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

Titre général : Dictionnaire technologique
Titre du volume : Tome 16 : Pelletier-fourreur à Porte-voix

Mots-clés : Pelletier ; Fourreur

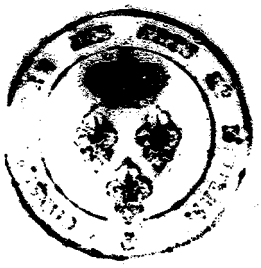
Description : [4]-520 p.
Adresse : Paris : Thomine, 1829
Cote de l'exemplaire : CNAM 8°Ky1.16 (Bibliothèque du CNAM)

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8KY1.16

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,

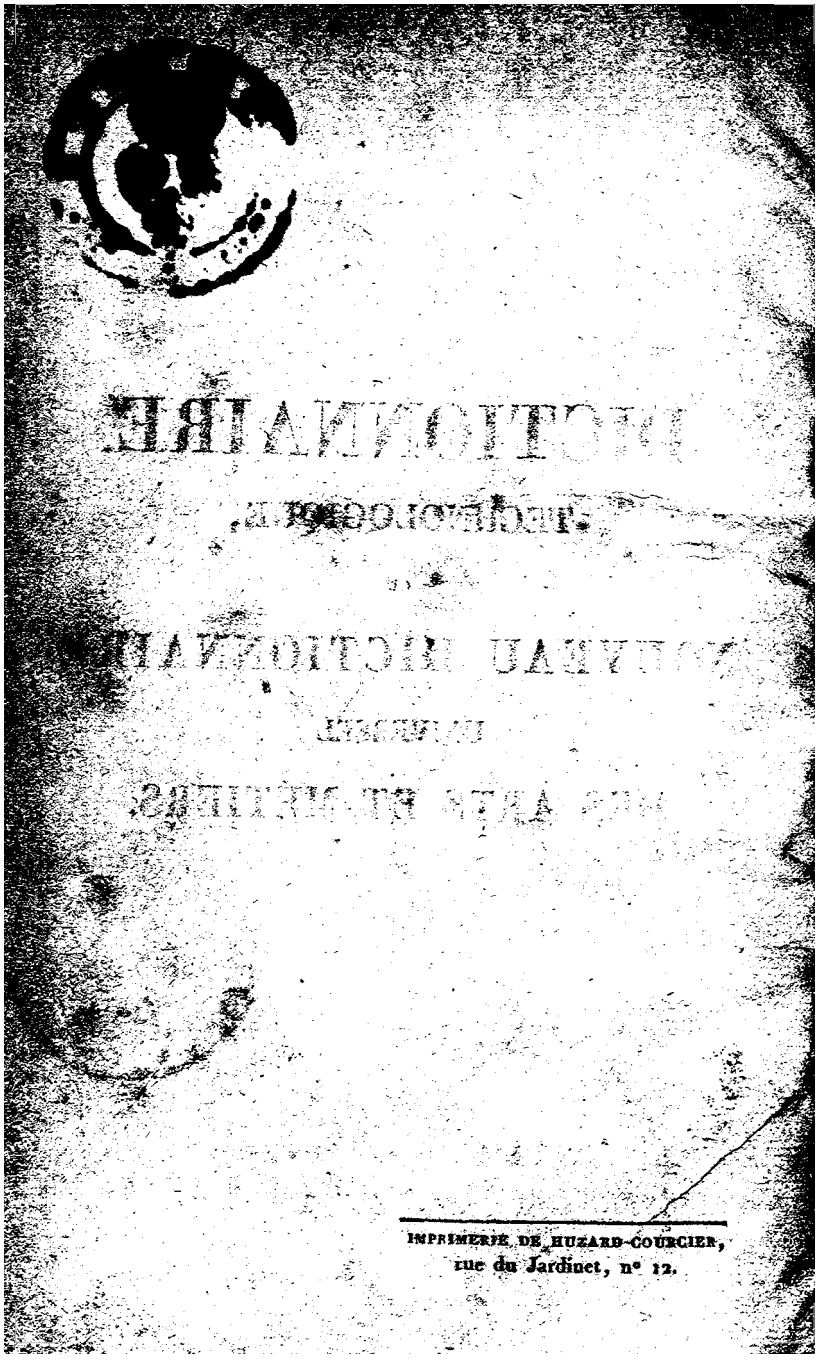
OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



IMPRIMERIE DE HUZARD-COURCIER,
rue du Jardinet, n° 12.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8° Ky 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 SEIZIÈME.



