le même objet un double crochet, emmanché, qui entre dans deux pitons fixés sur la porte. La cheminée *ss* du dôme est ordinairement surmontée d'un tuyau qui augmente la force du tirage.

Le fourneau elliptique de MM. Anfry et D'Arcet, d'une dimension moins grande que le précédent, exige moins de combustible pour chaque essai ; la fig. 7 représente ce fourneau en plan et en élévation. La première assise creuse *a*, munie d'une ouverture circulaire *b*, pour donner accès à l'air, supporte une deuxième assise cylindrique contenant le cendrier *c*, la grille en terre *d*, et le foyer *e* ; une petite ouverture transversale *i* sert à dégager la grille des cendres qui l'obstruent de temps à autre ; *f*, moufle assujettie avec un peu de lut argileux, dans une rainure pratiquée à la paroi du fourneau ; *g*, porte de la moufle ; *h*, avant-corps du fourneau en forme de tablette, pour éloigner la porte à volonté ; *k*, dôme qui forme la troisième pièce du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fourneau, et dans lequel une ouverture *i* est pratiquée pour introduire le charbon en petits fragmens. Un obturateur *l* s'adapte à cette ouverture, en augmente le tirage à l'aide d'un tuyau en tôle d'un mètre de longueur environ, que l'on adapte sur le dôme. Lorsque l'on veut élever davantage encore et plus rapidement la température, on adapte au cendrier un tuyau P, que l'on fait communiquer avec le soufflet d'une forge ou celui d'une lampe d'émailleur, et l'on ferme hermétiquement la porte du cendrier.

Les fourneaux de coupelle ne servent guère qu'à séparer l'or et l'argent du cuivre et du plomb, et à oxider ou désoxider certains métaux. (*V.* les articles COUPELLATION et ESSAI.)

On se sert encore, dans les laboratoires de chimie, d'un fourneau dans lequel la température, un peu moins élevée que dans le fourneau de forge, y est plus également soutenue parce que le tirage y est plus uniforme. C'est le *fourneau à vent*. Il est rectangulaire, et surmonté d'une très haute cheminée qui procure un tirage considérable ; une porte, pratiquée à sa partie supérieure, permet d'y introduire du charbon au fur et à mesure que la combustion en détruit.

J'ai employé, avec beaucoup d'avantage, un fourneau d'une construction particulière, et qui peut, dans un petit laboratoire, remplacer plusieurs sortes de fourneaux La fig. 8 le représente : sa forme est analogue à celle des fourneaux évaporatoires ordinaires. Il renferme des cônes creux tronqués, au moyen desquels on peut rétrécir à volonté la grandeur du foyer et économiser le combustible dans le chauffage de plus petits vases. Son couvercle AB peut également, à l'aide de disques coniques qui se placent à volonté concentriquement les uns dans les autres, présenter des ouvertures de plusieurs diamètres susceptibles de supporter des bains de sable, capsules, cornues, etc., de diverses grandeurs.

Ce fourneau peut se subdiviser en plusieurs fourneaux, soit en plaçant isolément sur des grilles les cônes creux concentriques, soit en les disposant deux l'un sur l'autre, avec une grille entre deux, comme l'indique la fig. 9.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En plaçant sens dessus dessous, sur les bords du fourneau, le couvercle C, qui offre la plus grande ouverture, et posant dessus le plus grand cône creux renversé de même, on aura un foyer dont la hauteur des parois sera plus que double, et la forme du fourneau à réverbère très convenable pour obtenir une température élevée ; on augmentera celle-ci facilement, en surmontant le cône d'un tuyau élevé; enfin, l'on rendra la chaleur plus intense encore, en introduisant dans le cendrier le tuyau d'un soufflet de forge, et bouchant les issues autres que celle de la cheminée.

Il est fréquemment utile de chauffer des capsules et des cornues en porcelaine, des ballons ou des cornues en verre aux températures les plus élevées qu'ils puissent supporter dans les divers fourneaux que nous avons décrits, et l'on risque en les échauffant ou les laissant refroidir, de les voir se briser. Je suis parvenu à diminuer beaucoup ces chances d'accidens, sans obliger à aucune précaution minutieuse, en plaçant ces vases dans des *têts à rôtir* hémisphériques, qui, s'échauffant et se refroidissant avant le vase fragile qu'ils contiennent, le garantissent des changemens brusques de température. Ce moyen me paraît plus commode et plus sûr pour de petites expériences, que le lutage ordinaire.

Fourneaux de cuisine et d'économie domestique. Toutes les opérations de l'art culinaire et d'autres de l'économie domestique, n'exigeraient pas de moyens de chauffage sensiblement différens de ceux que nous avons exposés relativement à tous les Arts industriels, soit dans les articles spéciaux, soit dans les généralités et les détails des articles Chaleur, Chauffage, Vapeur, Combustible, Calorifères, Étuves, Fourneaux, etc., si les préjugés et les habitudes ne s'opposaient à l'emploi du coke ou de la houille, et encore si ces opérations n'étaient souvent trop petites, ou ne devaient être trop promptement terminées, pour que l'on pût y appliquer les méthodes les plus économiques en d'autres circonstances. Déjà dans les articles Caléfacteur, Cuisine salubre, nous avons indiqué des constructions et ustensiles avantageusement applicables à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

préparation des alimens. Nous complèterons ces données en décrivant ici les fourneaux les plus en usage en France, et que l'on connaît sous le nom de leur auteur, M. Harel.

Fourneau potager. On désigne ainsi le fourneau principalement destiné à préparer le potage dit *pot-au-feu;* les fig. 10 et 11 de la Pl. 36 le représentent en coupes et en élévation. Ce fourneau AA est fait en *terre* préparée comme nous l'avons indiqué plus haut pour les *Fourneaux de laboratoire;* on peut l'armer d'une enveloppe cylindrique B, B en tôle, en remplissant de plâtre gâché serré avec de la terre, l'espace *aa* compris entre l'extérieur du fourneau et cette enveloppe. Cette disposition garantit la terre fragile du fourneau contre les chocs accidentels, et conserve mieux la chaleur. On obtient le même effet plus commodément encore, en encastrant ce fourneau potager dans la maçonnerie d'un système de fourneaux de cuisine, ainsi que nous l'avons indiqué à l'article CUISINE SALUBRE. C, cendrier dont l'ouverture se ferme en partie ou totalement à l'aide d'une porte en *terre cuite;* D, foyer à la partie inférieure duquel une saillie circulaire soutient une grille en terre, ou mieux en tôle percée de trous. La porte en terre d' peut fermer en partie ou complètement le foyer, et une cafetière en fer-blanc d'' (fig. 12), dont la partie antérieure présente la même forme que cette porte, peut la remplacer et chauffer promptement le liquide qu'elle renferme lorsque le feu est allumé. *ee*, saillie circulaire faisant corps avec le fourneau, sur laquelle les parois de la marmite venant s'appliquer, il ne reste qu'une seule issue en *g* (où cette saillie est entaillée) aux produits de la combustion. e', e', troisième saillie circulaire, entaillée comme la précédente, mais du côté opposé en g', d'une ouverture pour les produits de la combustion. *h*, trou rond par lequel s'échappent les gaz ou l'air brûlé. On conçoit que les sinuosités que parcourent les produits de la combustion autour des parois de la marmite, multiplient leurs points de contact avec ces parois, et permettent de les dépouiller d'une plus grande partie de leur chaleur.

La fig. 13 représente la marmite, qui s'adapte à volonté

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce fourneau; elle est en *terre vernissée* ou en cuivre étamé. Dans le premier cas, elle est préférable pour préparer le bouillon, auquel elle ne communique aucun goût; dans le second, elle chauffe mieux, et s'emploie utilement à faire chauffer de l'eau ou d'autres liquides, lorsque le bouillon est fait, ou que l'on n'en prépare pas.

La forme de cette marmite n'exposant que la partie conique de ses parois à l'action directe du feu, on peut n'y mettre d'eau que jusqu'à cette hauteur; en sorte qu'un pot-au-feu plus ou moins grand entre la capacité totale et celle de la portion conique y peut être apprêté. Lorsque toute la capacité n'est pas remplie, on peut faire entrer jusqu'à quelques lignes de la superficie du pot-au-feu un vase en fer-blanc B, dans lequel la température, entretenue par la vapeur du bouillon, est utilisée pour faire cuire différens légumes, des viandes à l'étouffée; et un second vase C peut être placé sur le premier et recevoir encore assez de chaleur pour faire cuire des légumes tendres; enfin une enveloppe D, E, F, en fer-blanc, qui peut être à doubles parois *concentriques* (*V.* la fig. 14), afin de mieux arrêter la chaleur, recouvre tout ce système et retarde le refroidissement. Elle est séparée, en deux capacités inégales, par un diaphragme GF. Dans la position indiquée par la fig. 15, la plus petite capacité peut être assez échauffée pour être utile à quelques préparations culinaires, telles que celle dite *œufs au lait*. Mais si le vase B est seul placé sur la marmite, ou que celle-ci ne soit recouverte d'aucun vase, on doit retourner l'enveloppe, et alors sa plus grande capacité peut être employée à la cuisson de différens légumes (1).

Le même fourneau que nous venons de décrire peut servir de *poêle* ou *calorifère*, sans qu'on y fasse la cuisine; dans ce cas la marmite est remplacée par une capsule en tôle (fig. 15 *bis*), qui

(1) Tous les détails utiles au service que l'on peut tirer de ces pièces pour apprêter divers mets, sont exposés clairement dans une petite brochure que M. Harel remet aux acheteurs de ses fourneaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

répand dans l'air circulant, près de ses parois intérieurs, la chaleur que le combustible lui transmet.

Fourneau à papier. M. Harel a donné ce nom à un petit fourneau en tôle mince dans lequel on peut, en quelques minutes, faire chauffer des liquides, cuire des œufs, une côtelette, etc., à l'aide de deux ou trois feuilles de papier; la coupe et l'élévation (fig. 16) indiquent suffisamment cette construction; le fond AD du fourneau est perforé de trous. Pour donner accès à l'air, la fumée du papier ou plutôt la flamme va frapper sur toute sa surface le fond plat d'un vase C en fer-blanc, tournant à charnière du côté opposé aux deux manches D, qui sont adaptés à chacune des parties. Les produits de la combustion sortent par des trous *e, e,* percés près des bords supérieurs du foyer; ils passent dans la double enveloppe et sortent par des petites fentes *e'*, *e'*, longitudinales pratiquées dans l'enveloppe extérieure. Lorsque l'objet que l'on fait ainsi chauffer ou cuire est solide (une côtelette, par exemple), on expose à la flamme, pendant trois minutes, l'une des faces du vase C, on le retourne, on laisse, pendant le même temps, l'autre face exposée au feu, et la coction est opérée.

Four de campagne. Cet ustensile de cuisine, décrit plus haut à l'article Four, a été modifié utilement par M. Harel, ainsi qu'on le voit dans la coupe (fig. 16 *bis*). Il a élevé la calotte intérieure, et laissé un espace entre les parois latérales de la calotte et l'enveloppe extérieure; en sorte que les cendres chaudes qui s'y introduisent maintiennent, avec celles contenues sur la partie supérieure, une température plus élevée et plus égale.

Fourneau à repasser (fig. 17). C'est un fourneau rectangulaire dont les parois A du foyer sont inclinées, de manière à renvoyer vers les fers le calorique qu'elles reçoivent du combustible; un couvercle mobile B est échancré, de manière à ce que la poignée soit garantie de la plus grande partie de la chaleur émanée du fourneau, en même temps que ce couvercle produit l'effet d'éviter une grande partie de la déperdition qui a lieu dans les fourneaux de cette espèce lorsqu'ils sont à découvert.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fourneau à pâtisserie. Ce fourneau est analogue à celui que nous avons décrit à l'article CUISINE SALUBRE ; mais étant construit sur de petites dimensions, il est portatif; son usage est plus répandu dans la classe la plus nombreuse, et il est même fort commode pour les gens riches, qui peuvent le transporter à leur campagne. Les fig. 18 et 19 le représentent : la première en coupe verticale sur la largeur ; la deuxième en coupe horizontale sur la longueur ; la troisième en coupe par un plan parallèle à la première, mais qui passe sur le côté dans les conduits de la fumée, et la quatrième en élévation sur la partie antérieure. A, porte du foyer ; A′, foyer dans lequel on brûle du bois, mais qui pourrait brûler du coke, à l'aide d'une grille ; B, ouvreau au fond du foyer, par lequel la flamme passe dans les premiers carneaux C, C, puis de là dans les deuxièmes carneaux E, E, et par-dessus la voûte du four, pour se rendre enfin dans le tuyau de cheminée F.

G, porte du four par laquelle on introduit tous les objets que l'on se propose de faire cuire ; H, four en tôle posé sur un carrelage en briques, soutenu par une feuille de tôle forte, coudée; les parois latérales inférieures de ce four sont garnies de carreaux minces en terre cuite, qui modèrent l'excès de température que détermineraient les premiers carneaux correspondans à cette partie du four; J, briques en terre formant les murs extérieurs du four, recouvertes d'une chemise en tôle K, qui consolide tout l'ensemble de la construction. On peut préparer, à l'aide de ce fourneau, diverses pâtisseries et la plupart des alimens *cuits au four.*

FOURNEAU *à la Wilkinson.* *V.* FONTE.

FOURNEAU *à oxider.* *V.* OXIDES (*Préparation des*).

FOURNEAU *à désoxider.* *V.* OXIDES (*Réduction des*).

FOURNEAU *de forge.* *V.* FORGE, FONTE.

FOURNEAUX *fumivores.* *V.* PYROTECHNIE, article dans lequel nous indiquerons les moyens d'allumer, d'entretenir et d'interrompre ou d'éteindre, le plus économiquement possible, le feu des différens combustibles. (*V.* , comme complément de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cet article, les mots CHALEUR, CHEMINÉES, CALORIFÈRES, ÉTUVES, COMBUSTIBLES, etc.) P.

FOYER DE CHEMINÉE (*Architecture*). C'est la partie de l'âtre qui est entre les deux jambages d'une cheminée; elle est ordinairement pavée en grands carreaux de terre cuite ou en pierre; on y pratique aussi un carrelage en pièces de marbre de diverses couleurs, ou en carreaux de faïence. Cette construction n'offre rien qui mérite d'être décrit.

On donne encore le nom de *foyer* à une pierre, ou pièce de marbre, d'environ 13 à 16 décimètres (4 à 5 pieds) de long, et de largeur arbitraire, que, pour la propreté, on scelle en avant de l'âtre : c'est ce qu'on décrit ordinairement sous le nom de *foyer en marbre, ou en pierre.* Cette pièce fait saillie en avant de la cheminée, et se trouve au niveau du parquet ou du carrelage. FR.

FRAIS (*Commerce*). Ce mot s'entend de toutes les dépenses que le producteur ou le négociant est obligé de faire pour livrer une marchandise à la consommation : ces frais, aussi bien que les impôts, droits de courtage, etc., s'ajoutent au prix de fabrication; et, sans accroître les qualités intrinsèques de l'objet, augmentent sa valeur. Ces dépenses doivent être prévues d'avance dans les spéculations commerciales, ou dans toute entreprise manufacturière. *V.* le mot CALCUL, où ce sujet a été traité. FR.

FRAISE. En terme d'art, on donne le nom de *fraise* à un petit outil qui s'adapte à un villebrequin, ou qu'on fait tourner à l'archet, pour évaser ou rendre conique l'entrée d'un trou percé dans du métal ou dans du bois, où l'on a à mettre un rivet ou une vis.

Ces *fraises*, faites du meilleur acier, sont de forme conique et taillées à la lime dans le sens de l'arête du cône. Les dents en sont droites et vives, si l'on doit les faire agir par un mouvement de rotation alternatif; mais elles sont en rochet, si le mouvement de rotation qu'on leur imprime doit être continu.

On appelle aussi *fraises* les pieux en bois plantés autour d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fortification, pour empêcher l'abordage; les lingères donnent le nom de *fraises* à un collet plissé que les femmes et les enfans portent autour de leur cou. E. M.

FRÉGATE. Bâtiment de guerre qui n'a qu'un seul pont couvert, et qui, par son étendue et son importance, vient immédiatement après le vaisseau de ligne. Sa construction ne diffère pas de celle du vaisseau, et son gréement est entièrement pareil au sien. Elle a aussi un *faux pont*, qui est destiné au logement de l'équipage, et des emménagemens tout-à-fait semblables, pour placer divers objets d'armement. Sa batterie est formée de canons d'un même calibre, comme celle des vaisseaux, et ses GAILLARDS sont, de l'avant à l'arrière, sur chacun de ses flancs, garnis de canons et de caronnades.

Les frégates se distinguent les unes des autres par le calibre des canons dont leurs batteries sont armées, et ce n'est que tout nouvellement que l'on vient de faire entrer dans la considération de leurs forces le nombre total des bouches à feu qu'elles portent. On reconnaît communément des frégates de trois sortes, de 12, de 18 et de 24, nombres qui, comme nous l'avons dit, désignent les différens calibres des canons dont la batterie est armée. Aujourd'hui on paraît disposé, à l'instar des Américains, à n'en plus construire que d'une seule espèce, mais sur des dimensions assez grandes pour pouvoir les armer de trente canons de trente dans la batterie, et d'un pareil nombre de caronnades de même calibre sur les gaillards. Cette nouvelle disposition les rendrait en effet propres à une plus longue résistance contre des forces supérieures, et leur offrirait des chances plus assurées de succès dans les engagemens ordinaires.

De tous les navires qui parcourent les mers, la frégate est le bâtiment qui présente le plus d'avantages, et qui est le mieux voilé; elle est remarquable par sa marche, par la vélocité de ses mouvemens et par une infinité de ressources qu'elle offre dans les longs voyages; et c'est à juste titre qu'on la nomme *la reine des mers*.

Dans une armée, les frégates se tiennent sur les ailes des colonnes, ou se portent en avant pour éclairer la marche; dans le com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bat, elles transmettent les ordres sur la ligne, répètent les signaux; et, lorsque des vaisseaux se trouvent désemparés, elles leur donnent la *remorque* pour les tirer du feu, et les empêcher de tomber au pouvoir de l'ennemi.

Dans les expéditions lointaines qui exigent l'emploi de forces considérables, elles sont aussi destinées aux longues croisières et à escorter les flottes marchandes dans les parages où l'on craint des attaques. Sous quelque rapport que l'on considère la frégate, il faut convenir que ses fonctions sont de la plus haute importance, et qu'elle réunit toutes les qualités qu'il est possible de désirer dans un bâtiment de guerre.

Autrefois on était dans l'habitude d'appeler *frégate*, tout navire à trois mâts d'une grande voilure, qui jouissait d'une marche supérieure; mais les marins de nos jours n'accordent ce nom qu'aux bâtimens de guerre qui ne portent pas moins de 42 bouches à feu, dont 26 à batterie.

Les dimensions de la frégate sont naturellement réglées d'après le calibre des canons dont on se propose de former sa batterie, et son *port* varie avec sa grandeur. Les divers *exposans* de sa charge se tiennent, suivant sa capacité, entre les limites de 650 à 850 tonneaux.

Les bâtimens de guerre à trois mâts qui suivent la frégate dans l'ordre descendant, sont appelés *corvettes*; leur destination est uniquement de porter des expéditions dans les colonies, de croiser le long des côtes et d'escorter les convois qui se rendent d'un port à un autre. La corvette est en tout semblable à une frégate, si ce n'est que ses dimensions et sa force sont moindres. Le *tirant d'eau* d'une frégate en pleine charge ne dépasse pas six mètres (18 pieds), tandis que celui de la corvette varie de cinq à cinq mètres et un tiers (15 à 16 pieds). FR.

FREIN (*Technologie*). Le *frein* est un obstacle insurmontable que l'on oppose au mouvement d'une machine, afin de l'empêcher de marcher et la forcer de s'arrêter. On emploie dans les machines des freins construits de tant de manières différentes que nous n'en finirions pas si nous voulions les dé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

crire tous. Nous nous bornerons à donner quelques exemples.

Tout le monde a vu derrière les roues des voitures de rouliers, des pièces de bois qui portent à une extrémité un morceau de bois formant levier du premier genre, mobile sur un axe placé à peu près à moitié de sa longueur, doublé en fer du côté de la roue qu'il embrasse dans une étendue d'environ un demi-mètre; l'autre extrémité des deux leviers est traversée par une vis, dont le bout est engagé dans une pièce de fer qui ne lui permet qu'un mouvement circulaire sans qu'elle puisse ni avancer ni reculer. Lorsqu'on approche d'une descente, on tourne la vis comme pour la faire avancer, mais alors les deux bras de levier sont attirés en arrière, les plaques s'approchent des deux roues, les compriment; elles ne peuvent tourner qu'avec peine, ou bien elles s'arrêtent tout-à-fait. On les dégage en tournant la vis dans l'autre sens, lorsque le danger est passé. Ce sont ces plaques qu'on nomme frein.

L'encliquetage Dobo, que nous avons décrit T. VIII, page 90, donne un second exemple des *freins*. On y voit non-seulement la description de cette ingénieuse construction pour les machines en général, mais les applications heureuses qui en ont été faites aux charrettes et aux voitures, de même qu'à une poulie de puits ordinaire. L.

FREIN (*Arts mécaniques*). Nous avons dit à l'article FROTTEMENT, que si cette résistance est contraire à l'action motrice des machines, dont elle dissipe en pure perte de la force vive, elle est avantageuse aux puissances qui ont pour objet de produire l'équilibre : et comme la résistance due au frottement est proportionnelle à la pression, et indépendante des surfaces et de la vitesse, toutes les fois qu'on voudra arrêter une machine, sans qu'il soit permis de la soustraire à la force qui la meut, il suffira d'augmenter la pression jusqu'au point où le frottement devient égal à la puissance motrice. Nous avons dit qu'on a coutume dans les Arts de supposer que cet état arrive quand la pression est le tiers environ de la force; mais nous avons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donné des preuves que cette résistance varie avec les circonstances où elle s'exerce, et nous avons exposé les moyens précis de la déterminer. On aura ainsi l'avantage de ne pas détruire brusquement le mouvement, ce qui pourrait causer des ravages dans la machine, et d'arrêter peu à peu les pièces en en diminuant successivement la vitesse. L'idée d'employer des FREINS dans de semblables circonstances est donc très simple, et la manière de les disposer pour cet objet ne peut, dans aucun cas, offrir de difficulté.

Mais réciproquement on peut se servir du frottement pour mesurer l'intensité des forces motrices; car si l'on sait, par exemple, que dans l'état où se trouvent les surfaces glissantes l'une sur l'autre, le frottement est le tiers de la pression, il suffira d'augmenter la pression jusqu'à faire équilibre à la force motrice, pour conclure la grandeur de celle-ci, en prenant le tiers de la pression qui la détruit. C'est ce qui a conduit M. de Prony à imaginer une machine propre à mesurer, à l'aide d'un frein, *l'effet utile* d'un arbre tournant. Cette invention est précieuse, parce qu'elle ne suppose pas qu'on connaisse le rapport de la pression au frottement. On pourra aisément se servir de ce frein toutes les fois qu'on aura un arbre tournant mû par une force quelconque, et qu'on voudra connaître de quelle action cet arbre est actuellement capable, c'est-à-dire le nombre de DYNAMIES effectives dont elle dispose. *V.* le mot FORCE, p. 263, où nous avons expliqué tout ce qui se rapporte à l'évaluation des effets des machines.

C (fig. 1, Pl. 27 des *Arts mécaniques*) représente la coupe d'un arbre horizontal tournant autour de l'axe C, sous l'influence d'une action motrice quelconque; cet arbre fait partie d'une machine dont on veut connaître l'effet utile. On a indiqué par une flèche le sens du mouvement. DE, BO est un frein qui embrasse l'arbre C et le serre à volonté par des vis ab, $a'b'$: en a et a' sont les têtes des deux boulons ab, $a'b'$; en b et b' sont des écrous engagés dans des pas de vis, et qu'on serre avec une clef. Les barres DE, BO sont parallèles et égales, de manière à ce que les poids de toutes les pièces (sans le corps M)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se fassent naturellement équilibre autour de l'axe C, c'est-à-dire que leur centre de gravité se trouve sur cet axe. Mais sur l'un des bras DE est un poids additionnel M, qui tend à faire tourner le frein en sens contraire au mouvement imprimé à l'arbre C.

Comme le frottement du frein sur l'arbre C, le retient en exerçant une force de résistance proportionnée à la pression, on suppose que le frein est serré sur l'arbre au degré nécessaire pour que la pression produise un frottement tel que, pendant la rotation de l'arbre, les branches BO, DE du frein restent en repos et horizontales, soutenant ainsi le poids M à une hauteur constante. L'expérience montre qu'un ouvrier armé d'une clef, avec laquelle il attaque l'un des écrous b, b', peut, sans beaucoup d'adresse, serrer ou desserrer le frein jusqu'à ce qu'il arrive à obtenir l'état supposé de repos du poids M soutenu par le seul frottement du frein sur l'arbre tournant. Comme la rotation peut être fort rapide, il convient de garnir la surface du frein qui pose sur l'arbre avec des lames de tôle ou de cuivre, pour prévenir les effets de l'échauffement des matières en contact.

Cet état d'équilibre du poids M une fois obtenu, il est facile d'en tirer l'effet dynamique de la machine, c'est-à-dire le nombre Q de dynamies dont elle est capable, savoir combien de litres d'eau elle peut élever à un mètre de hauteur en un temps donné pris pour unité (tel qu'une seconde, une minute, ou une heure). En effet, soit P le poids du corps M; R la distance de l'axe C de l'arbre à la verticale menée par le centre de gravité de M; r le rayon de l'arbre C. Exprimons par des équations les conditions d'équilibre supposé entre le frottement et le poids P. Prenons les momens de toutes les forces relativement à l'axe C, et observons que les parties du frein ont la somme de leurs momens nulle, relativement à C qui contient leur centre de gravité. Il n'y a d'une part que le poids P dont le moment est PR, et de l'autre, que le frottement exercé à la surface de l'arbre, frottement dont la résistance soutient ce poids en repos. Chaque élément en contact éprouve une pression qui produit sa portion de résistance tangente à l'arbre; et comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les distances de ces résistances à l'axe C sont toutes égales au rayon r de l'arbre, la somme des momens est r fois la somme des frottemens sur les divers élémens, savoir Fr, en désignant par F le frottement total d'où résulte l'équation

$$PR = Fr.$$

Cela posé, concevons qu'on ait observé que durant t unités de temps, l'arbre fait n de tours ; dans chaque unité, il en aura décrit un nombre de tours $= \frac{n}{t}$; le chemin i parcouru dans cette durée par un point de contact du frein, est un égal nombre de circonférences de rayon r, ou $i = \frac{2\pi rn}{t}$: tel est l'espace i parcouru par chaque élément frottant, *dans le temps un*. Or, la machine produit Q dynamies dans cette durée; ce qui revient à dire qu'on peut considérer la force dépensée comme capable indifféremment, ou d'élever Q kilogrammes à 1 mètre, ou de soutenir le poids P par la force F du frottement, telle que l'équation ci-dessus la définit. Ce poids P est remonté par la force F, d'autant qu'il serait tombé sans lui. Chaque élément de contact développe sa part de résistance, en parcourant le même espace i; ainsi, l'effet total Q étant produit par la force F, lui est identique, et est visiblement égal à l'espace i, multiplié par la somme de toutes les résistances, ou par F, savoir, $Q = Fi = \frac{2\pi rnF}{t}$. En substituant ici PR à sa valeur rF, on trouve cette équation, où tout ce qui tient à la considération du frottement a disparu

$$Qt = 2\pi nPR.$$

Pour trouver l'effet utile d'une machine tournante, il ne s'agira, comme on voit, que d'appliquer à son arbre supposé horizontal, le frein de M. de Prony, et de diriger l'expérience de manière à réduire le poids P à rester suspendu en repos sur sa tige horizontale DE, par le seul effet du frottement. On mesurera les quantités P et R, et l'on comptera le nombre n

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de tours que fait l'arbre dans t unités de temps, lorsqu'il est soumis à l'expérience indiquée ; enfin, on substituera pour les lettres, leurs valeurs dans la formule précédente, et l'on aura Q. Si le poids P est rapporté au kilogramme, R au mètre, Q sera le nombre de dynamies ou litres d'eau que la machine doit élever dans la durée prise pour unité du temps t. On désigne ici par π le rapport de la circonférence au diamètre, ou $\frac{22}{7}$, ou plus exactement $\pi = 3,1416$. (*V.* CIRCONFÉRENCE.)

Supposons, par exemple, que l'arbre fasse 18 révolutions dans une minute, et que le frein garde la position horizontale lorsqu'un poids de 70 kilogrammes est placé à $2^m,214$ de l'axe de rotation, on a $t = 1$, $n = 18$, $P = 70$, $R = 2,214$: le calcul donne $a = 17528$. Ainsi, l'effet dynamique de la machine équivaut à élever 17528 litres d'eau à un mètre de hauteur en une minute (ou $17\frac{1}{2}$ grandes dynamies), ce qui fait 292 litres par seconde. S'il est question d'une machine à vapeur dont on demande la force évaluée en chevaux, selon l'usage reçu : comme on est convenu (*V.* CHEVAL) que cet animal est alors censé capable d'élever 80 kilogrammes d'eau à un mètre par seconde, on divisera 292 par 80 ; le quotient 3,65 indiquera que la machine est réellement de la force de 3 chevaux deux tiers.

Prenons encore l'exemple d'un homme agissant sur une manivelle : supposons qu'on ait armé l'axe de rotation horizontal d'un frein chargé de 5 kilogrammes, distans de 96 centimètres de l'axe, et qu'on ait trouvé que la roue fait 12 tours par minute, le poids restant en repos par le frottement. On a ici $P = 5$, $R = 0,96$, $n = 12$, et l'on obtient $Q = 371,9$. La puissance de l'homme agissant sur une manivelle, produit donc l'équivalent de 372 litres d'eau élevés à 1 mètre chaque minute, ou à fort peu près 6 litres par seconde. Et, en effet, telle est la force que peut développer un homme par son action sur une manivelle, continuée durant un travail diurne de 8 heures. (*V.* FORCE.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Consultez un opuscule de M. de Prony, intitulé : *Note sur un moyen de mesurer l'effet dynamique des machines de rotation.* FR.

FRÊNE (*Agriculture*). Le frêne commun (*fraxinus excelsior*), appelé aussi *grand frêne* ou *frêne des bois*, est un des arbres de nos forêts qui offre le plus d'importance, à raison de la bonté et de l'utilité de son bois, de la beauté de son feuillage et de sa rapide croissance dans les terrains légers et humides, où il se plaît principalement. Il s'élève à plus de 26 mètres (80 pieds), et se contente d'une terre peu profonde : les craies et les argiles ne lui conviennent pas. Sa croissance se fait si promptement, même à l'ombre des autres arbres, qu'il ne tarde pas à s'emparer de tout le sol où on l'a planté, jusqu'à ce qu'il l'ait entièrement épuisé de ses sucs nourriciers. On le cultive dans les bois des jardins, dans les forêts, le long des routes, etc. ; les cantharides, les frelons, les fourmis se rassemblent volontiers sur les frênes, et ce n'est pas le plus grand inconvénient que présente cette culture ; car il se laisse facilement attaquer par les vers, ce qui le rend impropre à la charpente et à divers ouvrages.

Le bois de frêne est blanc, veiné, fort uni, très liant, ayant un aubier épais : il fait retraite d'un douzième en se desséchant, et pèse 7 hectogrammes $\frac{1}{4}$ le décimètre cube (50 livres 12 onces le pied cube). On le travaille au tour, pour en faire des manches d'outils, des machines communes, etc. : on peut s'en servir pour des cercles de tonneaux ; les brancards de voitures et diverses pièces de charronnage qui exigent de la force et doivent prendre de la courbure ; les commodes, les coffres, les planches d'armoires, et divers meubles grossiers sont fabriqués en frêne. Ce bois brûle à peu près aussi bien vert que sec, jette beaucoup de chaleur et fait d'excellent charbon. Lorsqu'on coupe souvent les branches de frêne, il s'établit sur le tronc des *loupes* dont les fibres se colorent d'une manière particulière ; c'est ce qu'on nomme du *bouzin*, lorsqu'il est peint artificiellement (*V.* Bois). On le débite en feuilles minces, pour le placage et l'ébénisterie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les feuilles de frêne servent à la nourriture des bœufs et des moutons pendant l'hiver ; on les fait sécher à l'ombre et on les conserve : la saveur en est âcre et amère, mais les bestiaux l'aiment assez. La semence de frêne est aromatique ; on la fait fermenter dans de l'eau pour composer une boisson rustique qu'on dit être en usage dans la Sibérie. La première écorce sert au tannage, et à teindre les laines en bleu ; la seconde est un puissant diurétique et un fébrifuge, qu'on emploie comme succédanée du quinquina.

Les semis de frêne se font en automne ou à la fin de l'hiver, dans un sol bien ameublé et ombragé, s'il se peut : on les recouvre d'un pouce de terre. Si l'on a semé la graine pour la repiquer ensuite, on attend, pour lever les plans, au bout de deux ans, temps pendant lequel on a soin de sarcler ou de biner le sol : on repique ensuite ce plan au lieu où les arbres doivent croître, en les espaçant de 3 à 6 pieds : des binages et des labours contribuent beaucoup au développement de l'arbre. Le frêne craint la serpette, comme tous les arbres moelleux ; cependant on l'ébranche pour le former en arbre, mais jamais on ne le prive de sa tête. Lorsqu'on veut le planter en avenues, il faut attendre qu'il ait 8 à 10 ans pour le mettre en place. C'est dans les marais desséchés que le frêne croît plus rapidement, ou sur le bord d'un ruisseau, d'un étang, etc.

On cultive pour l'agrément les frênes dorés, jaspés, panachés, en parasol d'Amérique, de Caroline, à longues feuilles, cendré, crépu, etc. Le frêne à fleur, ou de Montpellier (*fraxinus ornus*), croît dans le midi de l'Italie, aux lieux pierreux et arides, et fournit par son suc une partie de la *manne* du commerce : on le cultive à Paris comme ornement ; ses grosses grappes répandent dans les bosquets une odeur agréable. Le *fraxinus rotondifolia*, appelé *frêne de Calabre* ou *d'Alep*, croît sur toutes les côtes de la Méditerranée ; on en extrait la majeure partie de la manne qui se consomme en pharmacie.

FR.

FRESQUE (PEINTURE A) (*Technologie*). Ce mot vient de l'italien *fresca*. On écrivait anciennement *fraisque*, du mot

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

français *frais*, qui exprime la même idée que l'italien *fresca*.

La *peinture à fresque* est un genre qui s'exécute ordinairement sur un enduit, encore frais, de chaux et de sable combinés.

De toutes les manières de peindre, la *fresque* est la plus ancienne, la plus durable, la plus prompte, la plus digne d'orner les grands édifices.

Les murs du temple des *Dioscures* (Castor et Pollux), à Athènes, avaient été peints à *fresque*, par Polygnote et par Diognète, pendant la guerre du Peloponèse. Pausanias remarque que ces peintures s'étaient bien conservées jusqu'à son temps, c'est-à-dire près de six cents ans après Polygnote.

Il paraît que les fragmens de peintures antiques qui nous viennent des Romains sont tous à *fresque*.

Des figures colossales peintes dans les palais et dans les temples d'Egypte, sur des murs de quatre-vingts pieds de hauteur, paraissent encore avoir été peints à *fresque*.

La peinture à *fresque*, parmi les modernes, est un genre inventé par les Italiens. Les murs destinés à être ornés dans ce genre, doivent être secs et préparés à recevoir la peinture à *fresque*, par des opérations préalables. La première est une *crépissure*, ou enduit de chaux, de tuiles pilées et de sable de rivière. Les grains de sable laissent sur cette surface assez d'aspérités pour tenir le second enduit qu'on n'applique que quand le premier est assez sec. On détruit l'aridité de cette première couche en l'humectant d'eau, ce qui s'appelle *donner de l'amour au fond*, et on le couvre du dernier enduit, composé de chaux éteinte depuis très long-temps, de sable fin lavé et de pouzzolane. C'est sur cette couche, encore humide, que l'artiste peint à *fresque*. Il ne doit faire enduire que la portion de mur qu'il pourra achever dans la journée : il est nécessaire que le maçon qui le précède soit d'une grande habileté, tant pour polir les surfaces sur lesquelles on peint, que pour éviter, dans la promptitude de son travail, les fentes et les gerçures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme tout dépend de la célérité que le peintre mettra dans l'exécution, il faut qu'il fasse d'avance tous ses préparatifs. Ses dessins doivent être tracés sur des cartons assez épais pour résister à l'humidité et à l'effort d'une pointe avec laquelle on calque assez profondément sur l'enduit. Il doit aussi avoir de grands godets où toutes ses teintes se trouvent préparées d'avance et en assez grande quantité.

Tel est à peu près l'aperçu de l'opération. Il n'est pas aussi facile de décrire la sublimité et la magie de l'effet.

La peinture à *fresque*, large et fière dans ses dessins, fraîche et brillante en couleurs, hardie en effets, piquante de tons, paraît avoir été créée pour célébrer l'héroïsme et les vertus, et émouvoir les âmes sensibles.

Malheur au peintre vulgaire qui entreprend ce genre de travail! Les grâces de la peinture à l'huile ne s'accordent point avec le sublime qui règne dans la peinture à *fresque*. Ses teintes fondues et ses touches délicates disparaissent à vue d'œil sur l'enduit avide qui les dévore : nul moyen pour revenir; il faut qu'à mesure que le génie compose, les brillantes conceptions soient fixées sur le mur aussi promptement que la pensée; une fois tracées, elles resteront à jamais comme monument de sa gloire ou de son impéritie.

La peinture à *fresque* exige un talent supérieur. Raphaël s'est plus immortalisé dans ce genre que par ses tableaux à l'huile. Michel-Ange et Jules Romain la préférèrent comme le genre le plus difficile et le plus propre à soutenir leur réputation.

Quand il fut question de peindre dans la chapelle Sextine, le frère Sébastiano, peintre vénitien, conseilla au pape de forcer Michel-Ange à le faire à l'huile, et le mur fut préparé à cet effet. Le grand homme arrive et fait dégrader cet apprêt, disant fièrement « que la peinture à l'huile n'était bonne » que pour les dames, les personnes lentes et qui se piquent » d'adresse, comme le frère Sebastiano; » et l'ouvrage fut fait à *fresque*.

Aussi, est-ce par l'éclat, la fraîcheur et la force que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peinture a donnés aux ouvrages de ces grands maîtres, qu'ils ont atteint la hauteur du grand art de peindre. Leurs attitudes sont fières, leurs formes savantes, bien senties et propres à chaque caractère; leurs mains ne s'occupaient qu'à exprimer, le métier ne s'y apercevait jamais.

Ce genre exige un caractère vif et une conception prompte. L'éloignement des objets force l'artiste à une exagération savante, qui doit paraître cependant comme renfermée dans les bornes du vrai. Il faut qu'il étonne le spectateur, et que le sentiment du plaisir soit mêlé à la surprise. L.

FRET (*Commerce*). Terme qui signifie le louage d'un navire, en tout ou partie, pour transporter des marchandises d'un port à un autre : on donne sur la Méditerranée, le nom de *nolis*, à ce que sur l'Océan on appelle *fret* ou *frettage*.

On nomme encore *fret* l'équipement d'un navire, ou certains droits maritimes auquels les vaisseaux sont assujettis à l'entrée ou à la sortie des ports. Fr.

FRETTE. Cercle de fer qui sert de lien à un morceau de bois pour l'empêcher de se fendre. Les moyeux des roues de voiture sont frettés par leurs deux bouts et encore sur le gros bouge, pour que l'enrayure ne les fasse pas fendre. Ces frettes sont de fer doux; celles des extrémités du moyeu du côté de l'*S* le débordent, et forment une espèce de creux, dans lequel se trouve l'écrou. E. M.

FRICHE (*Agriculture*). Étendue de terrain qu'on ne cultive pas et où ne croissent que des broussailles et des herbes sans utilité. Les friches sont malheureusement trop communes, et l'on doit s'efforcer de les détruire : c'est une opinion dénuée de tout fondement, que de croire qu'elles sont nécessaires pour la nourriture des bestiaux. Nous avons traité aux mots DÉFRICHEMENT et ÉCOBUAGE les procédés à suivre pour rendre à l'agriculture une terre qui, pour devenir féconde, n'attend que les soins du cultivateur, et rendra au centuple les frais qu'on a faits pour la défoncer et l'amender. Fr.

FRIPIER (*Technologie*). C'est le nom qu'on donne au marchand et à l'ouvrier qui fait profession d'acheter, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vendre et de raccommoder de vieux meubles et de vieux habits.

Le fripier tient non-seulement magasin de vieux habits, mais même il en fabrique de neufs, sur toute sorte de tailles et de grosseurs, et les tient à la disposition du premier acheteur. On en rencontre dans tous les quartiers de Paris, surtout dans le Palais-Royal, dans ses environs, à la Halle, sur les Quais, sur les Boulevarts, etc.

Indépendamment de ces marchands fixés dans leurs magasins, on rencontre dans toutes les rues des grandes villes, et surtout à Paris, des marchands de vieux habits, qui achètent à très bas prix les habits, les meubles, etc., qu'on veut leur vendre, qui échangent même souvent du vieux contre du neuf, ou contre des objets moins usés, et qui vendent ensuite, le soir ce qui leur reste, aux *fripiers* qui réparent ces vieux habits et les revendent après cela dans leurs magasins. Ce genre d'industrie, inconnu dans les départemens, est très lucratif dans les grandes villes, et principalement à Paris (*V.* Tailleur). L.

FRISE (*Technologie*). La *frise* est une machine qui sert à faire le *ratinage*, opération qu'on fait subir à des étoffes qu'on nomme *ratines*, aux peluches, à l'envers du drap noir, et à quelques autres étoffes de laine. Cette opération consiste à disposer les poils qui couvrent la surface de l'étoffe, en forme de petits boutons. C'est à l'aide d'une machine ingénieuse, représentée Pl. 29, fig. 11, 12, 13 et 14, que cette disposition a lieu. Les parties principales de cette machine sont deux madriers A, B, superposés l'un à l'autre, sans cependant se toucher, comme on le verra plus bas. La surface inférieure du plateau supérieur B est couverte de sable mi-fin qui y est attaché avec de la colle forte. C'est entre ces deux madriers que passe l'étoffe à ratiner. Le madrier inférieur A est immobile, il est un peu plus large que le madrier supérieur B, et cet excédant de largeur est en plan incliné afin que l'angle vif ne fatigue pas l'étoffe.

Le madrier supérieur B reçoit un petit mouvement alter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

natif circulaire, au moyen duquel il frotte le drap qui se trouve interposé entre les deux madriers. C'est ce frottement qui produit le ratinage. Le madrier B reçoit le mouvement dont nous venons de parler, par le moyen de deux manivelles coudées, adaptées à l'extrémité supérieure de l'axe de chacune des lanternes X, Y, fig. 11 et 12. On voit plus distinctement (fig. 13) la disposition d'une de ces manivelles Z. D'après cette disposition il est évident que les lanternes X, Y, ne peuvent pas tourner sans que les manivelles Z ne fassent trémousser le madrier B, appelé *frisoir*.

Le moteur est appliqué à l'axe de la roue D qui engrène avec la lanterne horizontale C, sur l'axe de laquelle sont établis les deux rouets égaux G et F. Ces rouets mettent en mouvement les lanternes verticales X, Y, qui, comme nous l'avons déjà dit, font agir le frisoir B.

Un autre engrenage, indiqué par les chiffres 1, 2, 3 et 4, sert à communiquer au rouleau ou ensouple P, un mouvement de rotation dont la vitesse est déterminée par le ratinage plus ou moins multiplié que l'on veut avoir, et par les proportions de cet engrenage composé de deux lanternes 1, 3, et de deux roues dentées 2, 4. Moins la pièce marche vite, et plus le ratinage est serré.

L'étoffe à ratiner, avant d'arriver au frisoir B, se replie en divers sens sur trois rouleaux, comme on le voit (fig. 11), et plus distinctement (fig. 14). L'étoffe passe ensuite entre les deux madriers A et B dont elle éprouve l'action, puis elle descend sur le rouleau ou ensouple P, qui tire peu à peu l'étoffe, de manière que chacune de ses parties reste assez longtemps entre les deux madriers A et B, pour qu'elle soit *ratinée* ou *boutonnée*, et pas assez pour que les poils soient détruits et emportés.

Le rouleau ou ensouple P est couvert sur toute sa surface de pointes de cardes, dont les griffes accrochent l'étoffe et la tirent.

Le frisoir B est suspendu par chacun de ses bouts à un levier L, qui donne la facilité de l'élever, pour faire passer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'étoffe entre sa surface et celle du madrier fixe A. Pour que toute l'étendue de l'étoffe puisse éprouver l'action du frisoir, on a soin, avant de la passer dans la machine, d'attacher à son bout un morceau de drap blanc. Cette réunion ne se fait point par une couture, mais à l'aide de deux broches de fil de fer qu'on y enclave.

Deux ouvriers dirigent l'action de cette machine; l'un veille à ce qu'il ne se fasse point de plis; l'autre, armé d'une sorte de béquille, détache l'étoffe du rouleau hérissé de pointes, lorsqu'elle s'y attache trop fortement, et qu'elle s'entortille autour. L.

FRISE (*Architecture*). Partie supérieure d'un ordre qui sépare la CORNICHE de l'ARCHITRAVE (*V.* le mot ARCHITECTURE): elle est souvent ornée de sculptures.

La *frise* ou *gorge de placard* est au-dessus d'une porte entre le chambranle et la corniche. La *frise de lambris* est un panneau de menuiserie beaucoup plus long que large, dans l'assemblage d'un lambris d'appui ou de revêtement. FR.

FRISQUETTE (*Technologie*). La *frisquette* est un châssis en fer qui appartient à la presse d'imprimerie; elle tient à la partie supérieure du *tympan*, par deux couplets traversés par des brochettes de fer que l'on ôte et que l'on remet à volonté. On colle sur la frisquette un parchemin ou plusieurs feuilles de papier très fort, et on découpe autant de pages sur la frisquette, qu'il y en a à la forme, ce qui préserve la feuille de papier blanc étendue sur le tympan, et qui doit recouvrir l'impression, des atteintes de l'encre dont les garnitures de la forme sont couvertes.

Le papier blanc posé sur le tympan, on abat la frisquette, et ensuite on fait passer la feuille sous presse, d'où elle revient imprimée sans pouvoir être atteinte d'encre ailleurs qu'aux ouvertures des pages découpées sur la frisquette. L.

FRITTE. On donne ce nom, dans plusieurs Arts industriels, à la *torréfaction légère* ou *demi-fusion*, que l'on fait éprouver à différentes substances. (*V.* les articles ACIDE ACÉTIQUE (*pyroligneux*), VERRERIE, etc.) P.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FROID ARTIFICIEL. La plupart des physiciens admettent que le calorique est un corps éminemment élastique, généralement répandu dans tous les autres, et qui y existe à la fois sous deux états différens: portion s'y trouve en intime combinaison, et ne peut être aperçue ni à l'aide de nos sens ni à l'aide des instrumens; c'est à cette portion qu'on donne le nom de *calorique latent;* la quantité en est variable suivant la nature des corps, suivant aussi leur degré d'agrégation. L'autre portion du calorique est uniformément répandue dans tous les corps plongés dans un même milieu; elle s'y meut librement et se rend manifeste, soit au toucher par les sensations de chaleur et de froid qu'elle y fait naître, soit au moyen du thermomètre. C'est ce qu'on nomme le *calorique libre.*

Toutes les fois qu'un corps passe d'un état plus rare à un état plus dense, partie du calorique latent qu'il renferme devient calorique libre et développe de la chaleur; et réciproquement lorsque les molécules d'un corps s'écartent, que son agrégation devient moindre, une certaine quantité de calorique libre devient latent et il se produit du froid. Je ne chercherai point à fournir des exemples de ces singuliers phénomènes; ils sont nombreux et très connus. D'ailleurs plusieurs ont déjà été cités à l'article CALORIQUE. Je me bornerai donc à dire, pour l'objet spécial que je traite, que les Sciences et les Arts ont su mettre à profit ces modifications diverses de la matière de la chaleur, et qu'on est parvenu, en partant des données précédentes, à produire des élévations ou des abaissemens instantanés de température. C'est par ce moyen seul qu'on a pu obtenir des refroidissemens d'un degré fort supérieur à ceux qui se manifestent dans l'état naturel des choses. Ainsi, dans nos contrées, le thermomètre, à l'époque des froids les plus rigoureux, descend rarement au-dessous de —10°, et on peut artificiellement produire des refroidissemens qui vont au-delà de —50°. Les moyens qu'on met en usage pour cet objet sont, ou la prompte liquéfaction de quelque corps solide, ou la gazéification instantanée de liquides, ou bien encore la simple dilatation d'un gaz; mais c'est à la première de ces méthodes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on a presque toujours recours, comme étant et la plus facile à exécuter et la moins dispendieuse. En général ce sont des sels très solubles qu'on mélange avec de l'eau, ou des acides, ou de la neige, suivant qu'on veut produire des abaissemens plus ou moins considérables. Plusieurs chimistes et physiciens se sont occupés de ces sortes de recherches. Walker, Lowitz, Leslie, sont ceux à qui nous sommes les plus redevables sous ce rapport; nous indiquerons les principaux résultats de leurs travaux; mais nous croyons indispensable de donner auparavant quelques renseignemens généraux, qui serviront pour ainsi dire de règles communes dans ces sortes d'opérations.

Ici, comme dans toute action chimique, nous retrouvons l'application de la loi générale *corpora non agunt nisi sint soluta*. En effet, dans le cas particulier qui nous occupe, celui des mélanges dont les sels font partie, il est certain, puisque l'abaissement de température est uniquement dû à la liquéfaction des solides, que le froid produit sera d'autant plus intense que la dissolution aura été plus rapide, et que celle-ci sera d'autant plus rapide que l'affinité réciproque aura été mieux secondée par une moindre cohésion. Ainsi, règle générale, le refroidissement, toutes choses égales d'ailleurs, sera d'autant plus grand que les molécules des corps qui doivent faire partie du mélange, seront plus atténuées et que leur mixture aura été plus prompte.

L'affinité réciproque, et nous venons de le dire, est la cause essentielle du refroidissement; ainsi tout ce qui sera susceptible de la favoriser tendra à fournir un résultat plus avantageux : mais cela ne suffit pas; il faut en outre s'appliquer à tirer le meilleur parti possible de ce résultat. Or, il est évident qu'un des plus sûrs moyens d'y réussir est d'éviter, autant que les circonstances le permettent, le contact des corps capables de fournir de la chaleur. Il devient donc indispensable de prendre de préférence des vases peu conducteurs du calorique pour contenir les mélanges, et faire choix au contraire des meilleurs conducteurs pour renfermer les corps qu'on veut refroidir, s'ils ne peuvent être mis en contact immédiat avec les mélanges eux-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes. On conçoit parfaitement les motifs qui nécessitent de telles précautions. En effet, puisque le but est de refroidir un corps, il devient donc indispensable de n'apporter aucun obstacle à la soustraction de son calorique ; tandis qu'il est nécessaire, au contraire, de garantir le mélange frigorifique de toutes les sources de chaleur dont il se trouve environné, si on veut que l'abaissement obtenu tourne presque entièrement au profit du corps à refroidir.

Une chose essentielle à remarquer, c'est que les mélanges qui font le plus baisser le thermomètre ne sont pas toujours ceux qui communiquent le plus grand degré de refroidissement aux corps qu'on soumet à leur influence, ou du moins ce froid n'a point assez de durée pour manifester son action d'une manière marquée. Cette observation semble d'abord paradoxale ; mais en y réfléchissant un peu, on voit qu'elle n'est qu'une conséquence des principes ci-dessus énoncés. Nous avons dit, en effet, que l'intensité du froid produit était toujours proportionnée à l'affinité réciproque des corps qui doivent être réunis, à la division de leurs molécules et à la promptitude qu'on met à les mélanger ; mais pour que le froid obtenu exerce une action marquée sur les corps qu'on soumet à son influence, il faut que cette action se prolonge pendant un certain temps, autrement l'effet déterminé n'est qu'éphémère et ne laisse pour ainsi dire aucun vestige. Il résulte, par exemple, d'expériences multipliées faites par M. Decourdemanche de Caën, qu'on réussit plus facilement à congeler de l'eau avec un mélange moins froid et plus durable, qu'avec celui qui donne un refroidissement plus intense, mais aussi moins persistant. Cet habile pharmacien a été conduit par là à distinguer ce qu'il croit pouvoir nommer la valeur frigorifique et thermométrique des mélanges, et leur valeur de congélation ; résultats qui dépendent au moins de deux causes différentes: l'une relative aux proportions respectives des corps qui font partie du mélange, et l'autre à la propriété conductrice de leur combinaison. Ainsi il est certain que dans la réaction de l'eau sur les sels, la liquéfaction et par conséquent le refroidissement sont d'autant plus prompts que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proportion d'eau aura été plus considérable ; mais le mouvement rétrograde du thermomètre commence nécessairement dès l'instant ou la dissolution complète est achevée; tandis qu'en employant une moindre proportion d'eau, l'effet sera beaucoup plus prolongé, parce que les premières portions de sel une fois dissoutes, l'action de l'eau se ralentit à mesure que son affinité se satisfait davantage ; et bien que les quantités de sel qui se dissolvent dans un temps donné aillent toujours en diminuant, cela suffira pour maintenir, au moins pendant quelque temps, la basse température qu'on avait obtenue d'abord. Il est évident, en outre, comme nous l'avons observé, que plus le liquide qui résulte de la combinaison est conducteur du calorique, et plus il devient difficile d'empêcher l'influence des corps extérieurs et de prévenir l'échauffement. C'est probablement ce motif qui fait que les mélanges de sels et d'acides, surtout l'acide sulfurique, conservent plus long-temps la température acquise; aussi sont-ils, par cela même, plus propres à déterminer la congélation de l'eau.

Il est encore une autre observation générale qu'il est bien essentielle de faire, parce qu'elle contribue puissamment au succès de l'opération; c'est de partir de la température la plus basse possible. Ainsi il faut exposer d'abord, pendant un temps suffisant, les vases et matières premières dans l'endroit le plus frais qu'on puisse se procurer; et s'il est nécessaire d'obtenir une température très basse, on n'y réussira qu'en faisant un premier mélange pour refroidir les matières destinées à un deuxième, et de même pour un troisième, un quatrième, etc. On conçoit qu'à l'aide de ces mélanges successifs, on peut, pour ainsi dire, arriver à tel degré de froid qu'on voudra, pourvu qu'on ait assez de provision à sa disposition.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE

DE MÉLANGES FRIGORIFIQUES.

Mélanges d'eau et de sels.

	Parties.	Abaissement au thermomètre centigrade.	Différence ou froid produit.
Eau	16		
Nitrate de potasse	5	de + 10° à — 12°	22°
Hydrochlorate d'ammoniaq.	5		
Eau	16		
Hydrochlorate d'ammoniaq.	5		
Nitrate de potasse	5	de + 10° à — 16°	26°
Sulfate de soude	8		
Eau	1		
Nitrate d'ammoniaque	1	de + 10° à — 16°	26°
Eau	1		
Nitrate d'ammoniaque	1		
Sous-carbonate de soude	1	de + 10° à — 19°	29°
Eau (1)	4		
Muriate de potasse	5		
Muriate d'ammoniaque	3		15°
Nitrate de potasse	10		

Mélanges de glaces et de sels.

Neige ou glace pilée	2		
Chlorure de sodium	1		20°
Neige ou glace pilée	5		
Chlorure de sodium	2	.....	24°
Hydrochlorate d'ammoniaq.	1		

(1) Ces proportions ont été données par M. Vauquelin, d'après l'analyse qu'il a faite d'une mixture saline employée depuis quelques années en Angleterre, pour rafraîchir les boissons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Parties.	Abaissement au thermomètre centigrade.	Différence ou froid produit.
Neige ou glace pilée	24		
Chlorure de sodium	10		
Hydrochlorate d'ammoniaq.	5	.....	28°
Nitrate de potasse	5		
Neige ou glace pilée	12		
Chlorure de sodium	5		31°
Nitrate d'ammoniaque	5		

Mélanges de sels et d'acides étendus d'eau.

Sulfate de soude (1)	3	de + 10° à — 19°	29°
Acide nitrique étendu	2		
Sulfate de soude	6		
Hydrochlorure d'ammoniaq	4	de + 10° à — 23°	33°
Nitrate de potasse	2		
Acide nitrique étendu	4		
Sulfate de soude	6		
Nitrate d'ammoniaque	5	de + 10° à — 26°	36°
Acide nitrique étendu	4		
Phosphate de soude	9	de + 10° à — 29°	39°
Acide nitrique étendu	4		
Sulfate de soude	20 (2)	de + 10° à — 8,15	18,15
Acide sulfurique à 36° (2)	16		
Sulfate de soude	22 (2)	de + 10° à — 8°	18°
Résidu d'éther à 33°	17		

On peut aussi, comme nous l'avons déjà observé, obtenir des abaissemens de température assez considérables au moyen

(1) Les sels doivent être privés, autant que possible, de toute humidité hygrométrique; mais il est essentiel de leur conserver l'eau de cristallisation qui leur est propre.

(2) Ces deux mélanges ont été indiqués par M. Decourdemanche (Journal de Pharmacie, décembre 1825); il les a employés avec beaucoup d'avantages pour obtenir la congélation d'une assez grande quantité d'eau, et à peu de frais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'évaporation des liquides; mais tous ne sont pas également susceptibles de donner un même degré d'intensité de froid, et on prévoit que les plus vaporisables d'entre eux, c'est-à-dire ceux qui jouissent d'un plus grand degré de tension, sont aussi ceux qui sont susceptibles de donner le plus de froid, puisque, toutes choses égales d'ailleurs, ils absorbent plus de chaleur dans un temps donné. On sait en outre qu'à même température, la quantité de vapeurs formées est toujours proportionnelle à l'espace donné; ainsi l'évaporation est d'autant plus favorisée que l'espace qui environne le liquide se trouve plus étendu. Cependant, comme les particules gazeuses s'opposent mécaniquement à l'émission de la vapeur, on trouve de l'avantage à circonscrire l'espace et à le purger d'air.

C'est par une heureuse combinaison de toutes ces données que M. Leslie est parvenu à rendre la congélation de l'eau une opération facile, et pour ainsi dire banale. Son appareil est trop connu pour qu'il soit nécessaire d'en donner ici la description détaillée, et d'ailleurs nous en avons déjà fait mention à l'article Eau, page 273. J'ajouterai seulement qu'on peut substituer à l'acide sulfurique, comme l'a indiqué M. Leslie lui-même, tout autre corps susceptible d'absorber promptement la vapeur d'eau: tels sont le trapp porphyrique en décomposition, pulvérisé et bien sec; la terre des jardins, tamisée et séchée au four; les fécules desséchées, etc.

L'acide sulfureux liquide et anhydre, découvert en 1824 par M. Bussy, jouit d'un si grand degré de tension que le froid produit par son évaporation, même à l'air libre, est d'une telle intensité, que cet habile chimiste est parvenu, à l'aide de ce moyen, à congeler la plupart des fluides élastiques, regardés jusqu'alors comme incoercibles, et sans cependant avoir recours à aucune pression. Ainsi, il suffit de faire passer un courant du gaz qu'on veut condenser au travers d'une boule à deux pointes située horizontalement; on enveloppe cette boule avec du coton, puis on instille à sa surface un filet continu d'acide sulfureux, dont on peut accélérer l'évaporation au moyen d'un soufflet ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin les gaz, en se dilatant, donnent également un degré de froid relatif à la différence de pression qu'on leur fait subir. M. Gay-Lussac a rendu cet effet très sensible au moyen d'une petite machine de compression, dans laquelle il foule de l'air ordinaire à une pression de trois ou quatre atmosphères. Cette machine est munie d'un tube très court, auquel est adapté un robinet destiné à l'évacuation de l'air intérieur. A très peu de distance de l'orifice du robinet on place une boule de verre très mince, et on aperçoit presque aussitôt une couche de glace sur le côté de la boule qui se trouve soumis au courant. Cette glace provient de l'eau hygrométrique qui se congèle à mesure que l'air comprimé reprend son volume primitif. R.

FROMAGE. C'est une des parties constituantes du lait, et qui en fait comme la base alimentaire. Considéré sous le point de vue chimique, c'est un principe immédiat, dont les propriétés les plus caractéristiques sont d'être d'un blanc mat dans son état frais, de devenir demi-transparent et légèrement citrin par la dessiccation, de n'avoir ni odeur ni saveur bien tranchée, et de n'exercer aucune action sur la couleur du tournesol ou des violettes. Les acides minéraux étendus en dissolvent une petite quantité; mais les acides végétaux ne paraissent pas l'attaquer sensiblement. Traité par les solutions alcalines, il s'y dissout en assez grande abondance. Délayée dans un peu d'eau et abandonnée à elle-même, la matière caséeuse fermente à la manière du gluten, et elle fournit, d'après M. Proust, les mêmes produits (1), c'est-à-dire qu'elle finit par se transformer en caséate et acétate d'ammoniaque, en oxide caséeux et en gomme. Enfin, le fromage frais, soumis en vaisseaux clos à l'action de la chaleur, se fond et se boursoufle après s'être desséché; il dégage ensuite de l'acide carbonique, de l'hydrogène carboné, de l'oxide de carbone, de l'azote; il se produit en même temps différens sels ammo-

(1) Cette similitude entre le gluten et le caséum, a été dès long-temps reconnue par Rouelle; il préparait avec le gluten un fromage en tout semblable au fromage ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

niacaux, de l'huile empyreumatique; enfin, il reste dans la cornue un charbon volumineux très difficile à incinérer, qui contient beaucoup de phosphate calcaire.

Telles sont les principales propriétés que les chimistes ont reconnues à la substance pure du fromage, quelle que soit d'ailleurs son origine. Ainsi, qu'elle provienne du lait de tel ou tel animal, que cet animal ait été soumis à tel ou tel régime, le fromage est pour le chimiste un corps toujours identique, alors qu'il a été débarrassé de toutes les substances qui lui sont étrangères. Pour l'obtenir ainsi, voici comment il faut procéder : on délaie dans du lait écrémé une certaine quantité de présure, on chauffe légèrement, on abandonne ensuite le lait à lui-même, puis on égoutte le caillé qui se forme sur un linge ou sur un tamis propre; on lave à l'eau distillée jusqu'à ce que celle-ci en sorte bien limpide, et c'est là le caséum pur. Mais, considéré relativement à l'économie domestique, il s'en faut de beaucoup que le but soit atteint, car alors il ne s'agit plus d'obtenir un principe immédiat parfaitement débarrassé de toute autre substance, mais bien d'un aliment tout-à-la-fois agréable et salutaire. C'est sous ce rapport, le seul qu'il nous convient de traiter ici, que nous allons maintenant l'envisager.

Chacun sait que le lait varie de qualité, non-seulement suivant les espèces d'animaux et leur état sanitaire, mais suivant aussi les localités et les saisons, et que plusieurs autres causes secondaires sont encore susceptibles d'amener de petites différences pour les mêmes lieux et pour les mêmes animaux. Ainsi, on conçoit que des variations relatives doivent nécessairement se retrouver dans les fromages fabriqués sous ces diverses influences. En effet, il deviendrait extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, de porter notre attention sur toutes ces sources d'anomalies, et nous ne pouvons avoir égard, dans les limites qui nous sont imposées, qu'aux circonstances les plus influentes et les plus générales. Il en est une de ce nombre, et dont je n'ai point encore fait mention, bien qu'elle doive tenir un des premiers rangs; je veux parler des divers procédés suivis dans chaque contrée, et du degré va-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

riable de cuisson et de fermentation auquel on s'arrête, selon qu'on veut obtenir telle ou telle sorte de fromage. Celle-ci constitue, à proprement parler, l'art de préparer cette substance alimentaire, et elle est pour plusieurs pays une source de richesse et de prospérité.

Un grand nombre d'auteurs se sont occupés de la description des méthodes mises en usage pour la fabrication des différentes espèces de fromages ; et à mesure que ces sortes de connaissances se sont répandues davantage, on a pu se convaincre de plus en plus que les différences qui existent entre les qualités de fromage des divers pays ne dépendaient pas autant qu'on l'avait cru des localités, mais bien plutôt des modifications apportées dans les procédés pratiques. Chaque jour cette vérité devient plus évidente, et déjà nous possédons des fabriques de fromages qui imitent parfaitement ceux de Gruyère, de Hollande (1); et tout porte à croire que nous ne serons pas long-temps sans voir fabriquer en France le Parmesan, dont la qualité spéciale paraît plutôt dépendre du degré de cuite que de toute autre cause. Ce résultat est d'autant plus à désirer, que nous manquons encore des espèces les plus utiles et de plus grande consommation ; ce sont celles qui, comme le Parmesan, pouvant être long-temps conservées, font partie essentielle des approvisionnemens, soit pour les citadelles, soit pour les voyages de long cours : à ce grand avantage succèderait celui non moins important, de procurer à nos agriculteurs un débouché plus étendu et plus lucratif, d'une denrée qu'ils livrent souvent à vil prix.