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

1829

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DICTIONNAIRE

TECHNOLOGIQUE,

OU

NOUVEAU DICTIONNAIRE

UNIVERSEL

DES ARTS ET MÉTIERS.

P

PELLETIER-FOURREUR (*Technologie*). L'art du *pelletier-fourreur* exigerait, pour être traité dans tous ses détails, une étendue que ne peut pas embrasser notre Dictionnaire. Il est indispensable, à celui qui se livre à cet art, de connaître à fond l'Histoire naturelle de tous les animaux quadrupèdes et volatiles sur les peaux desquels cet art exerce ses manipulations. Cette connaissance ne serait pas encore suffisante ; il faudrait y joindre celle qui donne les moyens d'en apprécier exactement les qualités, afin de pouvoir découvrir les nombreuses fraudes qui se commettent dans le commerce des peaux à poils ou fourrures.

L'époque à laquelle on tue et l'on dépouille les animaux influe considérablement sur leurs qualités, sur leur conservation et sur la beauté des fourrures. La manière dont on les emballe pour les expédier est d'une très grande importance, et tout cela constitue la science que doit posséder celui qui se livre au commerce des pelleteries. L'absence de toutes ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

connaissances essentielles conduirait infailliblement celui qui aurait la témérité d'entreprendre cet art, à une ruine complète.

La théorie seule ne peut pas suffire dans un art tel que celui dont nous nous occupons ; il faut voir les objets, et par une longue habitude, savoir distinguer le vrai du faux, qui souvent imite parfaitement la nature ; ce qu'on peut le plus souvent reconnaître à l'aide des réactifs. Le pelletier a donc un besoin indispensable des connaissances chimiques. Il ne peut pas se passer de cette science pour perfectionner la teinture des poils, qui est encore dans son enfance, comme on le verra par la suite.

Nous avons visité plusieurs ateliers de pelletiers-fourreurs ; nous nous sommes convaincu que cette branche de notre industrie est une de celles dont les procédés n'ont pas subi les réformes que l'état de la science a appelées sur une grande quantité d'Arts industriels qu'on a sans doute regardés comme plus importans, et que nos savans se sont attachés à perfectionner. On a vraisemblablement considéré que cet art est trop sujet aux variations continuelles qu'introduit le caprice des modes, et qu'agissant sur des objets naturels, il n'intéressait pas assez la grande majorité des consommateurs, pour mériter des recherches sérieuses et l'attention soutenue d'une science qui lui est indispensable. Nous pensons que ce sont là les raisons pour lesquelles cet art n'a pas fait des progrès sensibles.

De l'apprêt des peaux. Si nous ne considérions le *pelletier-fourreur* que sous le rapport de ses travaux sur les peaux indigènes, nous n'aurions que peu de chose à dire sur les opérations des apprêts ; nous ne récoltons sur notre territoire qu'une petite quantité de peaux précieuses ; c'est du nord de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique que nous tirons les plus recherchées, et qui nous arrivent par le commerce à des prix plus ou moins élevés, selon qu'elles sont plus ou moins rares. Ces peaux ont reçu leurs premiers apprêts, qui sont donnés par les naturels du pays, et au moyen

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

desquels la couleur naturelle et la solidité des poils sont conservées. Nous n'entrerons pas dans les détails de ces apprêts, que le lecteur intéressé à connaître toutes ces manipulations trouvera parfaitement décrits, par Roland de la Platière, dans le T. I^er^, *Manufactures et Arts*, de l'Encyclopédie méthodique, page 722. Il lira avec fruit, dans le même volume, depuis la page 489 jusqu'à la page 718, et dans les notes qui suivent le discours préliminaire, tout ce qui pourra l'intéresser sur la connaissance des animaux qui fournissent les peaux que le pelletier-fourreur emploie. Il ajoutera à ces connaissances, celles qu'il puisera avec fruit dans le nouveau Dictionnaire d'Histoire naturelle, qui complétera les notions qu'il pourra désirer sur cette partie importante de cet art.