Ne pouvant décrire ici tous les procédés usités pour faire les différentes espèces de fromages, nous ne nous occuperons

(1) On fabrique du Gruyère en plusieurs cantons de la Franche-Comté et du Dauphiné. M. le duc de Cazes en a établi une à Lagrave, près de Libourne, et M. Bonvié, à La Voivre, près Vaucouleurs. MM. Scribe et compagnie possèdent une manufacture de fromages, façon Hollande, à Varaville, département du Calvados ; M. Dumarais s'est également occupé, à Isigny, de cette même fabrication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ici que de ceux qui offrent les modifications les plus tranchées, et qui fournissent les produits les plus renommés. Nous n'entendons point parler ici des fromages frais ; nous n'en ferons mention qu'après avoir traité de ceux qui se font par coction et par fermentation ; et d'ailleurs leur confection ne présente aucune difficulté.

Le fromage de Gruyère est un des plus anciennement connus, et dont l'usage est plus généralement répandu, du moins chez nous ; c'est par lui que nous commencerons cet exposé.

Desmarets a donné, dans l'Encyclopédie méthodique, une description détaillée de la manière dont ce fromage se fabrique dans la Franche-Comté ; et tout récemment M. Bonvié a fait connaître celle qu'il emploie pour le même objet dans son établissement situé à la Voivre, près de Vaucouleurs, département de la Meuse ; son Mémoire se trouve inséré dans le T. XXXIV des Annales de l'Agriculture française. C'est à ces deux descriptions que nous emprunterons ce que nous allons dire de cette fabrication.

Sans vouloir entrer dans les détails sur les meilleures dispositions qu'il convient de prendre relativement et à la situation et la construction des laiteries et des vacheries, puisque cela sera traité dans un article spécial, je dirai cependant, parce que c'est une chose indispensable pour l'objet qui nous occupe, que généralement toutes précautions doivent être prises pour que la plus grande propreté règne dans les laiteries. Ainsi, il faut, non-seulement que leur construction permette une ventilation facile, mais il est en outre nécessaire que l'eau y soit abondante, et le mieux est que des canaux d'irrigation traversent au besoin l'établissement, pour venir en balayer les immondices et les entraîner au loin. Il convient encore que ces constructions soient établies dans des lieux frais, et où la température puisse demeurer à peu près constante. Telles sont les règles reconnues indispensables pour que le lait ne contracte aucun mauvais goût, que le temps nécessaire à la séparation de la crème puisse s'écouler sans accident, c'est-à-dire sans que le lait fermente et se coagule ; conditions sans lesquelles on ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut obtenir un produit constant dans ses caractères et ses qualités. Cela posé, voici la marche à suivre dans cette opération, telle qu'elle a été tracée par M. Bonvié.

On fait traire les vaches vers les trois ou quatre heures du soir, on porte le lait dans des baquets construits en bois de sapin, tels qu'il en est représenté un fig. 1, Pl. 37; on les place l'un à côté de l'autre dans la laiterie, sur des tablettes dont elle est garnie dans tout son pourtour. Pour remplir les baquets, on a l'attention d'y verser le lait doucement, afin d'exciter le moins de mousse possible; et pendant que ce lait est encore chaud, on enlève cette mousse autant que faire se peut, parce qu'on a remarqué qu'elle nuisait à l'ascension de la crème. Ce dépôt reste ainsi jusqu'au lendemain matin, et c'est ce que l'on appelle le *premier lait.*

Le lendemain, vers les six heures du matin, on trait de nouveau les vaches, et le lait de cette traite est porté immédiatement dans la chaudière représentée par la fig. 2. Pour le verser dans cette chaudière, on a soin de le couler à travers une espèce d'étamine, afin qu'il y arrive débarrassé d'impuretés et avec le moins de mousse possible. A cet effet, on pose sur la chaudière un petit chevalet (fig. 3 et 4), qui soutient un entonnoir garni d'un bouchon de paille vers son orifice inférieur. Lorsque tout le lait est versé dans la chaudière, on va à la laiterie chercher le lait de la veille; avant de l'enlever, on l'examine pour voir s'il est gras; et, dans ce cas, on l'écrème. Si l'on trouve, au contraire, que le lait n'est point assez gras, alors on laisse deux ou trois baquets, suivant le nombre que l'on en a, sans les écrémer. La quantité ou l'épaisseur de la crème venue à la surface indique la qualité du lait. Cette opération une fois achevée, on enlève le lait, on le verse dans la chaudière, en le mêlant avec celui de la traite du matin (1).

(1) Desmarets ne fait point, dans sa description, cette distinction des deux traites, et il ne prescrit pas d'écrémer le lait lorsqu'il est trop gras: mais M. Bonvié affirme que cette précaution est nécessaire pour obtenir des fromages susceptibles de se conserver long-temps; il a d'ailleurs remarqué

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce mélange étant fini et la chaudière remplie, on la place sur un bon feu clair, et on laisse chauffer jusqu'à ce que tout ce liquide ait atteint un degré de chaleur égal à celui du lait lorsqu'il sort de la mamelle, environ 25° centigrades; alors on retire la chaudière de dessus le feu, et l'on met toute la masse en présure pour le caillage. Cette opération n'est pas la moins difficile de la manipulation; et pour ne pas la manquer, on fait un essai préliminaire sur quelques cuillerées de lait. Lorsque ce mélange caille promptement, et que par l'agitation il se remet en lait, alors on a la certitude du succès, et l'on procède au caillage.

Dans une chaudière remplie de la quantité de lait nécessaire pour faire un fromage de 30 kilogrammes, on délaie deux litres de présure (1), on mêle le tout très exactement, et on laisse ainsi la masse se prendre; ce qui dure environ demi-heure ou trois quarts d'heure, selon la température du lieu où l'on opère. Dans quelques cantons on ne chauffe pas le

---

que le travail des pâtes grasses était plus difficile; elles se tuméfient d'abord beaucoup par la fermentation, puis elles s'affaissent et contractent en vieillissant une sorte de rancidité, à cause de la grande quantité de beurre qu'elles contiennent. Ce résultat est fâcheux pour le fabricant, parce qu'il aurait plus de bénéfice, selon M. Bouvié, à faire la pâte la plus grasse possible, car il a vu qu'un fromage de 30 kilogrammes, fait avec du lait entier, pesait 3 kilogrammes et demi de plus que si ce lait eût été écrémé. La crème qu'on eût enlevée n'eût produit qu'un kilogramme et demi de beurre.

(1) La présure dont se sert M. Bonvié est préparée de la manière suivante: on prend une certaine quantité du petit-lait qui reste après que la matière caséeuse a été retirée de la chaudière, on y ajoute un peu d'eau, et on les fait bouillir; d'autre part, on a du petit-lait aigre, conservé à cet effet dans un petit tonneau où il fermente. On en prend une quantité égale à celle de l'eau que l'on a mise précédemment dans la chaudière; on laisse sur le feu, et dans cet état le petit lait se clarifie et se débarrasse d'une certaine quantité de matière caséeuse qu'il avait conservée, et qu'on appelle *braote*. On enlève cette portion à l'écumoire, et l'on soutient toujours le feu, jusqu'à ce que la main ait de la peine à en supporter la chaleur; alors on ajoute une caillette de veau, dans laquelle on a introduit une petite poignée de sel; on laisse refroidir, et cette liqueur forme la présure. On en prépare environ 6 litres à la fois, et on la renouvelle à mesure du besoin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lait avant de le coaguler; mais alors on emploie une présure plus forte. Toutefois, lorsque l'on juge que le lait est caillé suffisamment, on le coupe en plusieurs sens, à l'aide d'une grande lame de bois, et de manière à le réduire en grumeaux de la grosseur d'une fève. Lorsqu'ils sont parvenus à peu près tous au même volume, on commence à travailler la masse entière en la remuant constamment avec un bâton armé de petites broches qui le traversent de distance en distance. Ce travail dure environ dix minutes. On remet la chaudière sur un feu très modéré, et que l'on soutient jusqu'à ce que toute la masse ait acquis une température d'environ 40° centigrades; et pendant tout ce temps on a contiué de remuer avec le bâton agitateur. Il arrive parfois qu'on est obligé de dépasser le degré de chaleur que nous avons indiqué; M. Bonvié prétend que cela est surtout nécessaire lorsque les vaches ont mangé de l'herbe nouvelle, ou de la seconde herbe nouvellement crue après la première fanaison. Toutefois, on juge que la pâte est assez cuite, lorsque les grumeaux qui nagent dans le petit-lait ont pris une consistance un peu ferme, qu'ils font ressort sous les doigts, et qu'ils ont acquis un coup d'œil jaunâtre.

Quand on a travaillé ainsi la masse pendant tout le temps nécessaire et à la température convenable, on retire la chaudière de dessus le feu, sans pour cela cesser d'agiter, ce qui dure environ trois quarts d'heure pour atteindre le point où la masse s'est agglomérée et a acquis une sorte d'élasticité; ce que l'on reconnaît en pressant le grain entre les doigts : alors l'ouvrier passe en dessous de toute la masse, et dans la chaudière même, une étamine faite de toile claire; il enlève cette masse et la porte sous la presse (fig. 5, 6, 7). Là il la met dans un cercle de bois de sapin, qui porte sur un plateau, puis il la recouvre d'un autre plateau, et l'on abat la presse dessus. La pâte reste ainsi comprimée pendant un quart d'heure environ, puis on retire l'étamine pour en mettre une autre, et l'on réitère ainsi, jusqu'à ce qu'enfin le fromage soit dépouillé de son petit-lait. A chaque fois qu'on renouvelle l'étamine, on resserre le cercle proportionnellement à la dimi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nution qu'a éprouvée le fromage. Le cercle est construit de manière à permettre ce rapprochement. Quand on juge que le fromage est entièrement dépouillé de son petit-lait, on serre la presse, et on le laisse en cet état pendant vingt-quatre heures. Après ce temps, le fromage est confectionné, et il a acquis la forme qu'il doit conserver. On le retire et on le porte à la cave sur des tablettes qui y sont disposées à cet effet; ensuite on procède à la salaison.

Le fromage étant placé sur les tablettes, on prend du sel marin que l'on a écrasé, on le met dans un tamis, et l'on agite le tamis au-dessus pour y répandre le sel; on retourne le fromage, et l'on fait la même chose sur l'autre surface. Tous les jours on réitère cette opération pendant l'espace de quatre à cinq mois, et chaque fois, avant de répandre de nouveau sel, on a soin d'essuyer celui de la veille et de l'enlever, et il faut avoir soin également de nettoyer les tablettes sur lesquelles reposent les fromages. C'est surtout pendant les chaleurs de l'été que ces salaisons doivent être plus fréquentes, si l'on veut arrêter les progrès de la fermentation, qui passerait bientôt à la putridité.

Dans la plupart des fromageries, on retire encore une certaine quantité de matière caséeuse, en soumettant le petit lait à une sorte de clarification. Ainsi, on met ce petit-lait sur le feu, on le pousse jusqu'à ébullition, et l'on y ajoute une petite proportion du petit-lait aigri, qui sert à délayer la présure, puis on calme l'ébullition en versant dans la chaudière, et à diverses reprises, du petit-lait froid. Alors on voit de toutes parts nager de petites masses de caséum, qui se réunissent à la surface, et qu'on peut enlever à l'écumoire : c'est ce qu'on nomme la *brocotte* ou *braote* dans les Vosges, la *ricotta* en Italie. Dans l'état frais, cette substance forme la base de la nourriture des vaches, et l'on en prépare aussi des fromages de qualités inférieures, qui se consomment dans le pays.

A cette description j'ajouterai quelques considérations générales sur la fabrication importante qui nous occupe, et je

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remarquerai d'abord qu'elle se réduit à deux difficultés principales, qui résultent du degré de cuite et de fermentation qu'il convient de donner : l'une et l'autre doivent être maintenues dans de certaines limites, hors desquelles l'opération ne saurait offrir de bons résultats. Le fabricant doit donc s'attacher à bien connaître tout ce qui dépend de ces deux bases fondamentales. Rien ne serait plus facile que de régulariser la température, si l'on reconnaissait qu'elle doit être toujours la même; mais M. Bonvié assure qu'il est nécessaire de la varier suivant le régime alimentaire auquel les vaches sont soumises. Il n'y a rien à dire contre un fait bien observé; mais est-on certain que la plus grande difficulté qu'on éprouve à cailler le lait dans un cas que dans l'autre, et qui dépend probablement d'une liaison plus ou moins intime entre les diverses parties constituantes et de leurs proportions respectives, n'exige pas plutôt une température plus long-temps soutenue qu'une température plus élevée? c'est à l'expérience à prononcer. Et d'ailleurs, ne doit-on pas présumer que si cette différence existe réellement, elle doit être fort peu tranchée, et qu'il est un maximum de chaleur qu'on ne peut dépasser sans risques. Or, ce maximum a été fixé par M. Bonvié à environ 40° centigrades; mais il n'est pas toujours aussi aisé qu'on se l'imagine d'obtenir une température bien homogène dans toutes les parties d'une certaine masse de liquide, lorsqu'on agit à feu nu. Il n'arrive que trop souvent que quelques particules viennent adhérer aux parois du vase, et y former un obstacle à l'uniforme répartition de la chaleur; et puisqu'il ne s'agit que d'atteindre à une température de 40°, pourquoi n'aurait-on pas recours à la chaleur du bain-marie ou de la vapeur? Ces moyens, bien plus faciles à mieux diriger, seraient exempts de tout inconvénient.

La fermentation offre de plus grands obstacles à vaincre, et demande à être d'autant plus étudiée, que souvent l'empirisme n'y peut rien. Cette réaction s'opère sous l'influence de tant de causes différentes, qu'il n'est pas toujours aisé de tout prévoir. Tantôt un ferment trop actif ou trop faible, une pâte trop grasse, quelquefois une constitution atmophérique nui-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sible, soit par l'électricité, l'humidité, la chaleur ou le froid, enfin, jusqu'au sel marin lui-même, peut faire varier les effets suivant les proportions de sels terreux et déliquescens qu'il contient. Ainsi, malgré la grande habitude qu'on peut avoir acquise, il faut être sans cesse sur ses gardes, afin de pouvoir obvier aux inconvéniens à mesure qu'ils se présentent.

La présure, espèce de ferment qu'on prépare souvent avec assez d'indifférence, parce qu'on présume ordinairement que son action se borne à déterminer la séparation de la matière caséeuse, mérite cependant la plus grande attention, car c'est d'elle que dépend une grande partie du succès. Non-seulement elle n'est pas toujours identique, quoique préparée de la même manière, mais avec une même présure on obtient souvent des effets très différens. La présure offre ordinairement la réunion d'une matière animale contenue dans la caillette, d'un ou plusieurs acides qui s'y rencontrent également, ainsi que dans le petit-lait aigri dont on se sert pour lui servir de véhicule, et enfin, d'un peu de sel marin qu'on y ajoute. La séparation de la matière caséeuse peut s'effectuer par divers agens, ou bien par des acides plus ou moins énergiques qui s'y combinent en petite proportion, mais qui lui font prendre trop de cohésion, ou bien par l'alcool ou tout autre corps susceptible de s'emparer de l'eau contenue dans le sérum, ou bien enfin, et c'est le moyen qu'on préfère, par un commencement de fermentation qu'on y fait naître. Le caillé, d'abord très lâche, se contracte par degrés, et retient en soi une portion du ferment nécessaire à la continuation du travail intestin qui doit s'effectuer, et les choses se passent de la même manière que pour le vin, dont la réaction se propage presque indéfiniment. Ainsi, on voit que la présure ou ferment doit varier d'énergie avec les circonstances qui concourent à son action. On doit donc en employer une moindre proportion, ou la faire moins forte, lorsqu'on fabrique en été, car autrement la fermentation ferait des progrès trop rapides, et, quelque précaution qu'on puisse prendre, rien ne s'opposerait désormais à la putréfaction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si nous cherchons à nous rendre raison du rôle que joue le sel marin dans la salaison des fromages, nous verrons qu'il agit beaucoup plutôt comme modérateur de la fermentation que comme condiment; sa principale fonction est ici, comme dans beaucoup d'autres circonstances, de s'emparer de l'humidité, véhicule favorable et toujours nécessaire à la réaction des corps organiques. Plus on sale la partie extérieure, plus la pâte se resserre, plus elle se dessèche, et moins elle fermente. C'est donc en réglant les salaisons sur la température régnante qu'on vient à bout de régulariser cette opération et d'atteindre le point cherché.

On conçoit, d'après ce qui précède, combien il est essentiel de chercher à le préserver de l'influence atmosphérique; aussi choisit-on le plus ordinairement, pour cette dernière période de la fabrication, des lieux bas et frais, des caves même, où la température, presque toujours uniforme, ne vient point troubler la marche de la fermentation qui, pour être bonne dans ses résultats, doit être lente et régulière. Plus nous avancerons, et plus nous aurons à nous convaincre de ces vérités.

Je passe maintenant à la description de quelques autres procédés, et toujours en choisissant les plus importans. Sous ce rapport nous ne pouvons mieux faire que de commencer par le fromage connu sous le nom de *Lodésan* ou de *Parmesan*, et que l'on fabrique aussi dans une partie de la Lombardie. C'est un de ceux qui méritent le plus d'attention, parce qu'il est par sa nature plus facile à conserver, et qu'il peut par conséquent faire partie des approvisionnemens de longue durée.

Nous possédons plusieurs bonnes descriptions de cette fabrication. Desmarets en a donné une assez succincte dans l'Encyclopédie méthodique. Joseph Barelle, professeur à l'Université de Pavie, en a publié une autre beaucoup plus détaillée; elle se trouve insérée dans le T. LX des Annales d'Agriculture. Nous en devons une troisième à Monge, qui a été imprimée dans le T. XXXII des Annales de Chimie, et tout récemment enfin M. Huzard fils vient d'en publier une plus complète que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les précédentes, et qui nous servira de type pour ce motif même.

Cette espèce de fromage se met ordinairement en très gros pains de 35 à 40 kilogrammes, et il paraît même qu'il ne peut bien réussir qu'en masses assez volumineuses; aussi dans les pays où on le fabrique, les petits fermiers sont-ils dans l'usage de se réunir en certain nombre pour le fabriquer en commun, ou bien ils vendent leur lait à des propriétaires qui s'occupent spécialement de cet objet. Quoi qu'il en soit, voici la marche que l'on suit dans cette opération.

Le lait qu'on vient de traire est déposé dans des bassins en cuivre étamé qui sont très évasés, afin de faciliter l'ascension de la crème, et de la déterminer dans un temps très court. Ils ont ordinairement de 15 à 18 pouces de diamètre sur 4 pouces de profondeur, et leur fond est arrondi pour les rendre d'un nettoyage plus facile. Tous les vases sont réunis dans une laiterie, située et construite convenablement, c'est-à-dire, comme nous l'avons déjà dit, de manière à ce que la plus grande propreté puisse y régner, et à ce que la température s'y maintienne toujours à un degré très bas. Dans le Lodésan on est tellement convaincu de cette vérité que pendant les chaleurs de la belle saison on place de la glace dans divers endroits de la laiterie, afin que la température en soit toujours très basse. Sans cette précaution, il arriverait très souvent que le lait serait aigri avant qu'on ait pu en isoler la crème.

Le lait de la veille, une fois écrémé, et avec tous les soins qu'on y apporte ordinairement, est ensuite réuni dans une grande chaudière qui peut en contenir de 80 à 100 litres, pour lui faire subir le degré de chaleur auquel il est nécessaire de l'amener avant d'y délayer la présure. On n'a point déterminé ce degré d'une manière précise, parce que les ouvriers chargés de cette opération n'ont d'autre règle que leur expérience. M. Huzard fils l'a estimé approximativement à 25°. Toutefois on a la précaution d'agiter le liquide avec une espèce de râble en bois (fig. 8), afin de rendre cette température bien uniforme dans toute la masse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La chaudière est en forme de cloche, et on la tient suspendue à une potence mobile, afin de pouvoir la placer sur le feu ou la retirer à volonté; le fourneau, construit en maçonnerie, porte une échancrure latérale qui permet cette manœuvre (fig. 9). Lorsque le lait a atteint le degré de chaleur convenable, on y ajoute la présure en ayant égard à toutes les conditions que nous avons indiquées dans les considérations générales qui précèdent. J'ajouterai seulement le procédé particulier qu'on suit dans le Lodésan, d'après M. Huzard fils.

On prend la caillette d'un jeune veau qui n'a encore fait que téter, on y ajoute dedans un peu de vinaigre, ensuite on la sale fortement à l'extérieur, puis on la suspend à la cheminée quand on veut la conserver pour un temps plus reculé; et lorsqu'il s'agit de s'en servir, on commence par broyer le tout avec un peu d'eau, et d'en faire ainsi une pâte filandreuse. Ensuite on met dans un nouet toute la proportion qu'on croit nécessaire pour cailler la quantité de lait qu'on doit traiter à la fois; on trempe ce linge dans le lait chaud; la présure s'imbibe et se gonfle peu à peu; on la retire, on presse le nouet entre les mains, on le retrempe dans le lait, on presse de nouveau, et on réitère ainsi jusqu'à ce qu'on présume en avoir ajouté assez pour cailler le lait. On a le plus grand soin d'agiter toute la masse, afin que la présure se trouve bien uniformément disséminée. Cette opération achevée, on retire du feu, et on abandonne le lait à lui-même, jusqu'à ce qu'il soit parfaitement caillé.

Arrivé à ce point, on rompt le caillé, et on le brise, autant que possible, à l'aide d'un bâton traversé dans son axe par de petits bois qui se croisent à angle droit. On se sert même de la main pour mieux le diviser encore, afin qu'il retienne le moins de sérum que faire se peut. Cette opération mécanique a encore un autre but, c'est de bien laver la matière caséeuse dans le petit-lait, pour le priver du mauvais goût que la présure pourrait lui communiquer.

Ce lavage une fois terminé, on remet les chaudières sur le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

feu, et on procède à ce que l'on nomme *la cuite du fromage*. L'ouvrier se place, pour cette opération, derrière la partie pleine du fourneaux, afin de se préserver de l'action du foyer; comme on a décanté la plus grande partie du sérum, et qu'il en reste peu à cette époque, cet ouvrier a grand soin de brasser et de manier sans cesse le caillé, dans la crainte qu'il ne s'attache au fond de la chaudière. Par cette nouvelle manipulation, la matière caséeuse acquiert encore un plus grand degré de division; elle devient plus dense, et augmente de pesanteur spécifique. On en sépare encore une portion de petit-lait, afin que le reste atteigne plus facilement la température voulue. Le caillé se liquéfie en quelque sorte, et semble se dissoudre de nouveau dans le petit-lait, pour ne plus former avec lui qu'une seule masse visqueuse. C'est à cette époque qu'on colore la pâte, en ajoutant une petite quantité de safran en poudre, environ 4 gros par 100 pintes de lait employé. Avant d'ajouter le safran, on le délaie dans quelques cuillerées de petit-lait, et on le brasse vivement dans toute la masse, afin qu'il puisse être mélangé plus uniformément. Cette addition n'a d'ailleurs d'autre résultat que de satisfaire à une chose consacrée par l'usage. Quand elle est achevée, on pousse le feu un peu vivement, et on porte la température jusqu'à 50° environ, en ayant toujours le soin de bien agiter. Arrivé à ce terme, il y a là un certain degré de cuite à saisir, qui est le véritable point de difficulté de l'opération, et qui exige une grande habitude. Cependant ceux dont c'est l'unique métier n'y parviennent que par tâtonnemens et font de fréquentes épreuves, qui consistent à prendre du caillé dans leur main et à le presser fortement pour reconnaître s'il a contracté au point convenable la faculté de se retraire, et s'il a perdu son élasticité. Cette incertitude du succès doit tenir elle-même à la variabilité des causes premières; car si elle dépendait uniquement du point de température, il est à présumer que les ouvriers, tout routiniers qu'ils sont, auraient saisi quelques caractères propres à leur en faire reconnaître le vrai degré; et puisqu'il en est autrement, il faut croire que la nature du lait, qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est elle-même si susceptible de varier, est la vraie source de cette difficulté. Quoi qu'il en soit, du moment où celui qui dirige l'opération la juge parvenue au point convenable, il retire immédiatement la chaudière du fourneau, et on éteint le feu. Le caillé, abandonné à lui-même, se précipite promptement; alors, avec de grands vases de bois, l'on retire presque tout le petit-lait, et l'on jette ensuite sur le reste environ deux seaux d'eau froide ou du petit-lait froid afin d'abaisser assez la température pour que l'ouvrier puisse y manœuvrer facilement. Il applique fortement ses cuisses sur le bord extérieur de la chaudière, et il plonge au-dedans pour atteindre le fond avec les mains : dans cette position, il rassemble promptement tout le caillé vers un des côtés de la chaudière, et il se hâte de passer une nappe de toile grossière sous le caillé; il le recueille en saisissant fortement les quatre coins de la nappe, et il retire le tout avec vivacité. Cette masse est d'un assez grand poids pour qu'il ne puisse pas l'enlever directement; mais pour lui en faciliter les moyens, on se hâte de reverser dans la chaudière tout le petit-lait qu'on avait d'abord enlevé. On le fait avec précaution, pour ne pas brûler la main de celui qui tient les coins de la nappe. A mesure que la chaudière s'emplit, le caillé peut facilement se soulever jusqu'à la surface, et quand elle est pleine, l'ouvrier enlève la masse, et il la place aussitôt dans une forme de bois ronde, sans fond, et posée sur une table unie et solide. Quelquefois, avant de le mettre en forme, on le laisse séjourner, pendant un quart d'heure environ, dans un des baquets qui servent à recevoir le lait, afin qu'il puisse s'y égoutter, et c'est ensuite qu'on le place dans le moule, pour le recouvrir d'un plateau de bois qu'on charge de quelques pierres, afin d'opérer une assez forte pression.

Ces moules sont simplement des ronds de bois. On en a de différentes grandeurs, parce que les proportions de caillé varient avec la nature du lait, qui diffère elle-même suivant une foule de circonstances.

Toute cette dernière partie exige encore beaucoup d'activité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le service et une assez grande habitude; car la faculté de se retraire que la masse du caillé vient d'acquérir fait qu'elle se durcit promptement, et elle conserverait une mauvaise conformation si on la lui laissait prendre.

Lorsqu'on a mis le caillé dans la forme, le fromage a déjà de la fermeté : on peut le comprimer assez fortement avec le doigt, sans qu'il y enfonce et y laisse aucune trace; il se durcit toujours de plus en plus, alors même qu'on ne lui fait éprouver aucune compression extérieure ; il expulse, par une contraction naturelle, la plus grande partie du petit-lait qu'il retenait encore. Cette même faculté aurait pour effet de donner à la masse une figure à peu près sphérique; et c'est en partie pour le forcer à prendre la forme aplatie, qui rend le fromage plus facile à manier, qu'on le surcharge de poids.

Lorsque le fromage est suffisamment égoutté, on s'occupe de le saler. Monge prétend que dès le lendemain de la fabrication on le couvre d'une couche de sel, et M. Huzard fils assure qu'on ne commence cette opération que trois, ou même cinq ou six jours après que le fromage a été mis en forme.

La salaison des fromages de Parmesan se fait de la manière qui a été indiquée pour les fromages de Gruyère, et nous ne répèterons pas ce que nous en avons déjà dit. Nous ajouterons seulement que cette opération dure environ quarante jours, et qu'après ce temps, s'il n'est survenu aucun accident, le fromage est confectionné. Il ne reste, avant de le mettre en vente, qu'à le huiler de temps en temps, pour prévenir sa trop forte dessication. Avant d'effectuer cette dernière opération, on commence par ratisser toute la surface avec un couteau flexible, pour enlever la petite croûte molle qui la revêt. C'est lorsque la pâte est à découvert et que la surface est parfaitement lisse, que l'on vernit, pour ainsi dire, le fromage avec une petite couche d'huile de lin ou de colza. Enfin on donne à sa surface convexe seulement une teinte rouge, faite avec des substances végétales, et le fromage est propre à être livré au commerce. Cependant, quand ils ont été bien préparés, en les emmagasinant ils s'améliorent en-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

core, et ce n'est guère qu'au bout de deux ans qu'ils ont acquis leur véritable point.

Le Parmesan, comme les autres fromages, demande à être serré dans un lieu frais, mais privé d'humidité. On doit le garantir, autant que possible, des mauvaises odeurs.

Telles sont les principales données qui sont exposées, sur cette importante fabrication, dans les Mémoires que j'ai cités. On retrouve en outre, dans celui de M. Huzard fils, d'intéressantes observations sur les races de vaches qui méritent la préférence sous ce rapport, sur la meilleure manière de les gouverner, et enfin sur le genre de culture adopté dans ces contrées, pour s'y procurer les fourrages les plus convenables. Mais nous nous exposerions, en reproduisant ici tous ces détails, à donner trop d'extension à notre article, et nous le devons d'autant moins, qu'il en sera nécessairement fait mention aux articles spéciaux que cela concerne, tels que LAITERIE, PATURAGE, PRAIRIE, etc.

En comparant les deux procédés que nous venons de décrire, on voit qu'ils ont entre eux une identité presque complète. Dans l'un et l'autre cas, c'est un lait caillé à la manière ordinaire, dont le coagulum, divisé autant que possible, est ensuite soumis à un degré de cuisson convenable, puis rapproché et comprimé dans des moules. Cependant, malgré cette ressemblance des deux méthodes, si on compare les produits qu'elles fournissent, on y remarque d'assez notables différences. Ainsi la pâte du Gruyère est unie, compacte, serrée; celle du Parmesan est sèche et grenue, aussi peut-elle être râpée et réduite en poudre : c'est même dans cet état qu'on la sert sur les tables, pour servir de condiment. A quoi peut tenir une différence si tranchée? Ce n'est sans doute pas, comme on l'a prétendu, à la nature particulière du lait, mais bien plutôt à un degré de cuisson plus avancé; et comment se fait-il qu'aucun de nos fabricans n'ait encore cherché à saisir une chose aussi simple, aussi facile? Pourrait-on prétendre que le résultat n'en vaut pas la peine? Non, sans doute, car il serait des plus avantageux pour notre pays. Était-ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faute de le savoir ou d'en avoir été averti? Non encore : Desmaretz, dans sa description de l'Encyclopédie, le dit en propres termes; Monge indique le degré de température auquel il est nécessaire d'atteindre, et M. Huzard fils nous annonce avoir parfaitement réussi, quoique agissant sur une très petite quantité de lait, et bien qu'il ne se soit jamais occupé de la pratique de ce genre d'industrie. On voit donc qu'il ne s'agit que de vouloir, pour faire encore cette utile conquête sur nos voisins. Espérons que cette vérité viendra frapper quelques-uns de nos agronomes, et qu'on mettra sous peu la main à l'œuvre. Je passe à d'autres fabrications, mais en ayant soin désormais de n'insister que sur les différences.

Le fromage de Hollande est, sans contredit, après le Gruyère ou le Parmesan, celui dont il se consomme davantage. Sa fabrication est essentiellement différente, car non-seulement il se fait à froid; mais, comme pour le Sept-Moncel et nos fromages d'Auvergne, on fait cailler le lait alors qu'il est encore pourvu de toute sa crème.

Lorsqu'on a obtenu le caillé par le procédé ordinaire, et qu'on l'a bien malaxé et réuni en une seule masse, on le met dans une espèce de passoire où on le comprime fortement; il s'en égoutte encore beaucoup de petit-lait et une certaine quantité de crème qui, malgré tout le soin qu'on a pu prendre de bien mélanger la pâte, n'y est pas uniformément répandue; elle y est distribuée par veines. On continue toujours de pétrir le caillé, et, lorsqu'on le juge suffisamment égoutté, on le met à mesure dans des cylindres creux dont le fond est concave et percé de quatre trous. Aussitôt que cette espèce de moule en est rempli, on place sur le caillé bien tassé un couvercle d'un diamètre un peu plus petit que le cylindre, afin qu'il puisse y entrer, et on pose tout cet appareil sur une table munie d'une rigole tout autour; on met sur le couvercle du moule une planche portée sur trois montans et chargée de pierres (fig. 10). Lorsque le pain a acquis une certaine consistance, on le tire de la forme, on le retourne, on lui fait subir une nouvelle pression. Enfin, lorsque la masse est de-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

venue plus homogène, qu'il n'en découle ni petit-lait ni crème, on retire le pain et on l'enveloppe dans une toile claire, qu'on enroule tout autour de la surface cylindrique. Le pain ainsi enveloppé est porté sous une forte presse, où on le comprime graduellement et jusqu'à ce que la pâte ne présente plus d'interstices et devienne bien homogène, ce qui exige environ huit ou dix heures d'une pression soutenue. Après ce temps, on retire le fromage de la toile et on l'immerge dans une eau légèrement salée. La pâte encore humide s'imbibe d'une petite quantité de sel qui lui donne plus de consistance, et contribue puissamment à sa conservation. Quelques heures après on les retire de l'eau salée pour les déposer dans des formes plus petites que les premières, et percées d'un trou seulement au milieu du fond concave. On recouvre la surface supérieure d'une couche de sel blanc bien pur, qui se dissout peu à peu par l'humidité du fromage, pénètre en partie dans son intérieur, et une autre portion découle sur les côtés et vient baigner la surface cylindrique. Au bout de quelque temps on retourne le fromage et on réitère la salaison sur l'autre base.

Lorsqu'on juge que la salaison est achevée, on les met de nouveau à tremper dans de l'eau, non-seulement pour enlever l'excès de sel qui est à la surface, mais encore une croûte blanchâtre et butyreuse qui s'y est formée. Après cinq à six heures d'immersion, on les retire de l'eau, on les lave avec du petit-lait, et en les raclant, on parvient à les dépouiller entièrement de la croûte qui les recouvre. Enfin, lorsqu'ils sont ainsi nettoyés, on les dépose dans un magasin frais, sur des tablettes fort propres, et on a soin de les retourner souvent; là, ils acquièrent une couleur d'un beau jaune, et c'est alors qu'on les livre au commerce.

Il est inutile d'observer que dans les fromageries de Hollande, comme dans toutes les autres, on tire parti des différens produits de la fabrication; ainsi après avoir retiré du petit-lait toute la matière caséeuse qu'il peut retenir, on l'emploie pour la nourriture des bestiaux, et on se sert de la crème pour obtenir du beurre, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce dernier procédé se rapproche beaucoup de celui qu'on suit en Auvergne, et cependant les produits obtenus dans ce pays sont inférieurs, ou du moins ils ne sont pas constamment bons. Il paraît, suivant les remarques que l'on a déjà faites, que cette différence dans les résultats tient surtout au degré de fermentation que les fromagers d'Auvergne laissent subir à leur caillé. Avant de le comprimer fortement, ils le réunissent dans une espèce de seau cylindrique, garni à son fond d'une couche de paille et muni d'une ouverture latérale qui sert à l'écoulement du petit-lait. Ils l'abandonnent ainsi pendant soixante-douze heures environ, et ils ont même soin de le tenir dans un lieu chaud ; alors la portion de présure qui reste dans le caillé lui fait subir une véritable fermentation : il se tuméfie considérablement, des gaz se dégagent ou se logent dans des cavités qu'ils forment, et on dit alors que le caillé est *poussé* ou *soufflé*. Les Hollandais, comme on vient de le voir, ne suivent point cette méthode ; ils soumettent de suite le caillé à une pression graduée qui élimine successivement le petit-lait, et avec lui la présure, source de la fermentation que les uns évitent ou modèrent et que les autres cherchent à déterminer.

Une autre cause d'infériorité pour les fromages d'Auvergne, c'est la manière dont s'y pratique la salaison de la pâte : on mélange directement le sel avec le caillé, immédiatement après qu'il a subi le premier degré de fermentation dont je viens de parler. En agir ainsi, ce n'est certainement pas comprendre l'objet de la salaison ni l'action qu'exerce le sel ; car il ne s'agit pas seulement d'assaisonner le fromage, mais aussi d'arrêter, pour un certain temps au moins, les progrès de la fermentation, sans cependant nuire aux qualités essentielles du fromage. Or, c'est ce qui ne peut guère avoir lieu par le procédé d'Auvergne, à moins qu'on ne soit extrêmement réservé dans la quantité de sel qu'on ajoute, et qu'on mette une grande habileté dans la distribution. Autrement, il arrivera nécessairement que le sel, dans les parties où il est en excès, agira trop fortement sur le caillé, en exprimera pour ainsi dire toute l'humidité, et il le contractera parfois à un tel point,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il ne pourra plus faire corps et qu'il se réduira en grumeaux incohérens, tandis que par la méthode hollandaise les différentes couches de fromage s'imprègnent et se saturent successivement de sel; la contraction qui en résulte s'effectue sur toutes parties en même temps, et la matière butyreuse, qui n'est point susceptible d'éprouver la même retraite, s'exsude vers les couches extérieures, leur donne plus de compacité et les rend par cela même plus capables de préserver la masse interne. Il est hors de doute que si on prolongeait l'action du sel au-delà d'un certain terme, on finirait par chasser au dehors toute la partie grasse; et c'est pour prévenir ce résultat, qui ne pourrait avoir lieu qu'au détriment de la qualité du fromage, que les Hollandais font une dernière immersion dans l'eau, afin d'enlever le sel lorsqu'il a suffisamment exercé son influence.

Ce parallèle établi entre deux fabrications basées sur les mêmes principes, fait voir combien les moindres modifications dans les méthodes sont capables d'amener des différences dans les résultats, et qu'on cherche souvent à rapporter à des causes fort étrangères des choses qui ne dépendent le plus ordinairement que d'un léger changement dans la manière de faire.

Le fromage de Roquefort, l'un des plus anciennement connus, est très estimé et extrêmement recherché des gourmets. Il a en effet une saveur fraîche, un goût fin et délicat, qui lui font mériter sa grande réputation; mais sa difficile conservation ne permet guère de le comprendre dans les approvisionnemens de longue durée. Ses bonnes qualités semblent dépendre plutôt de l'espèce de lait avec lequel on le fabrique que du procédé particulier qu'on emploie pour le faire.

Nous devons à M. Chaptal une description complète de cette fabrication. Elle se trouve insérée dans le T. IV des Annales de Chimie; nous y puiserons les principales données que nous allons exposer.

Cette espèce de fromage se fabrique avec du lait de chèvre et surtout de brebis, et c'est depuis le mois de juin jusqu'à la fin

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de septembre qu'on obtient la meilleure qualité, parce qu'à cette époque ces animaux sont nourris des excellens pâturages du Larzac. On prétend que le lait de chèvre communique plus de blancheur à la pâte, et que celui de brebis lui donne plus de consistance et une meilleure saveur.

Assez ordinairement on réunit le lait des deux traites du matin et du soir, et on y délaie comme à l'ordinaire la quantité de présure voulue : une cuillerée pour cent livres de lait suffit. La coagulation s'opère en moins de deux heures, et aussitôt après on brasse fortement le caillé, on le pétrit, on l'exprime avec force, et il en résulte une pâte qu'on laisse reposer : puis on incline le vase pour laisser écouler le petit-lait qui surnage. On place ensuite la masse de caillé, qui s'est reprise de nouveau, dans une éclisse perforée à son fond ; on l'y pétrit une seconde fois et on le surcharge de poids, afin de le mieux dessécher par une pression constante. On le retourne de temps à autre et dans différens sens, pour que toute la masse s'égoutte également. Lorsque les fromages paraissent avoir rendu tout leur petit-lait, ce qui a lieu ordinairement au bout de douze heures de pression, on les porte au séchoir après en avoir essuyé la surface avec un linge ; là, on les place sur des tablettes les uns à côté des autres, on les remue et on les retourne de temps en temps, et on les essuie soigneusement pour qu'ils se dessèchent sans s'échauffer. Assez ordinairement on entoure les fromages d'une ceinture de grosse toile, afin d'éviter qu'ils puissent se gercer en séchant. Cette opération dure rarement plus de quinze jours dans la belle saison, parce qu'elle a habituellement lieu dans une chambre ou *casière* très aérée.

Aussitôt qu'on juge le fromage suffisamment desséché, et qu'on en a réuni un assez grand nombre pour compléter un chargement, on le transporte à dos de mulet jusque dans les entrepôts de Roquefort, village situé dans le Rouergue, pour y être vendu à des propriétaires qui en achèvent la confection dans des caves qui paraissent très convenablement situées pour cet objet. Elles sont adossées contre un rocher calcaire ; quelques-unes sont même placées dans les crevasses ou grottes qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

y sont naturellement ou artificiellement pratiquées. La grandeur de ces caves n'est pas considérable ; il en est même d'assez petites. On aperçoit, dans la plupart, des fentes de rochers par où s'introduit un courant d'air frais qui y maintient une température très basse. M. Chaptal a vu qu'un bon thermomètre, qui, au mois d'août, marquait 23° en plein air, descendait jusqu'à 4° au-dessus de zéro dans une de ces caves. On trouve aussi des caves semblables dans plusieurs villages des environs de Roquefort, et particulièrement à Cornus, à Fondamente, à Saint-Baulise, à Alric et à Cotte-Rouge, près la Bastide.

L'intérieur de ces espèces de souterrains est presque toujours distribué de la même manière. Leur hauteur est partagée par des planchers en plusieurs étages ; le premier est de niveau avec le seuil de la porte, et au-dessous il se trouve une excavation qui peut avoir 8 ou 9 pieds de profondeur ; le second plancher est établi à environ 8 pieds au-dessus : on y monte par une échelle. Autour de chacun de ces étages sont disposés plusieurs rangs de tablettes qui ont environ 4 pieds de largeur, et qui sont distantes les unes des autres de 3 pieds.

Lorsque les fromages ont été triés et classés suivant la qualité qu'on leur a reconnue, on leur fait subir immédiatement de nouvelles préparations, et on commence d'abord par imprégner une de leurs surfaces de sel broyé ; vingt-quatre heures après, on les retourne et on les sale sur l'autre face. Au bout de deux jours on les frotte tout autour avec un morceau de grosse toile ou de drap, puis le surlendemain on les racle fortement avec un couteau. Toutes ces raclures sont réunies en forme de boules, pour être vendues à très bas prix et consommées dans le pays.

La salaison une fois achevée, on empile les fromages au nombre de dix à douze, et on les maintient ainsi pendant l'espace de quinze jours environ. Dans ce second travail, le fromage acquiert de la fermeté et de la consistance, et il commence à se couvrir d'une moisissure blanche fort épaisse et d'une sorte d'efflorescence granulaire. On enlève de nouveau toutes ces productions à l'aide du couteau, et on les replace sur les tablettes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On réitère ainsi cette même manœuvre tous les quinze jours, et même plus souvent, pendant l'espace de deux mois. La croûte qui se forme dans chaque intervalle est successivement blanche, verdâtre et rougeâtre; c'est à cette dernière nuance qu'on reconnaît qu'ils ont suffisamment séjourné dans les caves, et qu'ils sont en état d'être livrés aux consommateurs.

Ici, comme dans les cas précédens, la fabrication roule sur les mêmes bases et diffère dans ses résultats; mais, comme nous l'avons déjà observé, ces différences ne proviennent pas seulement des modifications apportées dans les manipulations, mais bien encore, et peut-être principalement, de l'espèce et de la qualité du lait employé. Cependant il est à remarquer que l'époque à laquelle on procède à la salaison et la manière dont la fermentation est gouvernée doivent nécessairement avoir une influence notable sur les produits. Ici on ne sale le fromage qu'après lui avoir fait éprouver une forte dessiccation; et dès lors il n'y en a qu'une petite quantité à pouvoir pénétrer d'abord; mais on sait que le sel à petites doses, au lieu d'être un condiment, devient lui-même un ferment assez actif. La matière caséeuse éprouverait donc bien évidemment une réaction très énergique qui la conduirait nécessairement à la putridité, si cette réaction n'était modérée dans sa marche et modifiée dans ses résultats par la température très basse à laquelle on maintient les fromages de Roquefort à cette époque; et de là vient qu'au lieu de la fermentation putride, qui se serait développée à une température plus élevée, il ne se forme qu'une sorte de moisissure ou persillage.

Le fromage de Brie, dont la consommation ne s'étend qu'à une assez petite distance du point central de sa fabrication, par cela seul qu'il ne peut se conserver et qu'il est d'ailleurs d'une forme peu commode pour le transport; ce fromage, dis-je, n'en est pas moins d'une excellente qualité, lorsqu'il a été préparé convenablement et qu'il est pris au point convenable de sa fermentation. Sa fabrication n'offre d'ailleurs rien de particulier, et nous l'indiquerons en deux mots. Le lait entier, une fois caillé par la méthode habituelle, est mis à égoutter dans un lieu frais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur une claie d'osier. On le laisse ainsi jusqu'à ce qu'il ne s'en écoule plus de sérum, ce qui exige plusieurs jours. Au bout de ce temps, on le sale et on l'expose au grand air, alors que la température est de 15 à 20°. Tous les deux jours au plus tard on le retourne, et à chaque fois on sale de nouveau la partie supérieure. Lorsqu'on a atteint le degré que l'habitude a fait reconnaître pour le plus convenable, on le porte à la cave et on le place sur un lit de foin, enfin on le retourne de temps à autre jusqu'à ce qu'il s'amollisse et devienne gras.

Cette espèce de fromage doit être consommé aussitôt qu'il commence à s'affaisser et à couler comme de la crème, parce que ce point, où il est exquis, se trouve tout voisin de l'état de putréfaction.

Si nous pouvions retracer ici tout ce qui a été publié d'intéressant sur la fabrication des différentes espèces de fromages, nous aurions encore beaucoup à dire; mais craignant d'avoir déjà donné trop d'étendue à cet article, nous sommes obligés de terminer. Nous ne le ferons cependant pas sans indiquer le Mémoire que M. Droz a publié dans le T. XV des Annales de l'Agriculture française, comme étant une ressource où l'on pourra puiser les meilleurs documens sur la fabrication du fromage dans les départemens du Jura et du Doubs. Le T. XXXIV du même recueil contient un rapport fort intéressant de M. Huzard fils, dans lequel on trouve, Pl. 13 et suivantes, une indication bibliographique de tous les ouvrages qui ont été publiés sur cet objet. R.

FROMENT (*Agriculture*). Graminée dont la graine fait la principale nourriture d'une grande partie des habitans du globe, et qu'on peut regarder comme étant le végétal le plus utile à l'homme : aussi est-il cultivé en tout lieu. Il est absolument impossible de déterminer la contrée où il croît naturellement, et d'où il a été tiré dans l'origine, pour en faire un objet de culture. Le nombre des variétés de froment est très-grand; il en est de barbus et de mutiques; d'autres à épis cylindriques, carrés, rameux; à tige pleine ou creuse; à grains roux ou blancs, tendres ou durs, etc. Nous renvoyons au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dictionnaire d'Agriculture, où l'on trouve les qualités propres à chacune de ces variétés, et nous nous bornerons ici aux généralités de culture, qui seules doivent entrer dans notre Dictionnaire.

C'est un usage assez général de ne pas semer dans une terre le blé qu'on a récolté dans la même ferme; cependant les expériences les mieux dirigées ont constaté que le grain n'éprouve aucune dégénérescence lorsqu'on s'écarte de cette pratique. Si donc un cultivateur juge à propos de vendre son grain pour en acheter d'autre qu'il destine aux semis, ce ne doit être que parce que celui-ci serait de plus belle qualité et mieux nettoyé: car on doit toujours prendre pour semence les graines de plus belle venue.

On a coutume de semer le blé de l'année, celui qu'on vient de récolter: cependant lorsque l'année n'a pas été bonne et que le froment n'a pas bien réussi, on se décide alors à semer le grain de l'année précédente. On sait, à n'en pas douter, que le froid rigoureux et le chaud à 60 degrés ne font pas perdre au grain sa faculté germinative: un peu de fermentation, causée par l'humidité, peut cependant altérer les grains; mais, sauf ce cas, il est tout aussi bon de semer le vieux blé que le nouveau, seulement alors on force un peu la dose, pour compenser les pertes causées par les insectes ou la pourriture qui peut avoir attaqué les germes.

Les labours et les engrais qu'on donne au sol pour y semer le froment diffèrent selon les lieux, la position du terrain, le mode d'assolement, etc. Il faut quatre et même cinq labours aux sols les plus argileux, outre les hersages, roulages, etc., afin de diviser parfaitement la terre; les sols légers n'en exigent que deux, l'un aussitôt après la moisson, l'autre environ quinze jours avant de semer, et après avoir répandu le fumier que ce dernier labour enterre. Cette pratique est surtout observée quand on fait succéder le froment à un trèfle qui a duré un an et demi, ou à toute autre prairie artificielle. (*V.* Assolement.)

La graine doit être bien criblée, pour la dégager de toute semence étrangère; on la *chaule*, pour la préserver des atteintes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la carie. (*V.* CHAULAGE.) Les blés dits d'automne ou d'hiver sont semés en septembre, octobre et novembre ; la variété qu'on appelle blé de mars se sème aussitôt après la fin des froids, ou au plus tard en avril. Ordinairement les changemens de saison favorables à l'une de ces variétés nuisent à l'autre, ce qui porte à n'accorder une préférence exclusive à aucune ; la paille du blé d'hiver est souvent plus vigoureuse ; ce froment *talle* davantage et est plus productif.

La quantité de semence varie avec la qualité du grain, la nature des lieux et les saisons : on sème plus dru près de l'hiver, pour subvenir aux pertes que les gelées font éprouver ; les grandes pièces de terre exigent moins de semences que les petites, parce que les bords causent moins de déchet. En général on sème trop de grains à la fois, ce qui coûte plus de frais, et donne des blés trop épais et sujets à verser. Moins les tiges sont serrées et plus elles sont vigoureuses. La crainte des avaries ne doit pas arrêter le cultivateur, à moins que sa semence ne soit elle-même de mauvaise qualité ; cependant les terres médiocres exigent une plus forte proportion de semences. Chaque grain peut rapporter 3 à 4 tiges. Plus la terre est substantielle, et plus la semence talle : le cultivateur doit donc calculer la quantité de semence sur toutes les circonstances que nous venons d'énumérer. Des expériences ont établi d'une manière incontestable qu'en semant davantage on récolte souvent moins, dans les mêmes conditions. C'est à peu près un hectolitre de semence qu'il faut par arpent de Paris (100 perches de 18 pieds), faisant à peu près 80 kilogrammes : un setier fait un arpent et demi (ou un seul arpent, perche de 22 pieds).

Les semis se font *à la volée*. Le sac de blé chaulé est porté sur le champ ; et un ouvrier (qui est ordinairement le principal laboureur, ou le fermier lui-même) se ceint d'un long tablier de toile nommé *semoir*, où il porte une partie du grain. Le bout du tablier est entortillé autour de son bras gauche ; et de pas en pas, le long de la pièce de terre, il jette une poignée de grain en la lançant en arc de cercle de droite à gauche. Lorsqu'il a fini une ligne, il revient sur une ligne parallèle ; il cal-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cule sa portée, et règle ses pas de manière à embrasser l'espace entier qu'il doit ensemencer, et à distribuer le grain avec le plus d'égalité qu'il peut. Un grand vent contrarie beaucoup cette opération, et exige du semeur plus d'adresse et d'habitude. Le rôle du semeur est très fatigant : le poids qu'il porte, la marche qu'il fait du matin au soir dans une terre molle, la chaux qu'il avale avec l'air, les mouvemens violens qu'il fait, rendent les semis très pénibles. On recouvre ensuite le grain avec la HERSE, ou dans de certains pays avec la charrue.

On a imaginé des *semoirs* destinés à répandre la semence sur la terre. La plupart de ces instrumens sont mal construits, d'autres sont d'une manœuvre trop difficile pour des hommes grossiers, ils font perdre beaucoup de temps, etc.; en général les semoirs offrent jusqu'ici peu d'utilité. On a voulu aussi semer le grain avec un *plantoir*, instrument à quatre dents unies par un manche et faisant quatre trous à la fois; on met deux grains dans chaque trou, qui sont à quatre pouces de distance les uns des autres. Ce procédé, qui ménage beaucoup la semence, n'est guère praticable en grande culture, et ne peut être avantageux à employer que dans les années de disette où le grain est cher, à cause des frais de main-d'œuvre. C'est ce qui a fait dire à M. de Larochefoucauld dans les Annales de l'Agriculture, T. XIII, page 70 : « Là où cette méthode est possible, elle est avantageuse; rejetez-la si le terrain ne le permet pas, si le blé est à bas prix, s'il n'y a pas assez de bras, etc. ».

Au printemps il faut sarcler les blés : des femmes parcourent le champ et en arrachent les herbes parasites qui étoufferaient le bon grain. Il y a des contrées où l'on se sert, pour cette opération, d'une tenaille de bois à long manche qui fait levier, et saisissant la tige au collet, l'arrache en entier hors de terre. On se sert aussi d'un fer tranchant nommé *sarcloir*; mais cette pratique ne détruit pas les chardons et les plantes robustes qui repartent de la racine. Les jeunes blés foulés au pied n'en souffrent nullement; ceux que le vent et les orages ont couchés se relèvent bientôt, à moins qu'une continuité de mauvais temps ne permette aux mauvaises herbes de croître, d'entrelacer les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaumes et les fixer près de terre. Alors l'humidité ne peut plus s'évaporer, les tiges pourrissent, ou du moins la récolte en est très longue et très difficile. Les blés trop épais sont exposés à verser; on fait bien de les faucher pour diminuer leur vigueur, et mettre le sol à nu lorsqu'on prévoit cet accident. On fauche aussi les blés grêlés; mais pour que la récolte n'en soit pas trop appauvrie, on ne doit pas faire cette opération trop tard. A Paris, il en est encore temps jusqu'au milieu de mai. Il ne faut couper que la sommité des feuilles sans attaquer l'épi, qui n'est point encore alors sorti du fourreau.

C'est vers le mois d'août ou la fin de juillet que les blés sont mûrs près de Paris; dans le midi de la France, on les coupe dès la fin de juin : cela dépend du climat et de la saison. Il est bon de ne pas attendre une complète maturité, surtout quand l'exploitation est considérable; parce qu'outre que les blés qu'on couperait les derniers seraient trop mûrs et que les secousses perdraient beaucoup de grains, on a remarqué que le blé continue de mûrir après avoir été coupé. Cette opération se fait à la FAULX ou à la FAUCILLE.

Le froment coupé, on le laisse un jour ou deux sur le champ pour faire sécher les chaumes, ainsi que les herbes vertes qui pourriraient sans cette précaution et gâteraient la paille et le grain. On lie les tiges en gerbes avec du bois flexible ou de la paille mouillée; les gerbes sont assemblées en tas de dix qu'on nomme des *diziots*. Ensuite on rentre le tout en grange, on bat (*V.* BATTAGE, FLÉAU) le grain pour le détacher de la tige, et on le vanne. (*V.* VAN.)

L'hectolitre de froment pèse depuis 68 jusqu'à 82 kilogr., selon la qualité; terme moyen, on estime que l'hectare rapporte 21 à 22 hectolitres de blé, ou 7 à 8 hectolitres par arpent de 900 toises carrées (5 setiers de 240 livres); mais on sent que ce produit est très variable au gré de mille circonstances. Dans les bonnes années, il y a 3 à 4 tiges par pied; chacune porte son épi ayant environ 30 à 50 grains. On a calculé qu'un kilogramme de bon froment contient environ 20,000 graines : un grain de blé pèse un grain, et c'est probablement de là que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cet ancien poids tire sa dénomination. Une mesure de semence en rend 7 à 8 dans les bonnes terres.

V. les mots Pain, Farine, Boulanger, Levain, Four, etc., où l'on trouvera divers autres résultats intéressans relatifs au froment. Fr.

FRONDE (*Arts mécaniques*). Instrument formé d'une petite bande de cuir, à laquelle sont attachées deux cordes, chacune à un bout : on place une pierre, ou une balle, ou tout autre projectile, sur le cuir, et on le plie en tendant les deux cordes; puis, tenant à la main les deux bouts des cordons, on fait tourner la pierre en lui imprimant peu à peu une vitesse de rotation. Lorsque l'on a produit la plus grande vitesse possible, on lâche l'un des cordons, en retenant l'autre. A cet effet, on a passé un doigt dans une boucle faite à l'une des cordes, et il suffit d'ouvrir la main qui tient l'autre cordon, pour que la fronde s'ouvre et laisse partir le projectile. Ce corps, lancé avec une vitesse beaucoup plus grande que celle que la main lui eût pu communiquer sans le secours de l'instrument, devient capable de frapper avec force les obstacles.

On s'est servi de la fronde comme d'une arme fort dangereuse dans les combats, lorsqu'elle était maniée avec adresse; et certaines nations sont dites avoir excellé dans l'art de diriger leurs coups, au point d'atteindre sûrement leurs ennemis, et de les abattre. Les habitans des îles Baléares, aujourd'hui Majorque et Minorque, étaient redoutables par leur habileté à manier la fronde; et, au rapport de Diodore de Sicile, ils savaient atteindre, en haut des murs, les soldats chargés de la défense des villes qu'ils assiégeaient; ils réussissaient à briser, de loin, les boucliers et les casques de leurs ennemis, en bataille rangée, etc. Leur adresse était due à un long exercice, car, dès leur enfance, on les habituait à ce genre d'escrime; ils n'obtenaient le pain dont ils se devaient nourrir, que lorsqu'ils l'avaient atteint et fait tomber du haut de la perche où on le suspendait. Les frondeurs faisaient partie des armées romaines; mais, depuis l'invention des mousquets, la fronde n'a plus été d'usage, parce qu'il est devenu plus fa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cile d'atteindre son ennemi ou sa proie par l'emploi de la poudre à canon, et que les blessures ont pu être faites de plus loin et plus dangereusement.

L'effet de la fronde tient à la FORCE CENTRIFUGE. (*V.* p. 301.) La pierre qui circule dans l'air fait un continuel effort pour s'échapper en chaque point par sa tangente, et tend la corde que l'action de la main fait tourner; la fronde retient la pierre et s'oppose à sa sortie. On continue le mouvement tant que la force du bras suffit à accroître la vitesse de circulation: dès qu'on reconnaît que de nouveaux efforts sont inutiles pour accroître la vitesse, parce que la résistance de l'air les détruit sans cesse (et cette résistance croît comme le carré de la vitesse), la pierre a atteint la plus grande vitesse qui peut lui être communiquée par la puissance qui la meut; c'est alors qu'il faut lâcher l'un des cordons pour laisser partir la pierre. Mais comme on veut atteindre un but, et que le mobile s'échappe par la tangente au point du cercle qu'il décrit où la liberté lui est rendue, il faut ne lâcher la corde que lorsque la pierre est arrivée en un lieu déterminé de ce cercle. Ce lieu est indiqué au frondeur par une longue expérience, et ne peut être trouvé facilement par théorie; car le poids de la pierre et la résistance de l'air lui font décrire une courbe fort compliquée nommée *trajectoire*, et il faut que le but soit situé en quelque point de cette courbe. La vitesse de projection entre aussi dans cette détermination.

Faisons abstraction du poids de la pierre tant qu'elle est retenue par la fronde, car ce poids est peu actif ici, où la vitesse de rotation est considérable. Nous savons que la *force centrifuge est mesurée par le carré de la vitesse, divisée par le rayon du cercle décrit;* telle est la puissance qui tend les cordes de la fronde, et à laquelle la force du bras doit résister. Dès qu'on lâche l'un des cordons, la pierre s'échappe selon la tangente avec la vitesse qu'elle avait dans le cercle; et le choc qui serait produit à l'instant même serait mesuré par le produit de cette vitesse par la masse (ou le poids) du corps; en sorte que plus cette vitesse de circulation sera grande, et plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le choc aura d'énergie pour un même projectile. La fronde permettant de donner plus de vitesse à ce corps qu'on ne le ferait par une action unique et immédiate, est un moyen d'exercer à distance une forte percussion.

On peut comparer la force centrifuge à la gravité. La hauteur h due à la vitesse du mobile, c'est-à-dire celle dont il devrait tomber pour acquérir, dans le vide, cette même vitesse, est donnée par l'équation (*V.* CHUTE.)

$$(Vitesse)^2 = 2gh,$$

g étant la gravité. Notre théorème ci-dessus revient donc à dire que

$$Force\ centrifuge = \frac{2gh}{rayon}.$$

Si, par exemple, le rayon est précisément égal à $2h$, la force devient égale à g; ce qui signifie que dans un cercle qui a pour rayon le double de la hauteur due à la vitesse du projectile, la corde de la fronde (lorsqu'on néglige le poids du corps) est tendue avec la même force que si ce poids était suspendu en repos et verticalement.

Quand la fronde décrit un plus grand cercle, pour une puissance de tension constante et donnée, la vitesse de circulation s'accroît, mais non pas dans le même rapport; les rayons sont entre eux comme les carrés des vitesses : ce qui montre comment une force donnée peut produire une force de projection considérable, avec une fronde très longuement suspendue. Mais on conçoit que cet effet prend des limites par la nature même des élémens du système. FR.

FRONTON (*Architecture*). Construction de forme triangulaire, surmontant une porte, une fenêtre, une niche, ou couronnant la partie supérieure d'un avant-corps de bâtiment. Les frontons sont des saillies destinées, non-seulement à orner les édifices, mais encore à garantir des eaux pluviales les personnes qui veulent entrer ou sortir : on en fait aussi de courbes, en arcs de cercle ou d'ellipse. La proportion en hau-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teur n'est pas fixée, et dépend des localités et de l'ordre d'architecture : dans les pays où il neige beaucoup, on doit donner aux pentes plus de rapidité, pour faciliter l'écoulement des eaux à droite et à gauche. On a trouvé qu'en élevant le sommet du fronton du cinquième de sa base, la construction offrait plus de grâce et d'agrément; et c'est assez généralement cette proportion qui est suivie. Au reste, nous répétons qu'elle n'est pas de rigueur, et qu'on ne s'y soumet que lorsque l'ordonnance du bâtiment ne s'y oppose pas. Voici la construction géométrique adoptée par les architectes : après avoir tiré une ligne horizontale de la longueur de la base du fronton, et une verticale qui coupe cette ligne par moitié, on porte en dessous une longueur égale à cette moitié, de manière à former deux triangles rectangles isocèles adossés, en menant les rayons qui vont du point inférieur ainsi déterminé, aux deux extrémités du fronton : l'arc de cercle tracé de ce centre avec ce rayon coupe la verticale au sommet du fronton. Fr.

FROTTEMENT (*Arts mécaniques*). Action qu'exerce un corps sur un autre lorsque leurs surfaces se touchent et qu'on les fait glisser. On doit se représenter les surfaces comme formées d'une infinité d'éminences et de cavités ; les unes s'engagent dans les autres, lorsqu'on applique ces surfaces, et le déplacement ne peut s'opérer qu'en rompant ou dégageant ces éminences. Les corps polis ne sont pas exempts de ces inégalités, seulement elles sont trop petites pour être sensibles à la vue et au toucher, et les plans les plus unis en apparence se montrent au microscope revêtus d'une multitude d'aspérités dont nous n'avions pas le sentiment avant de recourir à l'usage de cet instrument, parce que leur ténuité les dérobait à notre vue.

Le premier effet du frottement, surtout lorsqu'il est aidé par la pression, est donc d'abattre les aspérités des surfaces en contact. Les Arts tirent parti de ce procédé pour polir les corps, ou leur donner la forme précise qui convient au jeu de pièces qu'on veut faire rouler l'une dans l'autre. Aussi voyons-nous les dents des roues, les cames, les axes de rotation et leurs collets s'élimer par le frottement et prendre la forme régulière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que la main de l'homme ne réussit jamais qu'imparfaitement à leur donner.

L'ouvrier se sert d'une LIME pour ronger les surfaces ; il s'aide d'une pression proportionnée à l'objet qu'il se propose, choisit des limes de plus en plus fines, pour effacer les sillons tracés par les dents d'une lime plus grossière ; et lorsque la surface est ainsi amenée à avoir un certain poli, il achève l'opération en frottant avec de l'ÉMERI, du rouge d'Angleterre, du TRIPOLI, de la potée d'étain, et autres substances très dures et en poudre fine, qui agissent comme la lime, mais avec plus de douceur, pour effacer les dernières éminences sensibles.