Ce qu'il y a de plus essentiel à observer dans les derniers apprêts que l'ouvrier est obligé de donner, afin d'approprier ces peaux aux usages auxquels il les destine, consiste à ramollir la peau en la mouillant du côté de la chair, sans l'imbiber d'eau, puis à l'étirer en tous sens sur le *fer*, comme nous l'avons expliqué dans les Arts du CHAMOISEUR et du MÉGISSIER. Ces opérations sont importantes et délicates, car il s'agit de conserver tous les poils, sans en altérer un seul d'aucune manière.

L'*écharnage* est encore une opération difficile, lorsqu'on la juge nécessaire pour réparer les négligences des premiers apprêteurs. Dans ce cas l'ouvrier passe sur chair, avec la main, de la craie en poudre, afin d'absorber l'humidité qui reste sur la peau, et de la sécher entièrement, pour que le fer puisse bien mordre. Il en passe de même sur le poil, afin qu'elle absorbe la graisse naturelle ou accidentelle qu'il pourrait conserver; l'ardeur des rayons solaires, auxquels il expose cette peau, en facilite l'absorption.

Le *dégraissage* des peaux s'opère dans un tonneau traversé par un axe dont les deux pivots roulent librement sur un bâti en bois. Un des tourillons porte une manivelle. On fait tourner ce tonneau par un moteur quelconque, ou à bras d'homme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les parois intérieures de ce tonneau sont garnies de chevilles de bois, de 10 à 11 centimètres de saillie, placées en quinconce; elles sont arrondies par le bout, afin de ne causer aucune détérioration aux peaux. Un trou carré, d'environ 3 décimètres de côté, couvert d'une porte mobile, sert à introduire les peaux et les matières nécessaires au dégraissage.

Ces matières sont du plâtre ou de la craie pulvérisés, quelquefois du sable, chauds à pouvoir y tenir la main. La chaleur un peu trop forte pourrait détériorer les poils ou même la peau, ce qui oblige quelquefois les ouvriers peu habiles à faire cette opération à froid. Dans ce cas, on est forcé de renouveler le dégraissage et de faire rouler le tonneau plus long-temps. L'opération à chaud est préférable; mais il faut qu'elle soit conduite par un ouvrier très expérimenté.

Cette opération terminée, on achève l'*écharnage*, qui exige beaucoup de précaution et une grande habitude. Il faut avoir soin surtout de ne pas arriver jusqu'à la racine du poil, car alors il n'aurait plus de soutien, il se détacherait facilement, et la peau serait détériorée.

Toutes ces manipulations délicates exigeraient, pour être bien traitées, un article beaucoup plus étendu que notre cadre ne peut le comporter. Peu de personnes sont intéressées à connaître des détails minutieux, et il leur sera facile de consulter les ouvrages que nous avons cités. Nous allons nous occuper plus spécialement des deux opérations les plus importantes de l'art du *pelletier-fourreur,* qui sont encore dans l'enfance, ainsi qu'on va en juger.

Du lustrage des peaux. On est obligé de pratiquer sur le poil une manipulation que les pelletiers désignent sous le nom de *lustre,* afin de les rendre plus agréables à la vue. Elle consiste, soit à changer la couleur naturelle du poil, soit à cacher les inégalités des nuances qui peuvent les déparer, soit à rendre le poil plus luisant. Cette opération se nomme *lustrage.*

La nature ne donne jamais que des poils fauves, noirs ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gris, bruns de toute nuance. C'est donc à ces couleurs dans toutes leurs nuances que le pelletier doit s'attacher spécialement, et rejeter absolument toutes les autres recherches qui tendraient à donner des couleurs que la nature a refusées aux animaux dans lesquels on peut prendre les fourrures.

Dans les divers ateliers que nous avons parcourus, nous avons constamment vu suivre les mêmes procédés qu'une aveugle routine y avait introduits depuis un temps immémorial. Les pelletiers-fourreurs n'ont presque rien changé aux recettes empiriques qu'ils ont reçues de leurs devanciers. On trouve ces recettes dans tous les ouvrages qui ont été écrits sur cette matière, et qui n'ont fait que varier les doses. Nous nous bornerons à donner les deux premières qu'indique Roland de la Platière, et qui fourniront une preuve suffisante de ce que nous avons avancé.