Les verres d'optique, d'abord dégrossis, sont ensuite travaillés dans des bassins, puis polis et passés au *douci* sur le papier par un procédé de ce genre. Le poli des glaces se donne de la même manière. (*V.* VERRES, GLACES.) Nous ne multiplierons pas les exemples d'une action trop facile à concevoir pour exiger plus de détails, et dont nous aurons de fréquentes occasions de citer les effets ; nous dirons seulement qu'il importe toujours de ne pas employer à sec les poudres dures ; il faut les oindre d'huile, ou les humecter d'eau, pour faciliter le jeu de la force de la friction, qui, sans cela, serait trop dure et trop pénible. Les corps gras bouchent les trous de la surface et s'opposent à un engagement trop profond des aspérités dans les creux, ce qui facilite le mouvement.

La connaissance de l'effort qu'il faut employer pour surmonter le frottement, et la manière de tenir compte de cette résistance dans le calcul du mouvement et du repos des machines, est une des recherches les plus importantes de la Mécanique. Nous allons, à cet égard, entrer dans les détails propres à donner toutes les lumières nécessaires sur cet intéressant sujet.

On distingue deux sortes de frottement, selon que les surfaces glissent ou roulent l'une sur l'autre : et si l'on considère que le frottement est l'effort qu'il faut faire pour dégager les aspérités des surfaces en concact, on concevra comment le glissement exige beaucoup plus de force que la rotation. La roue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une voiture qui marche éprouve sur le sol un frottement de seconde espèce ; et la preuve que cet effort est considérablement moindre que celui de glissement, c'est que quand la voiture descend une pente rapide, on *enraie*, c'est-à-dire qu'on fixe une ou deux roues pour obtenir un frottement de premier genre, et ralentir la marche le long du plan incliné sur lequel la charge tend à descendre en vertu de la gravité. Les FREINS agissent par le même principe, pour arrêter le mouvement d'une roue : dans le transport des FARDEAUX, on les place sur des rouleaux qui favorisent le mouvement, etc.

Dans un grand nombre de cas on diminue au contraire le frottement en changeant le glissement en rotation. C'est ainsi qu'on a imaginé de garnir les collets sur lesquels tourne un axe, de GALETS ou cylindres qui entourent cet axe et tournent avec lui : car le mouvement de l'axe d'une roue dans sa BOÎTE cause un frottement de premier genre ; et ces cylindres, parallèles à cet axe, ayant chacun leur axe propre de rotation, et roulant avec la roue, ne produisent plus qu'un glissement imparfait. J'ai vu des boîtes de roues de carrosse, des axes de poulies pourvus de ces galets ; la rotation se faisait avec une facilité singulière. La dépense de ces appareils, les réparations qu'ils exigent, sont sans doute ce qui en rend l'usage très rare. Du reste, il arrive souvent, comme dans ce dernier cas, que le frottement participe à la fois de l'une et l'autre espèce ; cet effet mixte se remarque surtout dans la rotation du moyeu d'une roue, dans les CAMES et les DENTS d'engrenage. (*V.* ces deux articles.) Comme le frottement par glissement a beaucoup plus d'influence que celui de rotation, il importe surtout d'y avoir égard et d'en mesurer la force : nous allons nous occuper avec soin de ce cas.

Décrivons d'abord l'appareil qui sert à mesurer la force du frottement, en réduisant le tout à l'état le plus simple. Sur une table inébranlable AB, et parfaitement horizontale (fig. 14, Pl. 25 des *Arts mécaniques*), formée de pièces de bois ou de métal, qu'on peut remplacer par d'autres, pour varier les parties frottantes, est placé un corps quelconque M. Il sera même bon de pouvoir remplacer ce corps M par un petit trai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

neau chargé de porter des poids, afin de pouvoir aussi changer la base de ce traîneau, et faire varier les conditions du frottement. Sur le bord de la table est fixée une poulie C en bois de gaïac, construite avec un tel soin que l'axe n'éprouve presque aucun frottement. On pourra même, si l'on veut, garnir cet axe de cylindres de rotation, comme on l'a déjà exposé. Un cordon ou une soie DCQ, passé dans la gorge de la poulie, est dirigé horizontalement en DC, pour éviter les décompositions de forces, et soutient un plateau Q de balance, dans lequel on mettra des poids croissans jusqu'à ce que le corps M entre en mouvement. Sans le frottement, cet effet devrait être produit par le moindre effort ; il est manifeste que le poids Q dont on devra charger le plateau, sera l'exacte mesure de la force nécessaire pour surmonter le frottement. Voici les faits que l'usage de cet appareil a mis en évidence, d'après les expériences de Colomb, Desaguilliers, Amontons, etc.

I. Il ne faut pas confondre le frottement avec l'ADHÉRENCE, qui est une action due au contact long-temps prolongé de deux surfaces, aidé par la pression de l'air ou par quelque liquide interposé. Cette adhérence oppose une assez forte résistance lorsque les corps sont restés appliqués sans mouvement pendant une longue durée ; mais elle est presque insensible quand on a dérangé les parties en contact, ne dépend pas en général, comme le frottement, de la pression exercée, agit dans tous les sens, et croît proportionnellement aux surfaces juxtaposées. C'est lorsque les corps sont en repos depuis long-temps, qu'elle s'exerce avec le plus de puissance, en sorte qu'on peut regarder son effet comme momentané à l'instant où le mouvement va naître, et comme s'affaiblissant à mesure que la machine fait un service moins interrompu. L'adhérence exige un *coup de collier* à l'instant où le repos va cesser, et il faut sans doute y avoir égard dans les calculs ; mais cette force est de tout autre nature que le frottement, dont l'effet subsiste avec le mouvement, et conserve alors sa faculté de résister au glissement.

II. *Le frottement est indépendant de l'étendue des surfaces.* Cette proposition a long-temps été le sujet de contestations entre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les mécaniciens. Les célèbres physiciens Musschenbroeck et Nollet ont cité des résultats qu'ils ont obtenus, et qui tendent à établir que le frottement change avec les surfaces, la pression restant la même : mais les expériences souvent répétées par Amontons, Desaguilliers, Coulomb, etc., ont mis cette vérité hors de doute. On trouve, par exemple, que si le corps M est un parallélipipède à surfaces de même poli, mais d'étendues très inégales, que l'une n'ait, par exemple, que le cinquième de l'autre, le poids Q, capable de lui imprimer un mouvement naissant, sera le même, quelle que soit la grandeur de la surface de friction. On pourra même charger ce corps de poids quelconques, et sans doute il faudra des poids Q différens pour surmonter le frottement, ainsi qu'il va être dit; mais ces poids Q seront les mêmes par une égale pression, quand on changera l'étendue de la surface frottante du corps M.

On se rend assez bien raison de cette circonstance en considérant que le frottement est la force destinée à dégager les inégalités des surfaces qui se touchent; car il est bien vrai qu'on aura un plus grand nombre de ces aspérités à rompre ou à soulever quand la surface sera plus étendue; mais en même temps chaque point de contact sera d'autant moins chargé et exigera précisément moins de force pour être dégagé : en sorte qu'on aura d'une part un plus grand nombre de résistances à surmonter, mais que de l'autre ces résistances seront moindres, et la compensation qui s'établira n'offre plus rien de surprenant.

Le théorème dont nous parlons est en contradiction avec l'idée qu'on a vulgairement du frottement; mais il n'en est pas moins vrai pour cela, et doit faire la base de toutes les considérations du genre de celle dont nous traitons. Cependant il convient de dire, et c'est peut-être pour cela que le fait a été contesté à tort, que d'une part l'adhérence, qui est proportionnelle aux surfaces, doit être soigneusement distinguée du frottement; et de l'autre, que la proposition ne subsiste plus au-delà de certaines limites d'étendue. Car si l'on réduit la surface frottante à n'être plus qu'une pointe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou une arête, la pression, ne s'exerçant alors que sur un petit nombre de points, devient assez forte sur chacun, pour faire entrer la pointe dans le corps juxtaposé. Il arrive alors que le frottement fait naître un sillon dans celui-ci, et que la résistance a considérablement augmenté.

Dans le Traité sur l'art de tourner, l'auteur dit que le frottement est presque nul lorsque les parties frottantes de l'arbre tournant sont très dures et très polies, et que les collets sont remplacés par trois plans d'acier, disposés autour de l'axe en prisme triangulaire équilatéral, de manière que chacun ne touche l'axe que selon une seule ligne. Ce fait d'expérience ne contredit pas notre thèorème, qu'il ne faut considérer comme vrai qu'autant que les dimensions des surfaces sont d'une étendue appréciable.

III. *Le frottement est proportionnel à la pression, toutes circonstances égales d'ailleurs.* L'expérience a montré que si l'on fait croître le poids frottant M, fig. 14, en le chargeant de plus en plus, il fallait aussi, pour faire naître le mouvement, augmenter dans le même rapport le poids Q qui l'y détermine. S'il fallait, par exemple, un kilogramme, il en faudra 2, 3,.... lorsqu'on aura rendu le poids M double, triple, etc. Cette propriété, qui pourtant ne subsiste plus quand les pressions sont très petites, est le fondement de tous les calculs où l'on veut faire entrer en considération le frottement dans les machines : on l'exprime par une équation fort simple. Soit f le poids qui fait naître le mouvement pour le poids *un*, fM sera la force qui produira cet effet, ou le frottement Q pour M unités de poids; savoir :

$$Q = f\mathrm{M}.$$

Il faut donc se représenter le frottement Q comme une *force passive*, c'est-à-dire opposante au mouvement, et par conséquent favorable à l'équilibre, constamment dirigée selon la tangente à la surface de contact (perpendiculaire à la pression), et dont l'intensité fM est proportionnelle à la pression M.

Quant à la valeur de la constante f, elle dépend de l'état

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des surfaces frottantes; et selon que ces surfaces sont lisses ou rudes, graissées, humides ou sèches, tendres ou dures, en bois, en fer, en cuivre, etc., f prend des valeurs différentes. On suppose ordinairement, et comme terme moyen entre les résultats le plus ordinairement obtenus, que $f = \frac{1}{3}$, où $Q = \frac{1}{3} M$, savoir: *le frottement est le tiers de la pression.* (*V.* à cet égard les Expériences philosophiques de Desaguilliers, T. I.)

IV. Mais il ne faut pas oublier que la valeur de f n'est constante que pour des surfaces dans un état donné : changez cet état, et f prendra une valeur différente qui se conservera la même pour toutes les pressions exercées sur ces nouvelles surfaces. Le frottement peut alors n'être plus que le quart de la pression, ou même moindre encore, comme aussi il peut surpasser $\frac{1}{3}$. On a des exemples où le frottement n'était que le douzième de la pression, $f = \frac{1}{12}$, et d'autres où il en était la moitié, $f = \frac{1}{2}$.

On a trouvé encore que deux métaux semblables frottent plus l'un contre l'autre que deux métaux différens; en sorte qu'il convient plutôt de faire frotter du fer contre du cuivre, que du fer contre du fer, du moins si l'on veut ménager la force et les machines. On explique cet effet singulier en disant que dans les corps homogènes, les aspérités étant les mêmes, se pénètrent mieux dans le contact de leurs surfaces, que dans le cas où ces aspérités sont dissemblables. Il est vraisemblable que l'inégale élasticité des métaux différens s'oppose à cette sorte de pénétration, que facilite au contraire la similitude de forme et de nature de parties contiguës de même métal.

Lorsqu'on veut calculer les effets d'une machine, en ayant égard au frottement, il faut donc chercher d'abord la valeur du coefficient f, pour les circonstances proposées. A cet effet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on fera fabriquer deux plans de contact de même matière et d'un même poli que celles qui doivent frotter dans la machine, et on mettra ces surfaces en contact dans l'appareil fig. 14, l'une sur le plan immobile, l'autre sous le traîneau M. Le quotient du poids Q qui fera naître le mouvement dans un poids quelconque M, divisé par ce poids M, sera la valeur qu'il faudra adopter pour la constante f; bien entendu qu'on devra réitérer plusieurs fois l'expérience pour divers poids M, et prendre la moyenne entre les valeurs très peu différentes qu'on devra obtenir pour f dans ces diverses épreuves. Le frottement sera le produit de cette quantité f par la pression que les faces en contact doivent éprouver l'une sur l'autre, et ce frottement sera une puissance dirigée tangentiellement à ces faces, dans le sens opposé au mouvement qu'on veut produire, ou dans le sens de la puissance qui doit établir l'équilibre, selon que la machine est destinée au mouvement ou au repos.

V. On peut encore trouver la valeur de f, et répéter les expériences dont nous avons parlé, en se servant d'un plan incliné fig. 15. AB est un plan assemblé à charnière en A avec un plan horizontal AC, afin de pouvoir faire varier à volonté l'angle d'inclinaison A : cet angle est mesuré ou par un arc de cercle gradué CD, ou à l'aide d'une échelle BC qui donne la hauteur du sommet B au-dessus de la base AC ; car AB est le rayon, et BC le sinus de l'angle A, d'où l'on voit que pour une longueur constante et connue AB, la hauteur BC donnera l'inclinaison A.

Cela posé, qu'on mette sur le plan AB un poids quelconque M, et qu'on fasse croître peu à peu et sans secousse l'angle A, jusqu'à ce que le poids M commence à descendre. Sans le frottement, la plus légère inclinaison suffirait pour rompre l'équilibre ; si le corps M reste en repos sur un plan incliné AB, c'est le frottement qui l'y retient, et on peut considérer ce poids comme retenu en équilibre par cette force de friction, agissant le long du plan de A en B, pour s'opposer à la chute. Le poids M agit verticalement au centre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de gravité a et peut être décomposé en deux forces agissantes, l'une perpendiculairement au plan, l'autre dans le sens de ce plan. Représentons le poids M par la longueur ab, et formons le parallélogramme cd; ce poids équivaudra à deux forces représentées par ac et ad (*V.* page 295) : or, la première ac est entièrement détruite par la résistance du plan auquel elle est perpendiculaire; tandis que l'autre ad, dans le sens du plan, est réduite à l'état d'équilibre par le frottement, qui lui est égal et contraire. Si donc le plan a reçu l'inclinaison propre à donner au corps M un mouvement naissant, et que ce corps reste en repos sous toute autre inclinaison moindre, il est clair que la composante ad est égale à la force du frottement.

Or les triangles abd, ABC sont évidemment semblables, et on a cette proportion, AC : ab :: BC : ad, ou 1 : M :: sin A : frottement; donc frottement = M sin A. Mais d'un autre côté la pression sur le plan est la composante ac qu'on trouve de même = M cos A; le frottement est donc, = fM cos A, d'après ce qu'on a déjà dit. Égalant ces deux valeurs, le facteur commun M disparaît, et il reste $f = \frac{\sin A}{\cos A} = \text{tang A}$; c'est-à-dire que le coefficient f est la tangente de l'angle A, qu'on nomme, pour cette raison, l'*angle du frottement* : c'est l'inclinaison du plan qui permet au poids de glisser en surmontant le frottement.

Les expériences les plus ordinaires donnent A = 18° 20′ dont la tangente est le tiers du rayon, savoir : $f = \frac{1}{3}$, comme on l'a déjà trouvé ci-devant. Mais il ne faut pas oublier que ce nombre f varie avec l'état des surfaces, et les expériences doivent être faites avec des corps dans le même état que ceux qu'on se propose d'employer dans la machine.

VI. Le frottement a donc pour résultat d'user le corps qu'on fait glisser, et d'affaiblir en pure perte les forces actives du système, en employant une portion plus ou moins considérable de leur intensité à déterminer le mouvement : il est donc une cause de destruction des machines et d'anéantissement des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forces ; mais cet obstacle peut être quelquefois très utile. Sans le frottement, nous ne pourrions saisir les corps, qui glisseraient sans cesse de nos mains et de nos instrumens ; nous ne pourrions travailler les substances, marcher que sur un sol exactement de niveau, poser en repos les poids sur les tables qui ne sont jamais tout-à-fait horizontales, etc. Les énormes pressions exercées par le coin et la vis produisent des frottemens qu'on emploie fréquemment dans les Arts pour s'opposer au déplacement des corps. Le frottement sert à retenir les cordes tendues des instrumens de musique. En entourant les circonférences de deux roues par une corde sans fin qui y est dans un état de tension, on évite un engrenage et on communique à distance de l'une à l'autre un mouvement de rotation qu'on peut à volonté diriger dans le même sens ou en sens contraire, selon que la corde est formée en ovale ou en 8. Enfin, il ne faut pas oublier que si le frottement nuit à la puissance qui veut produire le mouvement, il aide au contraire celle qui est destinée à réduire un corps au repos.

Pour obtenir les conditions d'équilibre ou de mouvement d'une machine, il faut donc, outre les forces actives qui y sont employées actuellement, considérer celle qui naît du frottement, laquelle est censée connue en grandeur et en direction ; en effet, cette force est tangente aux surfaces en contact, dirigée en sens contraire du mouvement, et égale au produit fM de la pression M, par un coefficient constant f qu'on est supposé avoir trouvé préalablement. Le système proposé doit donc être regardé comme soumis à l'action de toutes ces forces, et on n'a plus à poser que des conditions statiques ou dynamiques qui rentrent dans les compositions de forces ordinaires. (*V.* p. 297.)

Les questions de ce genre ne sont résolubles que par des formules algébriques trop compliquées pour trouver place ici, et nous ne pourrions entrer dans tous les détails que ce genre de considérations exige, sans étendre notre article au-delà des limites que nous devons respecter. Nous renverrons, à cet égard, aux Traités de Mécanique et particulièrement au nôtre. *V.* pages 185 à 195 de la cinquième édition, où nous avons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi donné la théorie de la roideur des cordes et des chaînes.

VII. Jusqu'ici, nous n'avons considéré le frottement que dans les corps qui sont maintenus en repos, ou qui commencent à entrer en mouvement : il faut actuellement examiner ce qui se passe quand le corps se meut avec une vitesse déterminée. L'illustre Euler avait supposé que le frottement varie proportionnellement à la vitesse, et ce principe avait été adopté sans qu'aucune expérience eût pu servir de base à un théorème aussi important. M. Samuel Vince, de Cambridge, a fait des expériences très soignées (*V.* Transactions philosophiques, T. LXXV, p. 165) desquelles il a tiré les conséquences suivantes :

1°. Le frottement agit comme une force retardatrice constante sur tous les corps durs auxquels la vitesse du mouvement ne fait pas subir d'altération ; mais le frottement croît avec la vitesse quand les surfaces sont couvertes de laine ou de drap.

En vertu de cette proposition, les corps qui tombent suivent encore, malgré le frottement qui peut les retenir, la loi de CHUTE des corps graves, et parcourent des espaces qui croissent comme les carrés des temps : seulement la force accélératrice n'est alors qu'une fraction de la gravité, et l'espace décrit dans la première seconde n'est plus de 4,9 mètres, ou 15 pieds, comme lorsque le mouvement est libre.

2°. Le frottement ne croît plus, en général, quand la vitesse est grande, selon le rapport des pressions, et on ignore quelle est la loi qui lie la résistance et la pression.

3°. Il en faut dire autant de celle qui lie l'étendue superficielle au frottement ; car dans le cas du mouvement, l'aire de contact ne paraît plus être indifférente à l'effet.

Ces résultats ne sont pas d'accord avec ceux que Coulomb a trouvés par des expériences multipliées et faites en grand, tandis que celles du D. Vince l'ont été sur une trop petite échelle. Que *la* RÉSISTANCE DU FROTTEMENT *entre corps durs soit indépendante de la vitesse*, c'est ce qu'on s'accorde à regarder

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme démontré ; mais qu'à surfaces égales le frottement croisse dans un moindre rapport que la pression, ou, ce qui revient au même, que le frottement d'un corps en mouvement diminue avec l'étendue de la surface de contact, c'est ce qu'on refuse en général d'admettre, d'après les expériences de Coulomb : en sorte que, selon ce savant physicien, dont les opinions sont reçues en Mécanique, le frottement est toujours proportionnel à la pression et indépendant des surfaces, que le mouvement soit naissant ou rapide. Sans doute ce sujet serait digne d'un nouvel examen, et il reste encore des expériences à tenter pour mettre la théorie d'accord avec les faits observés. Dans les Cales, pour les constructions navales, lorsqu'on lance un bâtiment en mer, la vitesse de la descente est considérable, et on a remarqué que le frottement n'est quelquefois pas le douzième de la pression : ce qui tend à faire croire que la vitesse influe sur la valeur du coefficient f.

Quoi qu'il en soit, comme les expériences de Coulomb sont celles qu'on peut regarder comme les plus décisives, c'est sa théorie qui est reçue. Ainsi, surtout dans les grandes machines où les efforts sont toujours considérables, *le frottement doit être considéré comme indépendant des surfaces et de la vitesse du mouvement ; sa valeur dépend uniquement de l'état et de la nature des surfaces, et croît proportionnellement à la pression.* Ayant donc déterminé, pour chaque espèce de corps, le frottement qui répond à une pression connue, le rapport de l'une à l'autre sera la valeur du facteur f dont on doit se servir, lorsqu'on voudra calculer l'effort nécessaire pour faire glisser les deux surfaces l'une sur l'autre. Cependant si la machine reste stationnaire durant quelque temps, au premier moment, le frottement sera supérieur à celui qui vient d'être assigné, lequel ne s'établira qu'après le premier coup de collier qui aura dégagé les surfaces.

Pour faciliter les applications de ces principes aux besoins de la Mécanique pratique, nous donnons ici deux tableaux qui serviront à fixer d'avance la valeur du coefficient f dans toutes les machines où l'on n'aura pas été à portée d'en trou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ver directement la grandeur par des expériences spéciales. On y voit qu'il y a une grande différence entre les valeurs du frottement, quand on a laissé les surfaces quelque temps en contact, ou quand l'adhérence, au contraire, n'a pas eu le temps de se contracter, et que l'hypothèse que le frottement est en général le tiers de la pression est bien éloignée d'être exacte.

Nous donnons en outre un troisième tableau relatif aux axes des machines de rotation. On remarquera que le frottement y est en général un peu moindre, les circonstances étant égales d'ailleurs, que lorsqu'il s'agit de surfaces planes qui glissent l'une sur l'autre. On y voit aussi que le frottement est beaucoup au-dessous du tiers de la pression.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ier TABLEAU.

Cas où les surfaces étant planes, un long contact a permis à l'adhérence de se développer.

INDICATION DES SURFACES.	RAPPORT du frottement à la pression.	OBSERVATIONS.
Chêne sur chêne, fibres parallèles.	0,44	Le frottement atteint son maximum après quelques secondes.
Id., fibres, *id.*, surface réduite à une arête arrondie.....	0,42	*Id.*
Id., fibres croisées.....	0,27	*Id.*
Id., enduit de suif frais.....	0,38	Le frottement atteint son maximum en quelques jours; l'adhérence produit une résistance d'environ 19 kilogr. par mètre carré.
Id., après un long user, enduit de vieux oing.....	0,21	*Id.*, 39 kilogr. d'adhérence par mètre carré.
Chêne sur sapin, fibres parallèles.	0,67	Le frottement atteint son maximum après quelques secondes.
Sapin sur sapin, fibres *id.*.....	0,56	
Orme sur orme, fibres *id.*.....	0,46	
Fer sur chêne.....	0,20	Le frottement n'était peut-être pas arrivé au maximum.
Cuivre sur chêne.....	0,18	
Fer sur fer.....	0,28	Le frottement a atteint son maximum au bout de quelques secondes.
Cuivre sur fer.....	0,26	
Id., surface réduite à des pointes émoussées.....	0,17	
Id., enduit de suif frais.....	0,11	Le maximum au bout de quelques heures. Adhérence d'environ 7 kilogr. par mètre carré.
— enduit d'huile.....	0,17	
— enduit de vieux oing.....	0,14	
Pierre de liais fine, polie.....	0,58	La valeur du frottement sensiblement la même quand le mouvement naît ou quand la vitesse est notable.
Pierre de liais de Château-Landon, dure, surface piquée....	0,78	
Caisse en bois, glissant sur le pavé.....	0,58	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IIe TABLEAU.

Cas où les surfaces étant planes, le mouvement subsistait depuis quelque temps.

INDICATION DES SURFACES.	RAPPORT du frottement à la pression.	OBSERVATIONS.
Chêne sur chêne, fibres parallèles.	0,11	
Id., fibres *id.*, surface réduite à des arêtes arrondies...	0,08	
Id., fibres croisées.....	0,10	
Id., fibres *id.*, surface réduite à des arêtes arrondies..	0,10	
Id., fibres parallèles, enduit de suif ou de vieux oing.....	0,035	L'adhérence des surfaces produit une résistance d'environ 30 kilogr. par mètre carré.
Id., — surface réduite à des arêtes arrondies et onctueuses, ou avec enduit.....	0,06	
Chêne sur sapin, fibres parallèles.	0,16	
Sapin sur sapin.....	0,17	
Orme sur orme.....	0,10	
Chêne sur fer, fibres parallèles, vitesse très petite.....	0,08	Le frottement croît avec la vitesse, à moins qu'un long service n'ait usé les surfaces.
Id., — vitesse de 3 décimètres par seconde.....	0,17	
Id., — surfaces petites, onctueuses, mais sans enduit....	0,07	Le rapport du frottement à la pression est constant.
Fer sur fer.....	0,28	Le frottement diminue par l'user des surfaces.
Cuivre sur fer.....	0,24	L'user réduit le rapport à 0,17.
Fer sur fer, enduit de suif frais..	0,10	L'adhérence produit une résistance d'environ 14 kil. par mètre carré.
Cuivre sur fer, enduit *id.*.....	0,10	Adhérence moitié moindre.
Id., — surface réduite à des pointes émoussées, onctueuses, ou enduites de suif et d'huile.....	0,12	Adhérence comme nulle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III^e TABLEAU.

Frottement des axes, le mouvement ayant lieu depuis quelque temps.

INDICATION DES SURFACES.	RAPPORT du frottement à la pression.
Axe de fer dans une boîte de cuivre.	0,155
Id., — avec enduit de suif.	0,085
Id., — avec enduit de vieux oing.	0,12
Id., — les surfaces étant pénétrées par le suif et restant onctueuses.	0,127
Id., — avec enduit d'huile.	0,13
Id., — enduit ancien, la machine ayant servi continuellement.	0,133
Axe de chêne vert dans une boîte de gaïac, enduit de suif.	0,038
Id., — enduit essuyé, surfaces onctueuses.	0,06
Id., — enduit ancien.	0,07
Axe de chêne vert, boîte d'orme enduite de suif.	0,03
Id., — enduit essuyé, surfaces onctueuses.	0,05
Axe de buis, boîte de gaïac enduite de suif.	0,043
Id., — enduit essuyé, surfaces onctueuses.	0,07
Axe de buis, boîte d'orme enduite de suif.	0,035
Id., — enduit essuyé, surfaces onctueuses.	0,05

Pour les pistons des machines à colonnes d'eau, et des machines à vapeurs, il suit des expériences de Langsdorf, auteur d'une Théorie des pompes, que la résistance du frottement, évaluée en kilogrammes, est égale à l'expression

$$300\,rH,$$

r étant le rayon du cylindre où se meut le piston, et H la hauteur de la colonne qui charge le piston, ces deux élémens étant évalués en mètres. Il en faut conclure que cette résistance est proportionnelle à la charge du piston et à son diamètre.

Quant au frottement des voitures, il croît avec la charge,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puisqu'il est proportionnel à la pression. Voici ce qu'on trouve à ce sujet dans l'Architecture de Bélidor, par M. Navier, T. I, p. 147. Quand une voiture roule sur un terrain horizontal, ferme et uni, ou sur le pavé, les chevaux allant au pas, la force du tirage peut s'estimer le vingt-cinquième de la charge totale environ. Si la vitesse est plus grande, le tirage n'augmente pas sensiblement sur un terrain uni, mais il augmente beaucoup sur le pavé. Pour une voiture suspendue, allant au grand trot, sur une chaussée pavée en grès, le tirage est d'environ le quatorzième de la charge. Dans un terrain sablonneux, ou sur des cailloux nouvellement placés, le tirage, au pas comme au trot, est également le huitième de la charge. Ces résultats, dus à Boulard et au comte de Rumford (Journ. de Phys., décembre 1785, et Bibl. brit., Tom. XLVII), s'accordent avec les nouvelles observations communiquées à la Société royale d'Édimbourg, d'après lesquelles le tirage sur un bon chemin horizontal est entre le vingt-cinquième et le trentième de la charge. (Bibl. univ., T. I, p. 165.)

On peut considérer une roue sous le rapport de l'avantage qu'elle offre pour franchir un obstacle; c'est ce qu'on appelle la *puissance d'une roue*. On admet ordinairement que cette puissance est proportionnelle à la racine carrée du rayon de la roue. Plus les roues sont grandes, et plus la résistance sera diminuée.

Nous ne nous sommes point arrêtés à considérer les frottemens de seconde espèce, parce que, comme ils sont extrêmement faibles, on les néglige ordinairement dans le calcul des effets des machines; mais on voit que cette circonstance n'est pas toujours à négliger. En réunissant toutes les notions qu'on a exposées dans cet article, on en tire la conséquence qu'il est certain que jamais on ne peut considérer comme nul un frottement quelque doux qu'il soit; qu'il est toujours une cause retardatrice du mouvement, opposée à la force motrice, et que par conséquent le *frottement fait toujours perdre une partie plus ou moins grande de la force vive qui meut le système*. Cette résistance, qui s'exerce sans cesse, diminue la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vitesse, et finit par détruire le mouvement, si cette perte n'est pas réparée par une nouvelle dépense de force. FR.

FROTTEUR (*Technologie*). On donne le nom de *frotteurs* à des ouvriers qui vont de maison en maison, soit pour mettre en couleur les parquets ou les carreaux des appartemens, soit pour les cirer et les entretenir dans un état de propreté. Comme les préparations et les couleurs sont différentes pour les parquets et pour les carreaux, nous diviserons cet article en deux paragraphes, et nous commencerons par les parquets.

§ 1^er^. *Des parquets.*

Les parquets sont ordinairement formés de pièces de menuiserie, dans lesquelles on allie le chêne et le noyer, qui forment des assemblages très agréables à la vue. On exécute quelquefois des planchers en plâtre qui forment de jolis parquets. Dans tous les cas, on les peint d'une couleur jaune-citron, et l'on a trouvé que c'est celle qui est la plus agréable, tant sur le bois que sur le plâtre.

Pour obtenir cette couleur, on fait bouillir dans seize livres d'eau une demi-livre de graine d'Avignon, autant de *terra merita* et de safran bâtard (*safranum*). On ajoute au mélange quatre onces d'alun, ou mieux de carbonate de potasse (potasse du commerce); on passe le tout par un tamis de soie, et on ajoute, à la liqueur passée, quatre livres d'eau, chargées d'une livre de colle de Flandre.

On étend avec le balai deux couches de cette couleur; et lorsqu'elle est sèche, on passe la cire, et on polit avec le frottoir.

Par cette préparation, on ne cherche, dans le *safranum*, que la partie colorante jaune, soluble à l'eau : la partie rouge, soluble dans l'alcali, passe en partie dans le bain, si l'on se sert de la potasse. Cependant, comme cette partie rouge demanderait, pour paraître, l'addition d'un acide, son effet, dans ce cas-ci, est peu aperçu; mais elle contribue à la solidité de la couleur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. *Des carreaux des appartemens.*

On passe une brosse rude sur les carreaux avec de l'eau qui sort d'une lessive ordinaire, ou avec de l'eau de savon, ou enfin avec de l'eau chargée d'un vingtième de potasse du commerce. Ce lavage nettoie à fond, emporte toutes les taches de graisse, et dispose toutes les parties du carrelage à bien recevoir la couleur. On laisse sécher parfaitement.

D'un autre côté, on fait dissoudre, dans huit livres d'eau, une demi-livre de colle de Flandre. On mélange à cette solution, lorsqu'elle est encore bouillante, deux livres d'ocre rouge, qu'on détrempe exactement. On applique une bonne couche de cette couleur sur les carreaux, et on laisse sécher. On donne une seconde couche de rouge de Prusse, détrempé avec de l'huile de lin siccative; enfin, une troisième couche avec le même rouge détrempé à la colle. Lorsque l'ouvrage est sec, on frotte avec de la cire, et l'on polit avec le frottoir.

Telle est la méthode assez généralement employée; et cette alternative de couches a ses réserves particulières. La première donne le pied à la seconde en pénétrant dans les carreaux; et la dernière reçoit de la seconde beaucoup de solidité, et obvie à la lenteur de la dessiccation de la couche à l'huile, qui s'attacherait aux pieds ou qui s'écorcherait sous le frottoir, si elle n'était pas entièrement sèche. On pourrait se passer de la troisième couche, en mêlant de la litharge en poudre à la couleur, qui en deviendrait plus siccative.

M. Tingry a beaucoup abrégé l'opération en rougissant les carreaux neufs d'un apprêt composé des parties séreuse et colorante du sang de bœuf, qu'on sépare, à la tuerie même, de la partie fibreuse. Cet apprêt est de la première force et d'une grande solidité. Si ensuite on passe une seule couche au bol rouge de Prusse, détrempée à l'huile de lin siccative, on peut cirer et frotter peu de temps après. Cette application est de toute solidité, et coûte moins que la première. Un séjour habituel de trente années dans une salle ainsi préparée, n'avait porté aucune atteinte à la couleur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On donne aussi un très beau rouge avec un bain de garance aluminé. Une livre de garance en poudre grossière, quatre onces d'alun, et douze livres d'eau, suffisent pour cet apprêt. On en applique deux couches sur les carreaux neufs, et on passe ensuite à la cire et au frottoir.

Cette application, qui produit le plus bel effet, n'est pas aussi durable que la précédente. L.

FRUITIÈRES (*Agriculture*). C'est le nom qu'on donne en Suisse, et dans plusieurs départemens voisins, à des sociétés dont les membres se sont réunis pour porter le lait que produisent leurs troupeaux, dans une laiterie commune, où l'on fait fabriquer le beurre et le fromage, qu'on livre ensuite à la consommation. Nous nous proposons de parler de ces utiles associations à l'article LAITERIE.

On donne le nom de *fruitières* à des femmes dont la profession est de vendre en détail, dans les grandes villes, les fruits et légumes, le beurre, les œufs,... qu'elles ont achetés en gros dans les marchés publics. Quelquefois les fruitières parcourent les villages avec une charrette, pour y débiter leurs marchandises, etc. FR.

FRUITS. Dans plusieurs articles spéciaux, nous devons nous occuper de quelques-uns des principaux arbres à fruits, et de certains fruits employés comme matières premières dans plusieurs Arts industriels, etc., etc. Ici nous nous bornerons à présenter quelques données générales, et nous indiquerons les moyens de conservation que l'on peut employer, soit pour prolonger au-delà des saisons qui les amènent, les jouissances que nous procurent les fruits alimentaires, soit pour rendre faciles à transporter les fruits abondans en certaines contrées et rares dans beaucoup d'autres.

Le premier genre de conservation est sans contredit le plus difficile, puisque, se proposant de garder les fruits dans l'état où leur maturation les a mis, on les laisse exposés à toutes les chances d'altération spontanée; pour éviter qu'ils se détériorent en cet état, il faut surtout qu'ils aient été cueillis avec certains soins, que nous allons rappeler succinctement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fruits que l'on veut conserver doivent être détachés de l'arbre lorsqu'ils ont acquis tout leur développement; on choisit un temps sec pour cette récolte. Il faut avoir le soin que dans l'effort qu'on fait pour les cueillir, ils ne soient pas déprimés en quelque point de leur superficie ; car une seule meurtrissure, en rompant l'organisation intérieure, facilite les réactions de leurs principes, et la fermentation qui s'établit en cet endroit produit bientôt une altération plus profonde. C'est pour les mêmes motifs qu'on doit les poser doucement dans un panier, et éviter encore tous les chocs dans leurs transports.

Les fruits d'automne, tels que le *beurré*, le *mouille-bouche*, le *sucré-vert*, etc., n'acquièrent pas une maturité complète sur l'arbre; ils ne sont bons à manger que lorsqu'après avoir séjourné pendant quelque temps dans le fruitier, ils obéissent à une pression légère du pouce. Les pommes et les poires cassantes sont toujours fermes; la couleur et le goût qu'elles acquièrent dénotent leur maturité. En général, les fruits d'automne se cueillent à la fin de septembre ; les poires et les pommes d'hiver, dans les derniers jours d'octobre, excepté le *bon-chrétien* d'hiver, que l'on doit cueillir un peu plus tard.

Les fruits mous, ne pouvant être conservés, se consomment quelques jours après leur récolte, ou confits sous diverses formes. (*V.* CONFITURE, SUCRE, VINAIGRE.)

On sait que les pêches, les abricots et la plupart des prunes sont cueillis en été, lorsque près de la queue ils fléchissent sous le pouce.

Les *pêches violettes, brugnons, Pavie*, ne sont mûrs que lorsqu'ils se détachent presque spontanément.

Lorsque les fruits de garde doivent être transportés à des distances éloignées, on les emballe dans des caisses, en remplissant avec du son ou des rognures de papier tous les interstices qu'ils laissent entre eux, ou enveloppant chacun d'eux d'une feuille de papier. On place les caisses sur des voitures suspendues. Dès que les fruits sont arrivés au lieu de leur destination, on les porte au *fruitier* : c'est une chambre à l'é-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tage inférieur de la maison, située au nord et garnie autour de ses parois latérales de tablettes en chêne ou en sapin, espacées de 6 à 8 pouces, et bordées d'une tringle en bois de 5 à 6 lignes. Cette chambre est garnie de doubles croisées, afin que la température ne puisse s'y abaisser jusqu'au degré de la gelée. Les fruits sont rangés sur les tablettes, très près les uns des autres, mais sans qu'ils se touchent. On les visite fréquemment dans les premières semaines, afin de séparer ceux qui commencent à se gâter.

Si le fruitier était placé dans l'étage supérieur d'une maison, l'air y serait généralement trop sec, les fruits s'y altéreraient en éprouvant une dessiccation qui les rendrait beaucoup moins savoureux. Dans un endroit trop humide, le fruitier, surtout si sa température pouvait s'élever de temps à autre, conserverait mal les fruits. La situation qui conviendrait le mieux pour obtenir dans un fruitier la plus longue conservation possible, ce serait celle d'un souterrain assez profond pour que la température fût à très peu près constante : en effet, c'est surtout par les changemens de température qui dilatent ou raréfient les liquides renfermés dans les fruits, que la fermentation peut y être excitée et l'organisation intérieure peu à peu détruite. Dans un souterrain profond, ces variations n'ont pas lieu ; la température étant toujours assez basse, et l'air n'y pouvant être trop sec, il est difficile que la fermentation s'y développe et s'y soutienne : aussi est-ce une chose assurée que la conservation des fruits dans les souterrains. Plusieurs autres exemples remarquables de longue conservation y ont été constatés. J'en rappellerai un dont j'ai été le témoin. Des Betteraves arrachées et rentrées sans beaucoup de soin dans les anciennes carrières creusées sous la montagne de Passy près de Paris, et rangées là en petits tas séparés les uns des autres, s'y sont conservées fermes, sonores et sucrées, pendant plus de deux ans ; on n'eut d'autres précautions à prendre que de tordre les feuilles qui se développaient sur toute la superficie des têtes dans le temps de la végétation. On sait que ces racines charnues sont très altérables : en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelques jours, à l'air sec, elles perdent beaucoup d'eau, deviennent molles et coriaces; à l'air humide, si la température est douce, la moindre meurtrissure ou écorchure détermine promptement une altération profonde, qui est bien plus rapide encore dans les betteraves mises en tas : leur jus perd sa saveur sucrée, puis il devient plus acide, la fermentation intestine fait de rapides progrès. Bientôt une ou plusieurs racines, et quelquefois la plupart de celles d'un même tas, tombent en pourriture.

Il est assez rare que l'on ait à sa disposition des carrières aussi profondes que celles ci-dessus mentionnées, où l'on puisse établir un fruitier; mais tout autre souterrain qui ne sera pas trop humide devra toujours être préféré aux chambres d'un étage quelconque. Si la profondeur de ce souterrain n'est pas assez grande pour qu'il soit à l'abri de la gelée, il sera nécessaire, dans les grands froids, d'amonceler près de la croisée du fumier en plus ou moins grande quantité.

Le second mode de conservation des fruits, qui s'applique surtout, ainsi que nous l'avons dit, à ceux qui ne peuvent être consommés dans les environs des contrées où ils abondent, consiste dans la dessiccation.

On doit cueillir un peu avant que la maturation soit complète, les fruits à couteau que l'on se propose de faire dessécher. On enlève leur pelure, on les étend sur des feuilles de papier posées sur des clayonnages en osier; lorsque ceux-ci sont chargés, on les porte dans un four chauffé, pour les poires, très peu au-dessous de la température convenable à la cuisson du pain, mais moins encore pour la pomme; au bout de 15 à 20 minutes, on retire les claies et on les expose au soleil pendant toute la journée; on les rentre le soir, et le lendemain on les remet au soleil. On continue cette manœuvre jusqu'à ce que les fruits paraissent presque complètement secs. Alors on achève la dessiccation au degré convenable, en remettant les claies, à plusieurs reprises, au four bien moins chauffé que la première fois, et les exposant dans les intervalles au soleil. Si la main-d'œuvre de ces expositions multipliées au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soleil est trop coûteuse, ou que le temps ne permette pas de les faire, on y suppléera facilement en plaçant les fruits sur des filets tendus à l'aide de châssis, et disposés horizontalement à quelques pouces les uns des autres, dans une ÉTUVE ou SÉCHOIR à courant d'air chaud. (*V.* ces mots.)

Le raisin que l'on se propose de faire sécher doit être cueilli bien mûr, et exposé, immédiatement après avoir été épluché, au soleil ou dans une étuve. Ce n'est que lorsque la dessiccation est fort avancée, qu'il est utile de le mettre au four. Quelque temps après que les raisins secs ont été préparés, une matière blanchâtre cristalline vient ordinairement se montrer à leur superficie : c'est le sucre de ce fruit qui, privé de l'eau par laquelle il était dissous, apparaît ainsi sous forme solide ou *candi*.

La dessiccation du raisin ne doit pas être poussée trop loin ; il deviendrait dur, et perdrait en grande partie sa saveur agréable.

Les prunes se dessèchent par les mêmes moyens que le raisin : plus leur dessiccation est promptement opérée, et plus la saveur qu'elles conservent est agréable et sucrée. (*V.* PRUNEAUX.)

Ce sont encore les mêmes procédés que l'on suit dans la préparation des divers fruits conservés qui s'exportent au loin, des pays méridionaux et du midi de la France. Tels sont les *raisins de Corinthe* et de *Damas*, les *dattes*, les *jujubes*, les *figues grasses* et *violettes*. Dans les lieux où l'on expédie ces fruits et où ils sont consommés, on doit les choisir récens, séchés de l'année, bien *nourris*, pas poisseux, exempts de *mites*, dont il est rare qu'ils soient préservés pendant plus d'une année. On les garde enfermés dans des caisses bien closes et tenues dans des magasins frais sans être humides, et cependant pas assez secs pour altérer les fruits, en les faisant candir par une dessiccation trop avancée. Enfin, il est important de renouveler tous les ans sa provision de fruits. Aussi les marchands ont-ils le soin de débarrasser leurs magasins de ces marchandises vers l'arrière-saison.

Parmi les *oranges*, *cédrats*, *citrons*, *bergamottes*, etc., on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

doit donner la préférence à ceux dont les écorces sont fines, très lisses, et sont abondamment pourvues de leur HUILE ESSENTIELLE : en effet, ce caractère, non-seulement dénote un fruit qui a conservé tout son jus, mais encore il indique que les cellules d'huile essentielle, bien gonflées, n'ayant pas laissé d'interstices entre elles, l'air n'a pu pénétrer dans l'intérieur, et déterminer le commencement d'une fermentation pernicieuse. On sait que ces fruits peu altérables se transportent facilement à de grandes distances, dans des caisses qui en sont remplies.

Fruits secs. On connaît plus particulièrement sous ce nom, depuis quelques années, des fruits à cidre, poires et pommes mélangées, qui ont été desséchés le plus économiquement possible, par des moyens semblables à ceux que nous avons indiqués ci-dessus, et sans avoir été pelés.

On a beaucoup employé ces fruits dans la préparation d'une BOISSON fermentée (*V.* ce mot), dont on pouvait rendre le goût plus agréable en y ajoutant du jus de pommes fraîchement cueillies ou bien conservées. On fait aujourd'hui moins d'usage des fruits secs, parce que les droits qu'ils supportent aux barrières de Paris et des villes à *octroi* rendent moins économique la boisson qu'ils procurent. P.

FUMIER. On a donné ce nom à la fiente des animaux mêlée dans les étables avec la paille qui leur sert de litière. On emploie les fumiers des divers animaux pour nourrir et activer la végétation ; ils ont plus ou moins d'énergie, suivant les animaux qui les produisent. Les plus actifs, tels que celui de mouton en première ligne, et celui de cheval en seconde, sont nommés *fumiers chauds ;* ceux qui sont moins actifs, tels que celui des vaches, sont dits *fumiers froids.*

Le fumier de mouton est très convenable pour fertiliser les prairies humides ; il se répand en quelque sorte spontanément dans le parcage de ces bestiaux. Le fumier des chevaux, très convenable dans la grande culture, s'emploie beaucoup aussi dans l'engrais des jardins, la formation des COUCHES chaudes, pour faire lever promptement diverses plantes printanières, obtenir des *primeurs,* faire végéter des plantes méridio-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nales dans les pays froids, pour faire venir des champignons.

On emploie encore le fumier pour abriter les *châssis*, les conduites d'eau, les pompes, etc., des gelées. Après avoir servi à ces divers usages, ou avoir été abandonné en tas pendant un temps plus ou moins long, il se convertit, par les derniers effets de la fermentation, en TERREAU. On trouvera, à l'article ENGRAIS, des données utiles sur l'application des fumiers à la grande culture. P.

FUMIGATION. Les anciens ne connaissaient d'autre moyen d'assainir un lieu infecté que d'y brûler des aromates, c'est-à-dire d'y répandre la fumée qui se dégage pendant leur combustion; et de là l'expression de *fumigation*. Aussitôt que l'état de la science eut permis d'apprécier ce mode de désinfection et d'en reconnaître l'insuffisance; on a eu recours à d'autres procédés. Ainsi on a employé des vapeurs acides, du chlore gazeux, etc.; mais on n'en a pas moins conservé la même dénomination. *Fumiger* un lieu est donc y répandre une vapeur ou un gaz de nature à pouvoir détruire les miasmes morbides ou délétères qu'il renferme. Les procédés divers auxquels on peut avoir recours pour cet objet ont été décrits aux mots ASSAINISSEMENT, DÉSINFECTION; et, en y revenant ici, nous ne pourrions que répéter ce que nous en avons déjà dit.

Les médecins prescrivent fréquemment d'exposer tout ou partie du corps humain à l'action d'une fumée aromatique, d'une vapeur ou d'un gaz quelconque; et on désigne toutes ces médications sous le nom de *fumigation*. Elles ont été indiquées et décrites au mot BAINS.

Enfin, dans les Arts, on se sert aussi du mot de *fumigation* pour indiquer l'opération dans laquelle on expose un corps quelconque à l'action d'une vapeur. R.

FUMISTE. On donne ce nom à des gens qui font métier d'empêcher, pour un prix convenu, les cheminées de fumer. Une grande habitude et des recettes acquises de père en fils, suppléent, en général, chez ces gens, aux principes de la PYROTECHNIE. (*V.* ce mot.) P.

FUMIVORE. On donne ce nom aux fourneaux dans lesquels

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des dispositions particulières sont ménagées dans le but d'achever la combustion des parties combustibles qui se sont échappées dans les conduits de la fumée. Cette question est assez difficile ; beaucoup de gens s'en sont occupés, et ont cru la résoudre. Nous verrons, dans l'article PYROTECHNIE, jusqu'à quel point quelques-uns y sont parvenus, et nous indiquerons les conditions à remplir pour obtenir un fourneau réellement fumivore. P.

FURET. Animal à jambes courtes, corps mince et alongé, museau pointu, d'une odeur très forte, et qu'on a réduit en domesticité pour les plaisirs de la chasse. Le furet dort presque continuellement : on l'élève dans un tonneau ou une caisse, sur un lit de foin ou d'étoupes ; il se nourrit de pain, de son, de lait, etc. Les femelles portent six semaines et produisent cinq à six petits, et même jusqu'à huit et neuf ; elles font deux portées par an.

Cet animal est naturellement ennemi du lapin. On le muselle un peu à l'aise pour qu'il ne soit pas gêné par la muselière ; et on le lâche dans un trou de lapins ; la forme de son corps lui donne la facilité d'y pénétrer. Le furet ne tarde guère à effrayer les lapins, qui, pour fuir le danger, sortent de terre. Le chasseur se tient attentif près des orifices du terrier, et, armé d'un fusil, il tue ces animaux fugitifs. Quelquefois on garnit ces bouches de collets en fins fils de fer enlacés en nœuds coulans, où le lapin se prend et s'étrangle ; ou bien on y dispose des bourses en filet, où le lapin se jette vivement dans son effroi et referme la bourse ; on le prend alors vivant.

Ce moyen de chasse est non-seulement un plaisir, surtout pour les femmes qui manquent d'adresse au tir, ou qui ne veulent pas se fatiguer à parcourir les bois et les champs ; mais le *furetage* est souvent nécessaire pour détruire les lapins. Ces animaux peuplent avec tant de fécondité qu'on est exposé, surtout en hiver ; à les voir ronger jusqu'aux écorces des jeunes arbres pour se nourrir : ce qui détruit les bois et cause beaucoup de dommages.

Quand il arrive que le furet s'endort dans le terrier, on l'en-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fume avec de la paille humide; ou bien on creuse un trou d'un demi-mètre de largeur au milieu du terrier, et on y met un lit de foin. Le furet ne tarde guère à venir s'y coucher, et on l'y retrouve endormi le lendemain matin, surtout si le trou a été fait à la croisée de plusieurs passages du terrier. FR.

FUSAIN (*Technologie*). Le *fusain commun* (*evonymus vulgaris*), qu'on nomme aussi *bonnet de prêtre*, *bois carré*, *bois à lardoire*, est un arbrisseau de vingt à trente pieds de hauteur. Ses jeunes rameaux sont quadrangulaires, et d'un vert lisse. Son bois, d'un jaune tendre, est précieux dans les arts industriels. Il obéit au ciseau du sculpteur; il est employé dans la marqueterie; les luthiers l'emploient dans la fabrication des instrumens; les tourneurs en font des vis, des fuseaux, des lardoires. Le charbon de fusain entre dans la composition de la poudre à canon. Les cordonniers en font des chevilles qu'ils placent dans les talons des souliers et des bottes.

Les horlogers en font des pointes dont ils se servent pour nettoyer les trous les plus fins des montres et des pendules.

Carbonisé dans un creuset ou dans un tube de fer hermétiquement fermés et rougis, il fait des crayons précieux pour les esquisses, parce que leurs traits s'effacent avec beaucoup de facilité.

Les fruits du fusain servent à teindre en jaune, en vert, et donnent une couleur rousse. L.

FUSEAU. Petit instrument fait ordinairement sur le tour, pointu par un de ses bouts et arrondi par l'autre, avec lequel on file à la quenouille.

Les filateurs donnent le nom de *fuseau* à une petite broche de forme conique en bois, sur laquelle ils mettent du coton filé en gros ou en fin. (*V.* FILAGE *du coton*.) E. M.

FUSEAU DE GÉOGRAPHIE. *V.* GLOBE, AÉROSTAT, T. I, page 180, et fig. 2, Pl. 1 des *Arts physiques*. FR.

FUSÉE (*Technologie*). Les horlogers donnent ce nom à un cône tronqué à peu près de la figure d'une cloche, dont le contour est cannelé en rainure creuse, faite en spirale allant de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la base au sommet. C'est autour de cette rainure que s'enveloppe la chaîne qui répond de la fusée au barillet ou tambour qui renferme le ressort moteur.

L'invention des horloges portatives, qu'on appelle *montres*, date de la fin du quinzième siècle. Le moteur de ces machines ingénieuses n'a pas varié depuis cette invention. C'est un ressort formé par une lame d'acier trempée et pliée en spirale, fig. 1, Pl. 30, que l'on place dans un tambour ou barillet. Ce ressort est percé à ses deux extrémités. Le bout extérieur s'engage dans un crochet rivé à la paroi cylindrique intérieure du barillet, tandis que l'autre bout est saisi par un autre crochet placé sur l'arbre du barillet sur lequel ce dernier se meut. Par cette construction, si l'on fait tourner l'arbre et qu'on retienne le barillet, le ressort se tend, et si l'arbre est arrêté par un ENCLIQUETAGE, de manière à ne pas pouvoir reculer, c'est le barillet qui tourne avec plus ou moins de vitesse, selon que le ressort a été plus ou moins tendu.

Dans les anciennes montres, et avant l'invention de la fusée, le barillet portait une roue d'engrenage, comme le représente la fig. 2; ou bien le barillet était fixé sur la platine A par deux vis *b*, *c*, qui passaient dans des oreilles *d*, *e*, que portait le barillet, comme l'indique la fig. 3, et comme on le pratique encore dans le petit rouage des montres à répétition, la roue portant l'arbre de barillet.

On ne tarda pas à s'apercevoir que le ressort n'ayant pas une force constante, et que sa force étant d'autant plus grande qu'il est plus tendu, les montres variaient considérablement dans le courant des vingt-quatre heures de leur marche, et l'on s'occupa inutilement de mille moyens pour corriger cet inconvénient. Enfin, un mécanicien plein de génie, dont l'histoire ne nous a pas conservé le nom, inventa la fusée, que *Julien Leroy* regarde comme la plus belle invention de l'esprit humain.

Une propriété très importante de la fusée est de servir à égaliser la force du ressort moteur des horloges portatives, en sorte que le ressort, par cette belle invention, devient une puissance motrice aussi égale et aussi constante que celle du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poids moteur, et qu'elle a même plus que ce dernier l'avantage d'être portative sans que le mouvement ni les positions puissent en changer l'action.

C'est par l'inégalité des diamètres des spires que la fusée obtient cette belle propriété d'égaliser la force inégale du ressort : car lorsque le ressort est au haut de la bande, la chaîne se développe sur le plus petit diamètre de la fusée, ce qui diminue l'action du ressort sur le rouage ; et lorsque le ressort est au bas ou à la fin de sa tension, la chaîne agit sur le plus grand diamètre de la fusée. Cet effet ramène à l'égalité l'action que le ressort communique au rouage par l'intermédiaire de la fusée.

Voici comment est construit ce mécanisme. La chaîne H (fig. 4), qui entoure le barillet A, et qui est attachée à la poulie conique ou spirale G, qu'on appelle la *fusée*, tend, par la force du ressort renfermé dans le barillet, à faire tourner cette fusée, et par conséquent la roue F qui est fixée sur son axe.

Cette roue F est taillée en ROCHET : on la voit en *ff*, fig. 5 ; elle se loge dans une creusure B, pratiquée dans l'épaisseur de la grande roue D, où ses dents reçoivent le cliquet *a*, poussé par le ressort *b*, qui empêche la fusée de retourner en arrière lorsqu'elle est sollicitée par le ressort moteur. La fusée ne peut par conséquent tourner sans entraîner la grande roue D, qui communique au rouage la force du ressort moteur. Cette grande roue D est fixée à la fusée par la goutte en acier C qui entre à frottement dur sur la tige de l'arbre de la fusée.

La force que la chaîne communique à la fusée a d'autant plus ou moins d'effet qu'elle atteint cette fusée plus loin ou plus près de son axe. On doit donc tailler la fusée de telle manière qu'au fur et à mesure que la force du ressort devient plus petite en se débandant, la chaîne atteigne la fusée dans des points de plus en plus éloignés de son axe ; de sorte qu'il en résulte une égalité continuelle d'effet.

Quelque précaution que l'on prît, il aurait été impossible de tailler une fusée à la main ; les difficultés insurmontables qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rencontra firent imaginer des outils qui ont successivement reçu de grands perfectionnemens. La plus ingénieuse et la plus parfaite de ces machines que l'on connaisse est celle qui est généralement en usage en ce moment : elle fut imaginée par M. Lelièvre, et ensuite perfectionnée par M. Gédéon Duval. En voici la description.

Pour concevoir aisément cette machine, il faut considérer d'abord l'axe A*d*, fig. 6, qui porte la fusée ; le pignon *t*, et la manivelle M; ensuite le burin *b*, qui doit former les rainures, et enfin le plan incliné I, I, qui doit faire mouvoir le burin *b*, de la base 1 au sommet 5 de la fusée F, de la manière suivante.

Lorsqu'on tourne la manivelle M, le pignon *t*, que porte l'axe A, fait monter et descendre la règle ou crémaillère R, P, au moyen des dents qu'elle porte, lesquelles sont perpendiculaires au plan de cette règle, et engrènent dans le pignon *t* ; cette règle P, R, et le plan incliné I, I, qu'elle porte, montant et descendant ainsi de *x* en *z* et de *z* en *x*, le plan incliné fait mouvoir le burin *b* de *b* en 1, et alternativement, suivant le côté selon lequel on tourne la manivelle. C'est au moyen du talon T que cet effet se produit ; il appuie continuellement contre le plan incliné I, I ; ce talon est pressé par un ressort contenu dans le barillet B, parce que la chaîne *s* tient au talon et au barillet. Ce talon T est formé sur la barre T, L, qui se meut à coulisse sur les supports S, S, qui sont fendus pour l'y laisser passer sans gêner le mouvement de cette barre T, L : celle-ci porte la *boîte* C, au travers de laquelle passe le burin *a*, *b*.

Par conséquent si l'on fait tourner la manivelle M de manière que le plan incliné monte sur le talon T, et que le burin *b* vienne à la base 1 de la fusée, et qu'alors on fasse tourner la manivelle de l'autre côté, pour faire descendre la règle et le plan incliné, et qu'on appuie en *m* sur le burin *a*, *b*, la pointe *b* formera sur la fusée F une rainure spirale de la base au sommet. Voilà en gros l'effet de cette machine : il est important d'entrer dans de plus grands détails.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fusées sont de différentes hauteurs, suivant que les *montres* sont plus ou moins plates. On met quelquefois sur une fusée qui est basse, le même nombre de tours de rainures ou de chaînes que sur une qui est fort haute. Il faut donc que le burin *b*, pour un même nombre de tours de manivelle, parcoure un chemin différent, selon la hauteur des fusées, et d'ailleurs on fait faire plus ou moins de tours aux fusées de même hauteur. Il faut donc pouvoir faire varier le chemin du burin : or cela dépend du plus ou moins d'inclinaison du plan incliné I, I, par rapport aux côtés de la règle P, R. En effet, ce plan étant supposé presque parallèle aux côtés de la crémaillère P, R, si l'on fait tourner la manivelle en sorte que la crémaillère parcoure dans sa longueur tout le chemin possible, le talon T et le burin *b*, ne feront qu'un mouvement insensible ; et au contraire plus le plan I, I, formera un grand angle avec la crémaillère, et plus le chemin du burin sera grand. On change l'inclinaison du plan I, I, au moyen de la vis de rappel V ; ce plan I, I, est mobile en *h* ; il porte par son extrémité *l* une pointe qui indique les angles, sur les divisions gravées sur le limbe *g*, *l*, de la crémaillère. L'angle étant déterminé, on fixe le plan I, I, avec celui de la crémaillère en serrant les vis 3, 4.

Le plan I, I, incliné comme il est dans la figure, sert à tendre les fusées de *montres* ordinaires. S'il s'agit de tailler des fusées de montres à huit jours, ou autres qui se remontent à gauche, on incline différemment ce plan en faisant mouvoir la règle, de manière que l'index *l* se trouve en *g* ; on retourne alors la face du burin *b*, et l'on taille la fusée en tournant la manivelle du côté contraire.

Les supports S, S, portent la pièce D, D, qui s'y fixe par le moyen des vis 6, 7. Cette pièce D, D, porte la courbe ou plaque d'acier *c*, dont l'effet est de régler les enfoncemens différens du burin *b* sur la fusée F. La cheville *n* repose sur la courbure *c*, qui laisse descendre le burin lorsque le plan incliné le fait mouvoir. C'est de la courbure de cette pièce *c* que dépend celle de la fusée, et par conséquent la grandeur de ses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diamètres. On a plusieurs de ces plaques *c* avec différentes courbures, selon les fusées.

La vis de rappel *o* sert à faire monter et descendre la pièce D, 15, sur laquelle vient reposer le bout de la plaque *c*, ce qui fait monter ou descendre celle-ci, suivant qu'il en est besoin pour les différentes grandeurs des fusées.

Voici maintenant comment on fixe les fusées avec l'axe A*d*. Le bout de l'axe de la fusée porte sur un trou conique fait au centre de la base *d*, et l'autre bout de la fusée entre de même dans le trou conique de la broche 14, qui passe à travers le support O, S, et se fixe par le moyen de la vis ou écrou *f*: la fusée est par là au centre de l'axe A*d*. Pour que celui-ci entraîne la fusée, on se sert de la pièce W (fig. 7), formée par une plaque qui a deux entailles, dans lesquelles peuvent entrer aisément les chevilles que porte la base *d*. Cette plaque W en porte une petite qui est mobile dessus, et qui a une partie de trou carré; la pièce W en porte une autre partie. Le trou carré formé par ces deux pièces, sert à y faire entrer l'axe de la fusée, lequel est carré. On presse pour lors la vis *v*, de sorte que la plaque W est fixée avec la fusée. On pose ensuite la fusée sur ces deux pointes, l'une au centre de la base *d*, et l'autre au centre de la broche 14, comme je l'ai dit, et l'on fait entrer les chevilles de la base *d* dans les entailles de la plaque W; celle-ci et la fusée sont entraînées par l'axe ou base A*d*, et par la manivelle M.

La vis de rappel K sert à faire mouvoir la boîte C, pour amener le burin *b* à la base de la fusée, selon que l'exigent les longueurs différentes des carrés de fusées, qui changent la position de la fusée par rapport au burin. Cette boîte C porte en dessous une vis qui sert à la fixer à la barre T, L, lorsque le burin est en place.

L'axe A*d* se meut dans des trous coniques faits en G et Q, au travers des supports NS et QZ, portés et fixés sur la barre XY par la vis 10 et la cheville 16.

La pièce QZ porte par-dessous un talon dont on se sert pour attacher cette machine à l'étau lorsqu'on veut tailler une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fusée. Sur cette pièce ou support QZ est fixée la plaque 12, 13, sur la longueur de laquelle se meut la *crémaillère* ou règle P, R, dans une espèce de coulisse formée par les petites lames p, q; p', q', attachées par des vis à la pièce 12, 13.

On conçoit bien qu'on doit avoir un assortiment de burins b, plus ou moins épais, selon la largeur qu'on peut donner aux rainures spirales de la fusée.

Pour peu qu'on réfléchisse à l'effet que doit produire la fusée sur le grand ressort, on doit bien penser que ce ne pourrait être que par hasard qu'elle remplirait le but qu'on se propose. Il y a donc une autre opération à faire pour s'assurer que cette pièce égalisera parfaitement la force du ressort.

Comme il ne suffit pas de former les rainures de la fusée, et de fixer à peu près sa forme, et qu'il faut de plus, pour rendre égale l'impression du ressort sur le rouage, égaliser la fusée et déterminer les enfoncemens qui conviennent à chaque degré de force du ressort, nous allons donner la méthode que l'on emploie pour parvenir à ce but.

La première chose qu'on fait, lorsque la fusée est taillée, c'est de choisir une chaîne qui remplisse exactement la largeur de la rainure de la fusée; on la met de la longueur convenable, en sorte que non-seulement elle entoure la fusée, mais qu'il reste un bout propre à aller gagner le barillet pour l'y accrocher. La chaîne établie de longueur, on la retire de dessus la fusée, et on en entoure le barillet, afin de connaître le nombre de tours que doit faire le barillet pour envelopper cette chaîne. Supposons qu'elle fasse quatre tours, on choisit un ressort qui fasse six tours.

Tout étant ainsi disposé, on fait un petit trait profond sur le bout a de l'arbre du barillet (fig. 4), qui servira de *repère*, ainsi que je vais l'expliquer. Soit la fusée F, fig. 4, qu'il s'agit d'égaliser avec le ressort contenu dans le barillet A: pour cet effet, on place la fusée et le barillet dans la cage, sans autre pièce; on arrête ensemble les platines par des goupilles aux piliers; on place l'encliquetage du barillet; on accroche ensuite un bout de la chaîne au barillet, et l'autre bout à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fusée. Au moyen d'une clef, on fait tourner l'arbre du barillet afin qu'il s'enveloppe de la chaîne autant qu'il lui est possible, sans cependant le bander en aucune manière. Alors, comme le ressort fait six tours, qu'on n'en a besoin que de quatre pour tirer toute la chaîne, on marque avec de l'encre ou du crayon qu'on puisse enlever, un point sur la platine vis-à-vis du trait profond qu'on a fait sur le bout de l'arbre, et l'on monte le ressort jusqu'à ce que le trait se présente devant le point. Par ce moyen on donne au ressort un tour de bande qu'il conserve après avoir terminé son action; et lorsque la fusée est tout-à-fait montée, il pourrait avoir encore un tour de bande dont on ne fait point usage, ce qui l'empêche de casser.