Composition de la teinture ou du lustre, car ces deux mots sont synonymes dans le langage du *pelletier-fourreur*.

Sur 12 pintes (11^{lit},177) d'eau de chaux,
3 livres (1^{k},469 grammes) de noix de galle,
1 livre (0,490 grammes) de litharge d'or,
2 onces (0,063 grammes) de sel ammoniac,
2 onces (0,063 grammes) de vert-de-gris,
4 onces (0,122 grammes) d'alun de Rome,
2 onces (0,063 grammes) d'antimoine,
12 onces (0,367 grammes) de couperose verte,
4 onces (0,122 grammes) de limaille de fer,
1 once (0,030 grammes) de mine de plomb.

Cette composition porte le nom de *lustre noir*. La composition qui suit est appelée *lustre rouge*.

3 livres (1,469 grammes) de noix de galle,
1 livre (0,490 grammes) de litharge d'or,
3 onces (0,092 grammes) de vert-de-gris,
8 onces (0,245 grammes) d'alun de Rome,
8 onces (0,245 grammes) de couperose blanche,
4 onces (0,122 grammes) de sel ammoniac.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il suffit de l'inspection de ces recettes pour se convaincre qu'on n'a rien fait pour les améliorer. Quoi qu'il en soit, voici comment on opère : on met les substances indiquées, bien pulvérisées, dans un chaudron sur le feu, à l'exception de la noix de galle et de la litharge, on les délaie avec une partie de l'eau de chaux, on fait bien chauffer en remuant toujours avec une spatule, sans laisser bouillir ; c'est très important, ajoute la recette. On met alors la noix de galle et la litharge dans un baquet, dans lequel on verse peu à peu de la dissolution chaude. On délaie le mélange avec l'eau de chaux, on remue bien, on laisse reposer pendant une heure, et l'on peut commencer à lustrer.

On passe cette composition sur la peau bien étendue sur une table, le poil en dessus, à l'aide d'une brosse de soie de porc ou de sanglier, de 2 pouces (54 millimètres) de longueur de poil ; la dimension de la brosse, de 4 pouces (108 millimètres) de large, sur 8 pouces (216 millimètres) de long.

On remue bien la composition, on y trempe les poils de la brosse, et on la passe de la tête à la queue une première fois ; à la seconde, on agite un peu les poils dans le sens perpendiculaire à l'ouvrier, afin de faire prendre le lustre partout, mais en allant toujours de la tête à la queue. A la troisième fois, on n'exerce plus cette sorte de tremblement, on passe le lustre comme la première fois, ce qui remet les poils en place ; enfin, à la quatrième fois, on secoue de temps en temps la brosse, afin qu'il tombe quelques gouttes de lustre sur la peau, pour lui donner une légère teinte. On étend le tout avec la brosse, et l'on fait attention de ne passer les couches successives qu'après que la précédente est sèche.

Ceux qui désireront de plus grands détails, ainsi que d'autres recettes qui ne nous paraissent pas meilleures, pourront consulter le Mémoire de Roland de la Platière, que nous avons indiqué.

Bien convaincu de la futilité de ces recettes, nous avons fait quelques essais qui nous ont prouvé qu'il serait à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

désirer que la Chimie s'occupât de perfectionner cette partie importante de l'art. Quelques-unes de nos expériences nous ont démontré qu'avec de la noix de galle, du sulfate de fer à différens degrés d'oxidation, des acides minéraux ou des *sels acides*, il est facile d'obtenir sur les poils toutes les nuances qui imitent la nature. Du reste, cette partie regarde directement nos savans chimistes, et nous pensons qu'ils ne laisseront rien à désirer au mot TEINTURE. (*V.* ce mot.)

Nous ne dirons rien sur la manière de couper les peaux pour les approprier aux désirs des consommateurs; la mode si variable et le goût de l'ouvrier le dirigent dans ses travaux.

L.

PELOTEUSE MÉCANIQUE. Ces jolies pelotes de coton dont le fil est croisé si gracieusement pour former une boule à mailles