Alors on prend un levier A, L, fig. 8, on fait entrer le carré de la fusée dans les mâchoires A, et l'on serre la vis *a*. On tient la cage, d'une main, dans une position verticale, on fait faire un tour au levier; on remonte par ce moyen le ressort, et la chaîne s'enveloppe sur la fusée. On la remonte ainsi jusqu'à ce que son crochet arc-boute contre le GARDE-CHAÎNE. Dans cet état, on fait glisser le poids M du levier jusqu'au point que, celui-ci étant dans une position horizontale, le poids soit en équilibre avec le ressort ou moteur. On fait ensuite rétrograder ce levier d'un tour, et l'on voit si le poids M est encore en équilibre de la même manière avec le ressort. Si le poids est plus faible, il faut le rapprocher du centre A, jusqu'à ce qu'il soit en équilibre de la même manière qu'auparavant; et l'on continue ainsi jusqu'au bas, pour chaque tour. On trouve par ce moyen les endroits de la fusée qui sont trop petits.

On conçoit que pour égaliser la fusée avec son ressort, il est nécessaire de diminuer les endroits de la rainure de la fusée qui, étant trop élevés, changent l'équilibre du levier avec le ressort, en faisant paraître le poids trop léger. Mais avant de toucher à la fusée, lorsque celle-ci est d'une bonne forme, c'est-à-dire que le diamètre du sommet ne diffère pas plus de moitié de celui de la base, et que la courbure de la fusée est uniforme, on l'égalise autant que l'on peut avec son ressort,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en en augmentant ou en en diminuant la bande, selon que la fusée paraît trop petite ou trop grande du sommet, ce qui prouve que le ressort ne tire pas assez ou tire trop du bas. La règle que l'on doit suivre pour changer le degré de tension du ressort, c'est que lorsqu'il ne tire pas assez du bas, il faut augmenter la bande, et lorsqu'il tire trop du bas, il faut la diminuer. Avant que d'augmenter la bande d'un ressort, il faut s'être assuré que lorsqu'on aura remonté la fusée en haut, le ressort ne soit pas tout-à-fait tendu, mais qu'il lui reste au moins encore un quart de tour de bande; car si l'on n'a pas cette attention, on fera casser le ressort ou la chaîne.

Pour prévenir cet accident, il faut bien exécuter ce que j'ai déjà dit : compter les tours de la fusée autour du barillet, et choisir un ressort qui fasse deux tours de plus. Par ce moyen, on a toute la latitude nécessaire, et l'on a un ressort plus mince de lame, moins sujet à se casser et à se rendre. (*V.* Ressort.)

Lorsqu'il n'est pas possible d'égaliser une fusée par cette méthode, en supposant le ressort bon et bien fait, il faut enfoncer avec une lime mince, qui n'est taillée que sur son tranchant, et qu'on nomme Lime a fusée, toutes les autres parties de la rainure où le ressort emporte le levier L. On continuera ainsi, de façon qu'à chaque point de la rainure, à commencer du sommet, et finissant à la base, le ressort et le poids restent parfaitement d'équilibre au même point. Cette exactitude obtenue, on aura un moteur qui agira sur le rouage avec une force égale.

Si l'on fait cette rectification sur l'outil à tailler les fusées que j'ai décrit, l'opération en est plus facile : on conserve à la fusée une plus belle forme, et les rainures en sont plus proprement terminées.

Lorsqu'on a ainsi égalisé la fusée avec son ressort, avant de la démonter de la cage et de changer la tension du ressort, on fait, avec un foret ou burin, vis-à-vis du trait ou index *a* (fig. 4) que l'on a formé à l'arbre du barillet, un trait ou un point sur la platine, lequel marquera l'endroit où l'on doit amener l'arbre de barillet, pour donner la bande convenable

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au ressort, et l'on enlève la marque provisoire qu'on avait faite précédemment avec de l'encre. On appelle cela faire le REPÈRE. Ainsi, toutes les fois qu'on remonte la montre, on met l'arbre à son repère, et on tend le ressort de la même manière : on est assuré par là que le ressort agit uniformément sur ce rouage.

On a apporté quelques légères modifications au levier que je viens de décrire. Au-dessus du cylindre G, H, qui porte la pince A, et d'un bout la tige carrée H, C, on place à vis une tige G, D, surmontée d'un poids D, fixé à quatre pouces du centre A. A cette distance, le poids D doit faire équilibre à la branche H, C, lorsque le coulant E, F, est ôté. La branche C est graduée dans sa longueur, de telle sorte que lorsque le coulant E, avec le poids F qu'il porte, est placé à une des divisions numérotées 1, 2, 3, 4, etc., cela exprime le nombre de gros (ou la huitième partie d'une once) qu'il faudrait ajouter au poids D pour que l'équilibre ne fût pas rompu.

Par conséquent, si l'on se sert de cet instrument pour égaliser une fusée, et en opérant comme je l'ai indiqué précédemment pour le levier (fig. 8), on connaîtra, en poids, l'effort de la puissance motrice ou du ressort moteur.

On conçoit qu'au lieu de faire la division en poids anciens, on peut la faire sans difficulté en poids métriques.

Suppression de la fusée dans les montres.

Quoique l'invention de la *fusée* soit regardée, avec juste raison, par *Julien Leroy*, comme une des plus belles productions de l'esprit humain, on ne peut révoquer en doute que depuis 1695, où le célèbre Tompion imagina l'échappement à repos, on n'ait cherché à supprimer la fusée. Toutes les tentatives furent inutiles, et les échappemens à vibrations libres ne corrigèrent pas plus les inégalités du ressort moteur que n'avaient pu le faire les échappemens à repos.

Puisque tous les maîtres de l'art ont constamment cherché à se passer d'une machine qui était regardée comme une invention précieuse, on doit en conclure qu'ils trouvaient des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

inconvéniens dans son emploi. Cherchons donc à découvrir quels sont ces inconvéniens, et comparons-les aux avantages qu'elle présente.

1°. Sans la fusée, le ressort agirait immédiatement sur le rouage : les frottemens sont au moins doublés par la fusée. Expliquons cette assertion. S'il n'y avait pas de fusée, la grande roue serait portée par le barillet ou par son arbre, et le ressort n'aurait qu'à vaincre la résistance des deux pivots de l'arbre pour transmettre le mouvement à la grande roue moyenne; mais lorsqu'il y a la fusée, le ressort a d'abord à vaincre la résistance que lui opposent les frottemens sur les deux pivots de son arbre, ensuite les frottemens des deux pivots de l'arbre de fusée : or, ces deux arbres ayant à peu près le même diamètre, opposent une résistance égale. Il serait facile de démontrer qu'elle les augmente dans un rapport bien plus grand; mais tout mécanicien le sentira facilement.

2°. Les frottemens étant augmentés par l'emploi de la fusée, il faut nécessairement un ressort beaucoup plus fort; or, personne n'ignore que, pour qu'un ressort soit plus fort que d'abord, sa largeur restant la même, il faut que son épaisseur augmente; mais cette augmentation d'épaisseur rend le ressort d'autant plus mauvais, susceptible de casser plus aisément et de se rendre plus promptement.

3°. Le ressort venant à casser, il faut en remettre un autre, et un bon horloger n'ignore pas qu'il ne peut se dispenser alors d'égaliser de nouveau la fusée, s'il ne peut parvenir à trouver un ressort parfaitement égal au premier, ce qui est physiquement impossible. Si cet accident arrive seulement trois ou quatre fois, il faudra nécessairement refaire la fusée. Il n'y a aucun ouvrier qui ne sache la peine qu'il éprouve lorsqu'il doit refaire une fusée dans une ville éloignée des fabriques.

4°. La fusée nécessite un garde-chaîne et un ressort, un crochet de fusée, ou d'autres pièces qui remplacent celles-ci, et l'ajustement de ces pièces exige certaines précautions qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont tellement au-dessus de l'intelligence d'un grand nombre d'ouvriers, que l'on voit rarement des montres dans lesquelles l'assemblage de ces pièces soit parfaitement soigné. De là la rupture de la chaîne, pour ainsi dire, à chaque fois qu'on remonte la montre.

5°. Enfin, l'on a deux chances à courir pour le dérangement de sa montre; ou la rupture du ressort, ou la rupture de la chaîne.

Le seul avantage que présente la fusée dans les montres, c'est de rendre l'effet du ressort moteur égal dans toute la durée de sa marche.

Voici ceux que présente une montre sans fusée : 1°. Moins de frottemens dans la transmission de la force motrice.

2°. Le ressort peut être plus faible d'environ la moitié; alors ses lames seront plus minces, il sera moins sujet à se casser ou à se rendre, il pourra être plus long, et son effet en sera plus sûr et moins inégal.

3°. En supprimant la fusée, on supprime toutes les pièces du garde-chaîne, la chaîne et le crochet de fusée : on a un mobile de moins et un plus grand espace dans la cage pour donner à toutes les roues le jeu nécessaire : l'on peut exécuter ces ingénieuses machines plus facilement et à meilleur compte.

4°. Dans les montres à répétition, à sonnerie, à carillon ou à réveil, où le peu de place exige que l'on multiplie les roues du rouage de la sonnerie par le peu d'étendue que l'on peut donner à chacune d'elles, on trouvera un grand avantage à supprimer la fusée. On réduira le nombre des roues, parce qu'on pourra leur donner un diamètre plus grand; elles seront plus aisées à travailler; le petit ressort pourra être plus grand, plus mince de lame et par conséquent meilleur. La potence pourra conserver la forme qu'elle a dans les montres simples, elle en sera plus aisée à faire, et les ouvriers habitués à ce genre de travail pourront diminuer le prix de leurs ouvrages.

Il suit de tout ce qui précède que l'invention de la fusée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les montres, en corrigeant un défaut essentiel, l'inégalité de force dans le ressort moteur, a introduit une foule d'inconvéniens que sa suppression ferait assurément disparaître, surtout si l'on pouvait parvenir à suppléer à la fusée par un mécanisme simple et indépendant du mouvement. Ces réflexions m'ont fait naître l'idée que je vais développer.

Explication des fig. 10, 11 *et* 12 *de la* Pl. 30.

La fig. 10 montre le plan du mécanisme sur la grande platine au-dessous du cadran.

La fig. 11 en montre l'élévation.

La fig. 12 montre le ressort isolé.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces dans les trois figures.

A est un pignon de 8 dans lequel entre carrément l'arbre du barillet. C'est cet arbre que l'on fait tourner avec la clef pour monter la montre.

Le pignon A tournant à droite lorsqu'on monte la montre, fait tourner à gauche la roue B, B. Celle-ci porte une courbe fixée invariablement avec elle, de manière à ce qu'elle suit tous les mouvemens de la roue. Cette courbe, taillée, ainsi que je l'expliquerai dans un moment, a tous les points de son contour inégalement éloignés de son centre de rotation I, depuis le point D qui en est le plus loin, jusqu'au point E qui en est le plus près.

Contre les parois de cette courbe agit continuellement un fort ressort G, F, fixé au point F par une vis. Ce ressort G, F, porte, à son extrémité G, une roulette qui appuie continuellement sur la courbe, dans la vue de diminuer les frottemens.

La vis H, qu'on aperçoit placée à l'extrémité de la partie fixe F, H, du ressort, lui sert de pied, et en même temps donne la facilité d'augmenter ou de diminuer à volonté la force du ressort F, G, selon que les circonstances l'exigent. Voici l'explication de ce mécanisme : la vis H est taraudée dans la bâte, de sorte qu'en serrant la vis, l'autre extrémité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

G s'incline, et par conséquent agit sur la courbe avec plus d'effort. L'effet contraire a lieu lorsqu'on attire la vis en dehors. On peut opérer ces effets de plusieurs manières différentes, de même qu'on peut donner une forme courbe au ressort F, G, afin de conserver plus de place sur la platine.

Les deux cercles concentriques ponctués K, K, indiquent la disposition du barillet et de la grande roue. L'on sait qu'un ressort moteur ne doit pas être tendu tout-à-fait, et qu'il ne doit pas avoir la liberté de se débander en entier. Dans le premier cas, il serait exposé à casser facilement ou à se rendre promptement; et dans le second, il risquerait de se décrocher de l'arbre de barillet. Pour éviter ces deux inconvéniens, on est dans l'usage, lorsqu'on ne veut pas employer de garde-chaîne, de placer sur l'arbre de la grande roue un doigt qui fait tourner une roue qui n'a dans sa circonférence qu'un nombre de dents égal au nombre de tours que doit faire la grande roue dans un temps donné; et une grosse dent, pratiquée à la roue, sert d'arrêt au doigt, qui ne peut aller ni plus haut ni plus bas que le nombre de tours déterminé. Ce moyen est connu et employé depuis long-temps avec succès.

Mon mécanisme réunit toutes ces conditions. La roue BB porte une grosse dent contre laquelle une aile du pignon A vient arc-bouter lorsque le ressort est tendu ou qu'il est débandé. Supposons, par exemple, que le mouvement dont nous nous occupons soit celui d'une montre ordinaire allant trente heures, et que, pendant cet espace de temps, la grande roue doive faire quatre tours. On se servira d'un ressort qui puisse faire six tours; on donnera 8 ailes au pignon A, 34 dents à la roue BB, et l'on observera de ne fendre que 32 dents. Par ce moyen, il restera une grosse dent qui laissera un tour de bande au ressort dans ses deux extrêmes.

Mon ressort FG n'est employé, dans cette machine, qu'à détruire une partie de la force du ressort moteur, depuis le commencement de son action au point D jusqu'à ce qu'il soit parvenu au point E, en agissant successivement sur des bras de leviers qui se raccourcissent continuellement depuis D

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'en E ; et le point de contact de la roulette G, en descendant de D en E, doit suivre dans sa marche l'arc GI, décrit du point F, centre de mouvement du ressort, et passe par le centre de la roulette et le centre du mouvement de rotation de la courbe. On voit, par la disposition de ces pièces, que mon ressort GF est toujours *soustracteur* du ressort moteur, et jamais *additeur*. On doit même éviter de lui donner, dans aucun cas, une force additive : ceci n'a pas besoin de démonstration.

Si l'on pouvait donner à tous les ressorts moteurs une force constamment proportionnelle d'un bout à l'autre, il serait facile de déterminer une forme constante et invariable pour la courbe ; mais il est reconnu qu'il est mécaniquement impossible d'atteindre cette perfection ; il sera donc impossible aussi d'assigner la forme de la courbe, laquelle doit varier pour beaucoup de ressorts, et ce n'est que par le tâtonnement que l'on peut y parvenir, de la même manière que l'on parvient à égaliser parfaitement une fusée.

Lorsque le ressort moteur est au *maximum* de sa tension, le point D de la courbe est sous la roulette, et le ressort FG est aussi au *maximum* de sa tension ; celui-ci, agissant sur un grand bras de levier, détruit une partie de la force du ressort moteur. Lorsque au contraire le ressort moteur est au *minimum* de sa tension, le point E vient se présenter sous la roulette ; et le ressort FG, qui se trouve aussi au *minimum* de sa tension, ne peut plus produire aucun effet sur le ressort moteur, qui agit avec toute l'énergie qui lui reste.

Je crois nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la manière d'exécuter la courbe et le ressort. La tige de la roue BB est carrée, et c'est sur ce carré qu'est portée la courbe ; elle y est retenue par une goupille qui traverse la tige, et l'on a, par ce moyen, la facilité d'ôter la courbe aussi souvent qu'on le désire pour la tailler, et de la remettre à la même place sans peine, et sans être obligé, comme pour la fusée, de démonter la cage, ainsi qu'on l'a vu page 502. La courbe doit être en acier non trempé, mais bruni sur ses bords, et la roulette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut être en cuivre bien écroui. Le diamètre de la courbe, avant d'être taillée, est égal au diamètre intérieur de la roue BB, c'est-à-dire qu'elle va jusqu'à la naissance de ses dents. Le ressort FG doit avoir autant de hauteur qu'il est possible; il ne doit frotter ni sur la platine ni sur la roue BB; et à son extrémité G, il porte une roulette qui tourne librement sur son axe, et appuie continuellement sur la courbe. La roulette doit avoir une gorge comme une espèce de poulie, afin que la courbe, appuyant sur le fond, ne puisse jamais se séparer de la roulette.

L'épaisseur du ressort et sa force sont déterminées par la force du ressort moteur; mais cependant, comme j'ai fait observer qu'en supprimant la fusée on n'a pas besoin d'un moteur aussi puissant, que l'on doit se servir d'un ressort long et mince de lame, alors ce ressort étant faible, n'a pas besoin d'un ressort *soustracteur* bien fort. On doit faire ce ressort aussi long qu'il est possible; il doit aller insensiblement en pointe, afin de faire ressort dans toute sa longueur, et son mouvement doit se diriger toujours vers le centre I de la roue BB. Pour déterminer la longueur du ressort, il faut, du point F, centre de son mouvement, avec F, I, pour rayon, décrire un arc G, I, ce qui déterminera avec assez de précision la longueur F, G, du ressort. Le centre de la roulette doit se trouver constamment dans l'arc G, I.

La courbe se taille à l'aide d'un levier et par la même opération que j'ai décrite page 502 en usage pour égaliser une fusée; cette manipulation est infiniment plus facile, puisqu'elle n'exige que d'enlever la courbe qui est hors de la cage.

La vis de rappel H est d'une utilité indispensable, soit pendant qu'on taille la courbe, soit lorsque le ressort moteur vient à casser. J'ai fait quelques épreuves à ce sujet, dont je dois rendre compte. Après avoir parfaitement égalisé ma courbe avec un premier ressort moteur, j'en ai substitué un plus fort, un autre plus faible, et les premiers touchés : je suis parvenu, par le secours de mon ressort *soustracteur* seul, à égaliser mes ressorts moteurs, sans avoir besoin de toucher à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la courbe, et en donnant seulement plus ou moins de tension à mon ressort soustracteur. Je ne crois pas cependant que cet effet soit absolument général; mais dans beaucoup de cas il peut suffire, et dans d'autres il peut aider à arriver au but sans trop déformer la courbe.

J'invite ceux de nos lecteurs qui désireraient mettre à profit ce que je viens d'indiquer, sur une matière aussi importante, de consulter le Mémoire que j'ai consigné dans les *Annales des Arts et Manufactures, d'Oreilly*, t. XIX, page 72, dans lequel ils trouveront beaucoup plus de détails, que le cadre de ce *Dictionnaire* ne m'a permis d'en donner. L.

FUSÉE D'ARTIFICE. *V.* Artificier. L.

FUSÉES DE GUERRE (*Technologie*). Les fusées de guerre qu'on nommait autrefois *Roehettes*, ont pris aujourd'hui le nom de *fusées à la Congrève*, depuis que cet officier anglais les a remises en usage, en s'attribuant la gloire de l'invention, quoiqu'il soit aujourd'hui bien reconnu que cette invention désastreuse date de plusieurs siècles et qu'elle ne peut donner de la gloire que chez des peuples barbares.

M. de Montgéry, capitaine de frégate, a fait beaucoup de recherches sur ces sortes de fusées. Il les a insérées, en 1825, dans les *Annales de l'Industrie*, et en a formé un volume in-8°, avec six planches, qu'on trouve chez Bachelier, libraire, à Paris, quai des Augustins, n° 55.

Ce savant officier s'exprime en ces termes sur ces sortes de fusées. « Il suffit, pour former une espèce de fusée à la Congrève, d'ajouter une grenade, un obus, ou des matières incendiaires, à l'extrémité antérieure d'une fusée volante de grandes dimensions. On ne doit pas considérer comme une différence essentielle, que les enveloppes soient faites avec du carton, du papier, du bois ou du métal: ces diverses enveloppes sont depuis long-temps en usage. Lancer des projectiles incendiaires ou détonans, à l'aide de fusées, au lieu d'employer des bouches à feu, tel est le caractère principal de l'invention. Elle passe en général pour être fort nouvelle; quelques philantropes voudraient qu'elle fût proscrite, parce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils la croient trop meurtrière; et la plupart des militaires la regardent comme absolument insignifiante. Il y a erreur complète dans les deux premières opinions, la troisième doit être modifiée. »

La citation que nous venons de rapporter suffit pour donner une idée de ces sortes de fusées. Nous sortirions de notre cadre si nous nous étendions davantage. Ceux de nos lecteurs qui auraient intérêt à connaître tous les détails sur leur construction et sur la manière de les lancer, consulteront avec fruit le *Traité sur les fusées de guerre*, etc., par M. *de Mongéry*; chez *Bachelier*. L.

FUSIBILITÉ, FUSION (*Arts physiques*). Nous avons expliqué au mot FLUIDE comment la chaleur, en pénétrant les parties des corps solides, peut en écarter les molécules jusqu'à les porter à la limite de leur sphère d'activité attractive; à ce point il y a équilibre entre la répulsion due au calorique et l'attraction des parties matérielles, en sorte que celles-ci peuvent se mouvoir en tout sens et presque sans effort. Cet état, qui constitue la *liquidité*, est donc dû à la présence du liquide interposé, ou plutôt combiné avec la substance; et on nomme *fusion* le passage d'un corps solide à cet état.

Non-seulement la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température des corps varie avec leur nature, ce qui est le résultat de leur *capacité pour le calorique* (*V.* CHALEUR); mais dans le passage de la solidité à la liquidité, chacun absorbe des portions différentes de calorique qu'on nomme *latent*, comme aussi il faut divers degrés de chaleur pour arriver à cet état fluide. Comme ces sujets ont été traités ailleurs, nous n'y reviendrons pas ici. C'est ainsi que la glace fond à zéro, le plomb à 260°, le zinc à 370°, etc. Toute la chaleur qu'on ajoute, tant que la masse n'est pas encore fondue, n'élève nullement la température, parce qu'elle est employée à la fusion et devient latente. Cependant il est à observer que les corps mauvais conducteurs, tels que le soufre, le beurre, etc., fondent à leur surface, et que le liquide peut s'échauffer beaucoup avant que la matière soit totalement fondue. Le plomb, au contraire,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entre de suite en fusion dans toute sa masse. Il y a des corps, tels que les graisses, qui se ramollissent avant de fondre, tandis que d'autres se liquéfient de suite, comme le font les métaux. Plusieurs diminuent de volume en fondant et deviennent plus denses; telle est l'Eau (*V.* ce mot), dont le maximum de densité est à + 4° environ; tandis qu'au contraire la plupart se dilatent par la fusion.

Une fois devenus fluides, les corps qui continuent à recevoir plus de chaleur se dilatent et s'élèvent en température, du moins jusqu'à un certain terme, où la force attractive se trouvant détruite par l'écartement des molécules, sous l'influence du calorique interposé, l'action répulsive de celui-ci devient prépondérante et le corps se volatilise. (*V.* Gaz.) Dans ce nouveau changement d'état, on remarque les mêmes effets que dans la fusion; ainsi la température cesse de s'élever jusqu'à vaporisation complète du liquide en Ébullition, et en outre des parties de chaleur deviennent latentes, dont la proportion varie avec la nature des corps.

La Physique ne nous apprend rien sur la théorie de ces absorptions de chaleur, c'est-à-dire qu'on ignore pourquoi les corps fondent et se volatilisent plutôt à un degré qu'à un autre, et pourquoi la quantité de calorique latent varie avec les substances, ainsi que la cause qui rend les unes plus perméables au calorique, plus conductrices les unes que les autres. On sait seulement par expérience certains faits que les Arts emploient à leur usage, selon les circonstances, et qu'il importe surtout d'établir ici. La table suivante donne la température, mesurée au thermomètre centigrade à mercure, qui produit la fusion de diverses substances. Cette table, extraite des ouvrages de physique les plus estimés, offre quelques incertitudes, qui prouvent que la matière n'a pas encore été assez étudiée pour acquérir le degré de précision qu'on doit espérer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Table des températures centigrades de fusion de certaines substances.

Mercure	—39°	Étain	210° à 249° et 228°
Huile de térébenthine	—10	Bismuth	238, ou 256, ou 283
Glace	0	Plomb	260, ou 322, ou 325
Phosphore	40 à 43	Zinc	370
Suif	33 1/3	Cadmium	400
Potassium	58	Argent	2000 ou 20 de W.
Sodium	90	Cuivre	2530 ou 27
Cire jaune	60	Or	2890 ou 32
— blanche	68 1/3	Fer	130 à 158
Iode	107	Manganèse	160
Soufre	109	Nickel	160

Certains métaux sont infusibles au feu de forge; les Chalumeaux d'oxigène et d'hydrogène peuvent seuls en produire la fusion : tels sont le platine, le rhodium, l'iridium, l'osmium, la chaux, le grès, la silice pure, etc.; le chrôme, le molybdène, etc., sont à peu près dans le même cas.

Le nitre, la potasse, la soude, le zinc, l'antimoine, le sel marin, les chlorures de potassium et de calcium, et le verre, fondent à peu près à la température rouge; le feu d'un fourneau ordinaire suffit pour fondre ces substances. Il faut un feu de réverbère pour liquéfier l'or, le cuivre et l'argent. Enfin le plâtre, le phosphate de chaux, le chrôme, le fer, le manganèse, le nickel, la poterie ordinaire, ne cèdent qu'aux plus hautes températures des forges. Plusieurs sels fondent par la chaleur dans leur eau de cristallisation. (*V.* Sels.)

Les alliages sont en général moins fusibles que le métal le plus fusible qui entre dans leur composition. C'est sur cette propriété qu'est fondé l'usage des Soudures. Celle des plombiers, par exemple, formée de deux parties de plomb et d'une d'étain, sert par cette raison à souder les pièces de plomb ensemble. Le cuivre jaune, qui est un alliage de cuivre rouge et de zinc, est employé à souder le cuivre rouge. L'argent allié au cuivre rouge sert de soudure pour l'argent. L'acier et la fonte de fer fondent à une moindre chaleur que le fer doux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'alliage fusible de D'Arcet, formé de 8 parties de bismuth, 5 de plomb et 3 d'étain, fond à 90°. A la température de l'eau bouillante, on voit fondre l'alliage de 3 d'étain, 5 de bismuth et 2 de plomb. En ajoutant un peu de mercure, l'alliage devient plus fusible encore, et on peut s'en servir pour l'injection des pièces anatomiques, ou pour boucher les cavités des dents rongées par la carie. Voici quelques alliages dont le degré de fusibilité a été déterminé :

8 d'étain,	1 de bismuth.....	200°
2 d'étain,	1 de bismuth.....	167,7
1 d'étain,	1 de bismuth.....	141,2
3 d'étain,	1 de plomb.....	167,7.

Cette matière serait sujette à des recherches fort intéressantes ; et l'on doit avouer que jusqu'ici la théorie en est inconnue et les résultats fort incomplets. (*V.* ALLIAGES.)

Lorsque les métaux sont fondus, qu'on les laisse refroidir et qu'on les voit se solidifier, si l'on perce la croûte avant que la masse entière soit prise et qu'on décante le métal encore liquide, on obtient une belle cristallisation en forme de cubes ou d'octaèdres. Le bismuth pur, exempt d'arsenic, présente des cristaux cubiques arrangés entre eux en pyramides quadrangulaires creuses. Cette expérience est facile à faire et donne un beau résultat. FR.

FUSIL. On donne ce nom à un instrument d'acier de forme ronde, trempé à toute sa force, dont les bouchers se servent pour rendre le fil à leurs couteaux. Il faut pour cela que la surface du fusil ne soit pas unie. E. M.

FUSILS, *armes à feu*. On distingue aujourd'hui deux espèces de fusils : les anciens, à pierre ; et les nouveaux, à percussion. Chacune de ces espèces de fusils a des formes particulières, appropriées aux usages qu'on en fait. Parmi les fusils à pierre, on distingue ceux de munition, destinés à armer les troupes d'infanterie, et ceux de chasse ou de fantaisie, à un ou à deux coups. Les fusils à percussion, simples ou doubles, n'ont été employés jusqu'à présent que pour la chasse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans tous les cas, il faut qu'un fusil porte le coup juste au point visé, qu'il soit à la fois solide et léger, et surtout sans danger pour la personne qui en fait usage.

Il existe aussi des *fusils à vent;* mais cette arme, dont le coup part sans faire le moindre bruit, pouvant devenir dangereuse dans les mains d'hommes malintentionnés, la police en a défendu l'usage. On n'en trouve plus que dans les cabinets de physique. Nous les décrirons à la suite des précédens.

Fusils de munition ou de troupes. La forme, les dimensions et le poids de chacune des pièces qui composent ces fusils ont été déterminés d'une manière invariable par l'ordonnance de 1777, qu'on suit encore aujourd'hui. Des officiers d'artillerie sont placés dans les manufactures d'armes à feu, comme dans celles des armes blanches et dans les fonderies de canons, pour veiller à ce que toutes les pièces et l'ensemble des fusils de munition soient rigoureusement conformes à ce qui est prescrit par cette ordonnance. C'est à dater de cette époque qu'on a réduit la longueur du canon à 42 pouces; qu'on l'a fait rond; que la platine est devenue demi-ronde; que le bassinet est en cuivre, les boucles de courroie à vis, les baguettes en acier à tête poire; que la baïonnette a été fixée au moyen d'un mentonnet brasé sur le canon, et d'une fente et d'une virole qui porte la baïonnette, etc. (*V.* ARMES BLANCHES.)

Le canon est la principale pièce d'un fusil. On donne le nom de *canonniers* aux ouvriers qui le travaillent. Le fer destiné à faire des canons de fusils doit être de la meilleure qualité. Le commerce le fournit en barres mi-plates, portant 12 à 14 lignes d'épaisseur sur 30 lignes de largeur. On coupe ces barres en tronçons de 11 pouces, dont trois mis à plat l'un sur l'autre forment un lopin qu'on corroie au martinet, après l'avoir chauffé au blanc, dans un feu de forge alimenté par du charbon de bois. Ce lopin, dont le poids primitif est de 21 livres environ, ne pèse plus que 9 liv. quand, par l'effet du forgeage, il est transformé en une lame de 38 pouces de long, ayant par un de ses bouts 5 pouces de large et 5 lignes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'épaisseur, et par l'autre 3 pouces de large sur 2 $\frac{1}{2}$ d'épaisseur. On voit que le bout le plus large et le plus épais est destiné à faire le tonnerre du canon, et que la partie la plus étroite en formera le bout. Cette lame trapézoïdale se nomme *maquette* ; ses bords sont chanfrenés en sens contraire, pour les souder ensuite.

La première opération du canonnier est de rouler cette lame et d'en former un tube, ce qu'il fait en deux chaudes, en l'appliquant sur une gouttière creusée sur une pierre dure ou dans un bloc de fonte, où il la plie en demi-cylindre à coups de panne du marteau ; après quoi, pendant qu'elle est encore chaude, il finit de la rouler en cylindre creux sur l'enclume, en faisant croiser ses bords chanfrenés.

Le canon ainsi roulé, le canonnier, aidé d'un frappeur de devant, le soude successivement, en commençant par le milieu, sur une broche un peu conique que le frappeur de devant introduit dedans à chaque chaude. Le canon bien dressé tant en dedans qu'en dehors, est porté à la forerie, où, à l'aide de vingt forets ou allésoirs qui se succèdent, on amène le tube au diamètre de 7 lignes $\frac{3}{4}$ qu'il doit avoir, d'après l'ordonnance.

Les foreries sont ordinairement mues par une roue hydraulique qui fait forer un grand nombre de canons à la fois, dans une situation horizontale. Les forets sont d'acier trempé : ils sont carrés et légèrement pointus dans une longueur de 10 pouces ; ils sont soudés à une verge de fer de 3 pieds et demi, dont l'extrémité un peu aplatie va se fixer dans une cavité pratiquée au centre de l'axe de la lanterne dont chaque foret reçoit le mouvement. Le canon de fusil est maintenu vis-à-vis, dans deux lunettes en fer, où il est pressé par des vis qui l'empêchent de tourner, lesquelles lunettes sont fixées sur un tasseau qu'un contre-poids fait avancer vers le foret, le long du banc de la forerie. Les deux derniers forets qui terminent le canon ne diffèrent des autres que par une plus grande longueur du carré, 15 pouces au lieu de 10 ; et, pour qu'ils fassent fonction d'allésoir, on les cale avec un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

petit listel de bois qu'on introduit entre une de leurs faces et le canon.

L'intérieur étant ainsi travaillé et bien dressé, l'extérieur se façonne à la meule. L'ouvrier *émouleur* commence à blanchir son canon de la longueur d'environ 2 pouces au *tonnerre*, c'est-à-dire au gros bout, qu'il amène au diamètre de 14 lignes et demie, bien concentrique au trou. Il en fait autant du côté du petit bout, qu'il réduit à 10 lignes. Ces deux points déterminés lui servent de guide pour le reste de son opération. C'est ainsi que cela se pratique dans les manufactures d'armes; mais il me semble que ce travail d'émoulage serait plus juste et plus promptement fait sur le tour, en plaçant dans le canon un mandrin d'acier qui contribuerait tout-à-la-fois à le dresser et à lui donner de la raideur. Du reste, le dehors du canon ne forme pas exactement un cône : les deux bouts sont cylindriques dans une longueur de 2 à 3 pouces. A 6 pouces de la culasse, le diamètre n'est plus que de 12 lignes et demie; à 1 pied, il n'est plus que de 11 lignes; et à la bouche, de 9 lignes et demie. Si le canon arrivé à ce degré de travail ne présente aucun défaut, il passe dans les mains du *garnisseur* : c'est le nom qu'on donne à l'ouvrier qui ajuste la culasse et brase les tenons.

La culasse est une vis en fer de 8 lignes de long, qui ferme le tonnerre du canon, en se vissant dedans comme dans un écrou. Cette vis, toujours faite au même pas, est exactement cylindrique; elle porte un tenon et une queue en arrière, dont le premier donne prise pour la visser avec force, et la seconde sert à fixer le canon sur le bois au moyen d'une vis.

Le percement de la lumière se fait avec un très petit foret qu'on fait agir avec un archet; on l'agrandit ensuite avec un poinçon, jusqu'à ce qu'il ait une ligne de diamètre; ce qui refoule le métal tout autour de la lumière, qui est alors moins susceptible de s'évaser par le crachement du feu. Les lumières, dans les fusils de chasse et de luxe, sont garnies de platine, métal indestructible au feu, mais trop cher pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on en mette aux fusils de munition. Elle est percée, cette lumière, à 7 lignes du bout, sur une petite facette pratiquée à cet endroit, en la dirigeant un peu de bas en haut, pour que le crachement du feu vienne tomber dans le bassinet.

Après cela, le même garnisseur brase les tenons : celui de la baïonnette en dessous à un pouce du bout ; un second à 2 pouces et demi, où se trouve l'embouchoir de la baguette et la mire; un troisième à 7 pouces et demi de la culasse, auquel on adapte un petit ressort d'acier qui a pour objet de presser l'extrémité de la baguette, afin de l'empêcher de tomber quand on renverse le fusil.

Les canons dans cet état sont soumis à l'épreuve. Pour cela, ils sont assujettis sur un banc, de manière à ne pas pouvoir reculer. On tire deux coups de suite; le premier avec une charge égale à $\frac{1}{18}$ de livre de poudre et une balle de calibre; le second avec un peu moins de poudre, environ $\frac{1}{21}$ de livre, et une balle de même. On les examine alors, mais on ne les reçoit définitivement qu'après un mois de séjour dans une salle basse et humide, où ils se chargent de rouille provoquée par le salpêtre et le soufre, plus particulièrement aux endroits défectueux. (*V.* ARQUEBUSIER.)

J'ai vu à Birmingham, centre de la fabrication des armes en Angleterre, une maison d'épreuve pour les canons de fusils et de pistolets. Tout l'intérieur de la salle d'épreuve est doublé de très fortes plaques de fonte, d'un pouce environ d'épaisseur; les volets, qu'on ferme à l'instant où l'on va mettre le feu, sont doublés de même, de manière qu'il n'y a aucun danger pour les personnes chargées de faire ces épreuves. L'explosion est à peine entendue du dehors de l'établissement. On attend toujours quelques minutes avant d'ouvrir les volets et d'entrer dans la salle, parce qu'il y a souvent des charges qui font long feu, et qui, ne partant que quelque temps après les autres, pourraient occasionner des accidens.

Dans toute la longueur de cette salle d'épreuve, du côté des volets, se trouve une pièce de fonte, ayant deux rebords

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parallèles sur lesquels sont rangés les canons chargés, la lumière en dessous, vis-à-vis une petite rigole dans laquelle on fait une légère traînée de poudre, qui vient aboutir à l'orifice d'un trou percé dans le mur. C'est à travers ce trou qu'on met le feu à la poudre, au moyen d'une baguette de fer dont on fait rougir le bout. Les canons ne sont que posés transversalement sur les rebords de la pièce de fonte, et ne sont point arc-boutés du côté de la culasse, de sorte que, par l'effet du recul, ils s'enfoncent dans un amas de terre relevée en talus derrière eux, tandis que les balles vont s'enfoncer à l'opposé, dans un semblable amas de gravier où on les retrouve applaties ou déformées. Tous les canons sont éprouvés avec charge et balle double; ceux qui crèvent sont de suite jetés à la ferraille. Ce n'est que 24 heures après qu'on examine ceux qui résistent à cette épreuve; s'ils ont des gerçures, le salpêtre et le soufre y pénètrent et se manifestent alors à la surface. Ils sont brisés avec une machine à vis établie à cet effet. Ceux qui sont reconnus sans défauts nuisibles sont marqués d'un poinçon et rendus au propriétaire, qui paie l'épreuve et le poinçonnage en raison du calibre. Par un acte du parlement, tout armurier qui ferait monter des canons sans avoir été poinçonnés est condamné à une amende de 20 liv. sterling, dont la moitié appartient au dénonciateur, et l'autre moitié aux pauvres. Cette mesure a donné une grande confiance aux armes de Birmingham; aussi cette ville en fait-elle des expéditions considérables pour tous les pays du monde.

Les canons de fusils de munition et d'autres armes communes sont forgés avec des maquettes, comme nous l'avons expliqué; et il paraît que ce procédé suffit, quand d'ailleurs la qualité du fer est bonne. Mais lorsqu'il s'agit de faire des armes à toute épreuve et à forte charge, comme les carabines, les canardières, les fusils de remparts, etc., le canonnier les tord à mesure qu'il les soude. Le joint de la soudure, ainsi que la nervure du fer, prenant une direction oblique par rapport au canon, il en résulte un plus grand degré de soli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dité sans une plus grande quantité de matière. On les appelle *canons tordus*.

Il y a aussi les *canons à rubans*, damassés ou non, dont les procédés de fabrication sont différens, et qui méritent d'être expliqués. Ce sont les canons des fusils de chasse, de luxe, des pistolets de combat, etc., qui doivent être tout-à-la-fois solides et légers.

Le fer un peu aciéreux, à grains fins, comme celui de Suède, convient à cette fabrication. Les canonniers de Paris l'étirent aux petites forges à bras, en lames minces de 1 ligne et demie d'épaisseur, 16 lignes de large et 4 pieds de long. On sent que ces lames pourraient être faites avec bien plus d'économie au martinet ou aux laminoirs forgeurs; mais, relativement à ce dernier procédé, le fer laminé porte à sa surface une couche d'oxide qui empêche la soudure d'avoir lieu, et il faut que cette soudure soit parfaite. On met vingt-cinq de ces lames l'une sur l'autre, entre deux autres lames d'une épaisseur double, dont on fait un faisceau lié à deux endroits, pesant 60 livres, qui doit servir à faire deux canons. Les lames épaisses ont pour objet de protéger les minces contre l'action du feu, dans les nombreuses chaudes successives que le forgeron donne à un faisceau pour le souder exactement partout, et l'étirer en une baguette de 8 lignes de large sur 4 ou 5 d'épaisseur, en conservant la direction des lames dans le sens de la largeur. Cette baguette, redoublée à plat sur elle-même, est encore corroyée et amenée à n'avoir plus que 6 lignes de large sur 3 d'épaisseur, le plan des lames se trouvant, cette fois, dans une direction perpendiculaire à la largeur de ce *ruban*, dont la longueur doit être de 15 à 16 pieds pour pouvoir faire un canon de fusil de chasse de 28 à 30 pouces. Ce ruban chauffé successivement au rouge cerise, par longueur d'environ un pied, est roulé en hélice rapprochée autant que possible, sur une broche de fer ronde de 4 à 5 lignes de diamètre. Cette broche porte une tête un peu forte qui sert à la retirer à chaque chaude, à l'aide d'un marteau ou de l'enclume même, dont la table est sillonnée transversale-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment de coches demi-circulaires de divers diamètres, dans lesquelles le canonnier façonne le dehors des canons.

Le Soudage de cette espèce de canon se fait successivement sur une broche qu'on introduit à chaque chaude dans le canon, en commençant par le milieu, et ayant soin de refouler les rubans les uns contre les autres, dans le sens de la broche, pour que les joints se soudent exactement. Les lames dans la préparation du ruban étant devenues fort minces, paraissent à la surface du canon comme un filet de vis très serré, dont tous les joints, quoique parfaits, se font remarquer par une couleur noirâtre.

Pour que deux canons qui doivent être accouplés pour faire un fusil double présentent de la symétrie, il faut non-seulement les faire sortir du même faisceau de lames, mais encore le canonnier doit avoir soin de rouler le ruban de l'un à droite et le ruban de l'autre à gauche.

Pour faire les canons damassés, la moitié des lames qui composent le faisceau doivent être d'acier, alternées avec celles de fer; et puis pour entrelacer les veines, il faut tordre, et forger plusieurs fois, et puis enfin rouler et souder le ruban comme à l'ordinaire. Ce travail de forge est divisé en trois parties : la première a pour objet d'étirer les lames et de corroyer le faisceau; la deuxième, de doubler les baguettes et de forger le ruban; la troisième, de rouler et de souder les canons. Les opérations suivantes consistent à forer et à mettre de calibre les canons, à limer l'extérieur, à les enculasser, à les braser et à les dresser. Quinze ouvriers, dont six pour la forge, deux pour le forage, et sept limeurs, tourneurs et ajusteurs, ne font que six paires de canons par semaine, qui se vendent depuis 100 fr. jusqu'à 300 fr., tout prêts à être mis en bois. Les canonniers les plus renommés de Paris sont MM. Bernard, Leclere et Rainette, pour les armes de chasse et de luxe.

Platine de fusil. Après le canon, la pièce la plus importante pour les fusils à pierre, est la platine. Elle se compose de 20 pièces particulières, savoir : le corps de platine, le chien, l'axe du chien, la vis du chien, sa mâchoire supérieure, le bas-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sinet, qui est de cuivre dans les fusils de munition, et doublé en platine dans les fusils de chasse ; la vis du bassinet ; le grand ressort qui fait agir le chien, sa vis ; la gâchette, sa vis ; le ressort de la gâchette, sa vis ; la noix, sa vis ; la vis de bride ; la batterie, sa vis ; le ressort de la batterie et sa vis.

Les autres pièces d'un fusil de munition sont : l'embouchoir qui porte le point de mire, et qui, en formant l'entrée de la baguette, lie le bois au canon ; la capucine avec son ressort, les boucles de bretelles, la plaque de couche avec sa vis, la sous-garde avec ses vis, la pièce de détente, la BAGUETTE (*V.* ce mot), la BAÏONNETTE (*V.* ARMES BLANCHES), enfin le bois, qui comprend la crosse et le fût ; il est ordinairement en noyer très sec.

Toutes les menues pièces d'un fusil, excepté les ressorts et la batterie qu'on fait d'acier et qu'on trempe à part, sont en fer et trempées en paquet.

Dans les fusils de chasse, le grand ressort du chien tire sur la noix avec une chaînette, ce qui évite un frottement considérable ; dans ces mêmes fusils, le mentonnet de la batterie est garni d'un petit galet qui rend l'action du ressort plus facile. (*V.* ARQUEBUSIER et Pl. 7 de *Technologie*.)

On a voulu faire des fusils et des pistolets où un seul ressort, placé en dehors de la platine, faisait agir en même temps le chien et la batterie ; mais il paraît que cette combinaison n'a pas eu de succès.

Le poids d'un fusil de munition est d'environ 14 liv., dans lequel poids le canon entre pour 9 liv. $\frac{1}{2}$. Chargé avec la 36e partie d'une livre de poudre, il porte la balle de calibre, d'un but en blanc, à 180 toises. Tiré sous un angle un peu moindre que celui de 45°, la balle va à 7 ou 800 toises, où elle peut faire beaucoup de mal. Le fusil, garni de sa baïonnette, est une arme blanche redoutable, tant par sa masse que par la force des deux bras qu'on peut y employer à la fois pour s'en servir.

Les troupes de l'artillerie ont des fusils plus courts de 8 pouces que ceux de l'infanterie, qui ne pèsent, avec leurs baïonnettes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que 8 liv. $\frac{1}{2}$. Les canonniers les portent en bandoulière, tout en manœuvrant le canon.

Le percement de la lumière, par rapport à l'emplacement qu'occupe la poudre dans le tonnerre, est une des choses qui méritent le plus d'attention. Nous avons vu qu'il fallait qu'elle fût, dans le fusil de troupes, un peu plongeante dans le bassinet, afin que le jet qui s'en échappe n'allât point incommoder le soldat voisin; il faut, de plus, qu'elle aboutisse juste au fond de la culasse, autrement le fusil serait dans le cas de reculer et de fatiguer l'épaule et la joue du soldat.

On sait que les armes à feu qui tirent à balles forcées, comme les carabines, les pistolets à chambre, les portent plus loin et plus juste que celles où les balles entrent librement. Dans le premier cas, la balle éprouvant quelque résistance à sortir, donne le temps à la poudre de s'enflammer entièrement et de produire tout le gaz dont elle est susceptible; dans le second cas, la balle n'ayant point de jeu dans le canon, doit en suivre plus exactement la direction. Ainsi, il importe, pour la rectitude du tir, que la balle soit parfaitement de calibre. Cependant, relativement aux armes de guerre avec lesquelles on est dans le cas de tirer de suite un grand nombre de coups, qui encrassent très promptement le canon, on ne pourrait plus y faire entrer les cartouches si les balles étaient trop justes.

Lorsqu'on tire avec du plomb de chasse, qui se compose d'un grand nombre de petites boules sphériques, il n'y a que les premières qui se trouvent sur la bourre du côté de la poudre qui reçoivent une impulsion directe; elles la transmettent ensuite aux autres, mais dans des directions diverses, qui dépendent de leurs points de contact. Chacune obéit à l'impulsion qui lui est donnée, immédiatement après la sortie du canon, de sorte que l'espace que parcourent ces petites balles peut être regardé comme un cône dont le sommet est la bouche du canon, et la base le plan vertical ou oblique sur lequel on dirige le coup. Ainsi, le chasseur doit non-seulement viser droit, mais encore il doit faire partir le coup lorsque le gibier est à une distance telle qu'il ne puisse pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

échapper à quelques grains de plomb, qu'on suppose garnir l'espace uniformément.

La longueur d'un canon de fusil influe beaucoup sur la divergence du plomb. Il est certain qu'un pistolet, dont le canon n'a que 6, 8, ou 10 pouces, éparpille bien plus le coup qu'un fusil. Mais s'il s'agit d'une balle unique, le pistolet, s'il est bien dirigé, la porte aussi juste qu'un fusil.

Une des choses qui contribuent le plus à déranger la direction donnée à un fusil, et encore mieux à un pistolet qu'on ne peut tenir que d'une main, est l'effort qu'il faut faire sur la gâchette pour faire partir le coup. Pour remédier à cet inconvénient, les armuriers ont imaginé un petit mécanisme très ingénieux, auquel ils ont donné le nom de *double détente*. Le moindre petit attouchement, la pensée, pour ainsi dire, la fait partir dans l'instant où l'on voit que la direction est bonne. On la met plus particulièrement aux pistolets de combat. Ce petit mécanisme consiste en deux détentes, comme le mot l'indique, dont une, fortement pressée par un ressort, est tenue en arrêt par l'autre à une certaine distance de la gâchette. La seconde détente, légèrement pressée par un ressort, n'oppose pour ainsi dire pas de résistance à lâcher la première détente, qui, frappant la gâchette de bas en haut, fait partir le coup. Il faut que, dans les armes à double détente, l'arrêt de repos de la noix soit effacé, au moment du départ, par un petit tasseau qui ne permet pas à la gâchette d'y entrer, sans toutefois s'y opposer quand on relève le chien.

On sait que le bruit qui suit la décharge d'un fusil et de toutes autres armes à feu est dû à la rentrée subite de l'air atmosphérique dans le canon, où l'inflammation de la poudre a fait pour ainsi dire le vide. Ce bruit parcourant 173 toises par seconde et la balle en parcourant 180 pendant la première seconde, celle-ci arrive avant le son à la distance du but en blanc, qui est pour le fusil d'infanterie de 180 toises environ. Le mouvement de la balle étant continuellement retardé par la résistance de l'air atmosphérique qu'elle traverse, et le son parcourant constamment les 173 toises par seconde, il en résulte qu'à une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distance déterminée, qu'on peut rigoureusement calculer, la balle et le son arrivent en même temps; en sorte qu'au-delà de cette limite, si l'on entend l'explosion d'une arme à feu dirigée sur vous, on a le temps de s'y soustraire, soit en se jetant par terre, soit en se détournant de côté derrière quelque obstacle.

Fusils à percussion. Du moment où la poudre qu'on a nommée *fulminante* (*V.* ce mot), qui s'enflamme par le choc, fut découverte, on dut s'occuper des applications qu'on pouvait en faire. Il était naturel de penser à remplacer par ce moyen l'usage des batteries à pierre pour toutes les armes à feu. Des essais plus ou moins heureux furent faits, tant en Angleterre qu'en France. Enfin il y a quelques années qu'on est parvenu à établir des platines à percussion pour les fusils de chasse, qui présentent sur les batteries à pierre des avantages tellement décisifs, qu'on abandonne généralement ces derniers. Je vais tâcher d'expliquer la nouvelle disposition qu'a exigée dans les platines de fusils la propriété qu'a la poudre fulminante de s'enflammer par le choc de deux métaux, au lieu de s'enflammer par l'étincelle que fait jaillir le choc d'une pierre contre une batterie. (*V.* fig. 7, Pl. 5 de *Technologie*.)

Rien n'est changé dans l'intérieur de la platine, mais à l'extérieur on ne voit plus ni batterie, ni son ressort, ni bassinet, ni pierre. Le chien n'est plus qu'un petit marteau de forme conique et creux, mis à la place des mâchoires qui tenaient la pierre, au fond duquel creux on introduit le grain d'amorce, enveloppé dans une capsule faite en feuille de cuivre mince, façonnée en petit cylindre sous le balancier. Ce chien, ou pour mieux dire, ce marteau s'abattant avec une force ordinaire sur une espèce d'enclume à bec conique qui remplit exactement le creux du chien, comprime l'amorce qui s'y trouve, et l'enflamme. La petite enclume étant percée d'un trou qui aboutit vers le fond de la charge du fusil, met le feu à celle-ci, et le coup part à l'instant. La disposition du chien et de l'enclume qui se pénètrent et se recouvrent exactement, oblige tout le feu de l'amorce à se diriger par le trou de la lumière vers le centre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la poudre, dont toute la force est mise à profit pour chasser le projectile. Ainsi c'est avec raison qu'on a annoncé qu'avec une charge égale, la balle du fusil à percussion était portée plus loin que celle du fusil à pierre, parce que dans celui-ci il y a toujours une partie du coup qui s'échappe par la lumière.

Ce qui a contribué puissamment à faire réussir les fusils à percussion, c'est d'avoir trouvé le moyen de parer aux dangers auxquels exposait sans cesse le transport de la poudre fulminante. Prélat, auquel nous devons le mécanisme simple de la percussion, qui est généralement préféré, avait trouvé le moyen de faire des grains d'amorce qu'il enveloppait d'une espèce de vernis; mais cela était loin d'offrir la même sécurité que les petits cylindres de cuivre mince dans lesquels on met ces amorces aujourd'hui. On s'en procure une quantité considérable pour un prix extrêmement modique.

M. Lepage, armurier du roi, avait imaginé un système de piston correspondant au centre des culasses où étaient percées les lumières. La percussion était donnée dans l'intérieur par la noix d'un chien qui s'élevait au-dessus de la crosse, vis-à-vis le milieu des canons, pour les armer. Les amorces contenues dans un réservoir particulier, venaient, par un simple mouvement d'un bouton à poussoir, se placer successivement à chaque coup dans l'endroit où elles devaient recevoir le choc. Tout cela paraissait simple et devoir remplir son objet; cependant on l'a abandonné, à cause de la crasse que la fumée, à laquelle on n'avait pas donné d'issue, accumulait très promptement dans l'intérieur.

Fusils à percussion et à bascule, de Pauly. Il y a long-temps qu'on a imaginé des armes à feu à bascule, se chargeant par la culasse; mais M. Pauly a exécuté, d'après cette idée, un fusil qui porte son nom, qu'on regarde comme une bonne arme. Il avait voulu faire adopter ce système pour la troupe; et sous le ministère de M. le maréchal Gouvion-Saint-Cyr, il avait été arrêté qu'on armerait un bataillon de 500 hommes avec des fusils à la Pauly. Cela aurait apporté de grands changemens

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les exercices et le maniement des armes : on voulait aussi les faire à percussion. Ce projet paraît entièrement abandonné.

Fusil à vent. Tout le monde sait que l'air atmosphérique est compressible, et qu'il réagit en raison de la compression qu'on exerce sur lui, lorsqu'il est contenu dans un récipient fermé. Cette propriété physique de l'air a donné l'idée d'un *fusil à vent*. Ce fusil se compose d'un canon ordinaire, se vissant sur le bout d'une crosse métallique qui lui sert de culasse. Cette crosse, qui a la forme d'une poire alongée, est le récipient dans lequel, au moyen d'une pompe foulante, qui se visse dessus comme le canon, on y accumule une grande quantité d'air. Une soupape dont la tige présente une saillie en dehors, l'y retient enfermé. La crosse étant ainsi chargée d'air comprimé, est mise sur son canon qui porte une détente à ressort qui, en s'abattant, fait ouvrir instantanément la soupape de la crosse. L'air qui s'en échappe va frapper la balle qu'on a mise dans le canon, et la chasse avec une force comparable, dans les premiers coups, à celle de la poudre. On peut tirer 10 à 12 coups sans recharger l'air.

Dans le commencement de la guerre de la révolution, il y avait dans l'armée autrichienne une compagnie de Tyroliens armés de *carabines à vent*. On l'envoyait toujours en tirailleurs, et elle se plaçait de manière à pouvoir nous envoyer ses balles sans qu'on pût deviner de quel côté elles nous venaient. Une de ces carabines se trouve au Conservatoire des Arts et Métiers. Sur le côté droit de l'arme est un canon en tôle, qui peut contenir 12 balles. Un tiroir percé d'un trou égal au calibre des balles se meut dans le sens transversal, de manière à pouvoir se placer vis-à-vis le canon de l'arme et vis-à-vis le canon qui sert de magasin aux balles. Pour charger, on n'a qu'à dresser l'arme, pousser le tiroir, pour amener une balle vis-à-vis le canon, mettre en joue et tirer.

E. M.

FUSTET (*Arts chimiques*). Bois d'un arbrisseau du genre sumac, nommé *rhus cotinus*, ayant, surtout à son centre, une couleur jaune, veinée de verdâtre, qui le rend agréable à l'œil

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lorsqu'il a été travaillé, et qui motive l'usage qu'en font les tourneurs, les ébénistes et les luthiers. Il renferme un principe astringent qui le rend propre au tannage. On l'emploie surtout avec succès dans la teinture, à cause de la belle couleur orangée qu'il fournit; mais cette couleur, lorsqu'elle est seule, s'altérant facilement, on ne l'emploie que mélangée avec d'autres couleurs. Par exemple, si l'on veut donner à l'écarlate une couleur de feu, ou bien allier à d'autres couleurs, comme celles dites de grenades, de jonquilles, de chamois, de couleur d'or, etc., une nuance orangée, on passe les étoffes déjà teintes de ces couleurs dans un bain de fustet, et l'on en obtient cet avantage que ce jaune orangé, même en s'affaiblissant, ne change jamais de nature. L*****R.

FUT (*Architecture*). On donne ce nom au tronc d'une colonne; il a la forme d'un pilier arrondi en cylindre. (*V.* le mot ARCHITECTURE, où ce sujet a été traité.) FR.

FUTAIE. *V.* FORESTIER. FR.

FUTAILLE (*Technologie*). C'est le nom général qu'on donne à tous les tonneaux, pipes, barriques, tierçons, que l'on embarque dans les vaisseaux.

Le TONNELIER appelle *futaille montée* celle qui est reliée et garnie de ses cerceaux, de ses fonds et de ses barres.

Il nomme *futaille en botte* celle dont les douves sont toutes préparées, et à qui il ne reste qu'à les monter et y mettre des cerceaux. (*V.* TONNELIER.) L.

FUTAINE, FUTAINIER (*Technologie*). C'est une sorte d'étoffe dont la chaîne est en fil et la trame en coton. Cette étoffe est ou simplement ou doublement croisée; cette dernière est sans envers. Il y a des futaines à poil; on les garnit aux chardons comme les DRAPS ou comme les COUVERTURES. (*V.* ces mots.)

On nomme *futainier* l'ouvrier qui fait des futaines; on donne le même nom au marchand qui les vend. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Additions.

Dans l'article BRONZE de cet Ouvrage, nous avons insisté sur l'utilité de reconnaître la composition chimique des divers morceaux de bronze que l'on réunit, pour compléter la quantité de matière première utile à l'exécution d'un monument plus ou moins considérable; en effet, les titres une fois connus, il est facile, à l'aide de règles d'alliage, de composer des *fontes* semblables pour les coulées de chacune des pièces, en prenant d'ailleurs toutes les précautions nécessaires pour éviter une trop forte déperdition au feu. Au nombre de quelques grands exemples des inconvéniens qu'entraîne l'oubli de ces analyses préparatoires et de ce mélange uniforme, nous avons cité plusieurs faits relatifs à la colonne en bronze de la place Vendôme, et nous avons rappelé la désastreuse position dans laquelle s'est trouvé, par les motifs indiqués ci-dessus, le fondeur qui avait entrepris et exécuté la fonte de ce monument. Nous avons fait voir comment il avait été entraîné dans la perte de sa fortune, comment sa probité même avait été mise en doute, et enfin son innocence tardivement reconnue. Une commission de chimistes, avons-nous dit encore, aurait prévenu ces malheurs, en démontrant l'impérieuse nécessité de livrer au fondeur des pièces assorties, de manière à ce que leur fusion présentât toujours une composition identique.

M. Launay, qui fut victime des malheurs que nous venons de retracer, avait lui-même, à ce qu'il paraît, reconnu l'utilité de cette mesure; c'est du moins ce qu'indique une lettre dont il a gardé copie, et qu'il a adressée, le 21 octobre 1806 (avant de commencer les travaux), à M. Lavallée pour M. Denon, dans laquelle il témoignait le désir que la totalité des bouches à feu fussent réunies, afin de préparer un mélange homogène.

Au reste, les pièces justificatives que M. Launay a bien voulu nous soumettre confirment pleinement qu'il n'a détourné de leur destination aucun des objets qui lui furent confiés. En effet, le poids total net des trois livraisons de bronze qu'il a reçues pour être employées à couler les diverses parties du revê-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tement de la colonne s'élève à..... 176,693[k].
En déduisant un dixième de ce poids pour déchet accordé..... 17,669

On voit qu'il devait compte de..... 159,024

Le poids de toutes les livraisons de pièces coulées qu'il a fournies s'élève à	140,501[k].	
Le complément qui lui était accordé pour fondre les statues d'une seule pièce.....	8,374	149,388
Enfin, les poudres, boulets, etc., trouvés dans les bronzes bruts, ont formé un poids de.....	513	

M. Launay restait donc débiteur envers le gouvernement de..... 9,636[k];

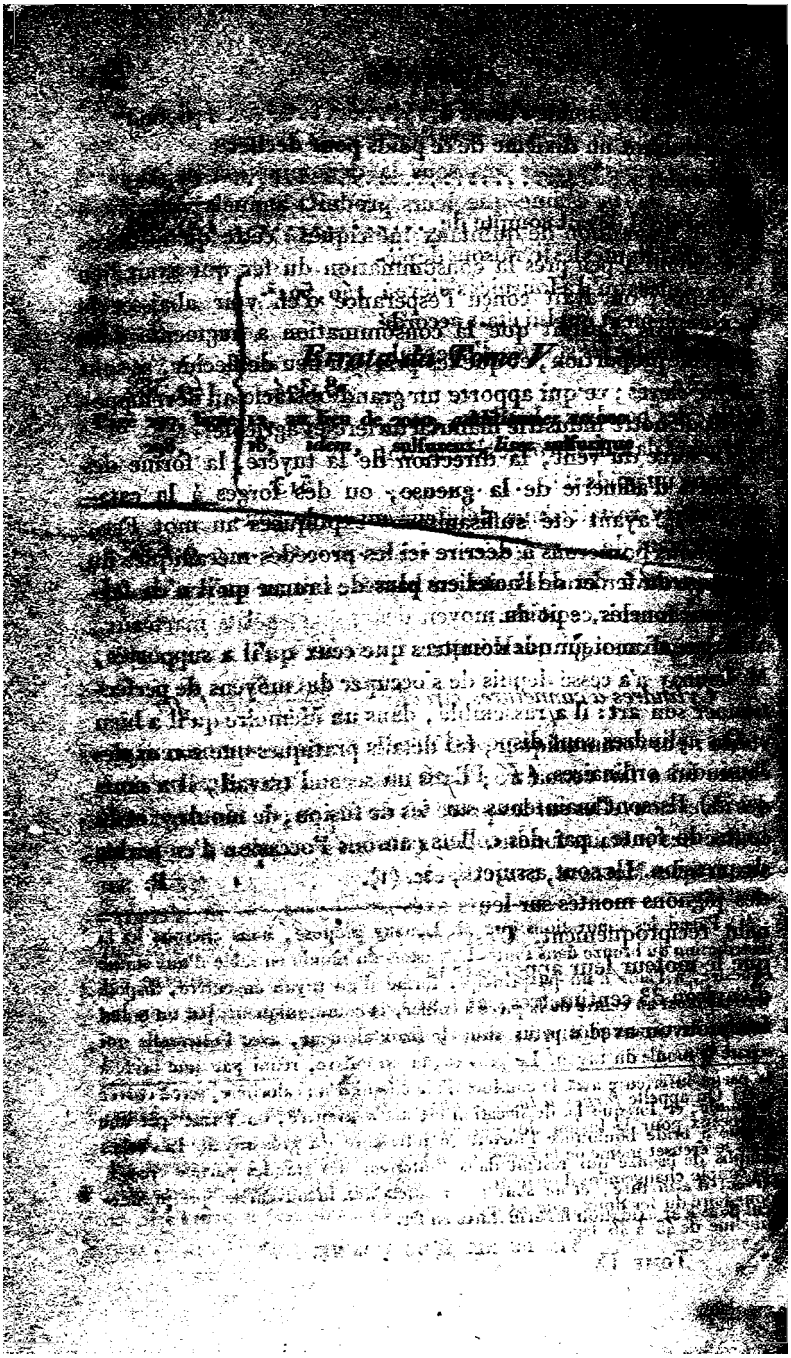
et il se trouva dans les ateliers plus de bronze qu'il n'en fallait pour fournir ce poids.

Malgré d'aussi grands désastres que ceux qu'il a supportés, M. Launay n'a cessé depuis de s'occuper des moyens de perfectionner son art: il a rassemblé, dans un Mémoire qu'il a bien voulu nous communiquer, les détails pratiques que son expérience lui a fait connaître; dans un second travail, il a émis des idées nouvelles sur les procédés de fusion, de moulage et de coulée des métaux fondus. Nous aurons l'occasion d'en parler aux articles MOULAGE, STATUES, etc. (1). P.

(1) Parmi les innovations que M. Launay propose, nous citerons ici la distribution du bronze dans toutes les parties du moule en sable d'une statue équestre, à l'aide d'un jet principal formé d'un tuyau en cuivre, disposé verticalement au centre de la pièce à couler, et communiquant, par un grand nombre de tuyaux plus petits situés horizontalement, avec l'intervalle qui sépare le moule du tuyau. Le gros tuyau en cuivre, réuni par une bride à sa partie inférieure avec le conduit d'air chaud d'un calorifère, sert à étuver le moule; et lorsque la dessiccation est assez avancée, on ferme par une plaque à bride boulonnée l'ouverture inférieure du gros tuyau. Les tubes remplis de bronze qui restent dans l'intérieur des grandes parties creuses servent d'armature, et ne sont point sujets aux inconvéniens que produisent dans leur oxidation les armatures en fer.

FIN DU NEUVIÈME VOLUME.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires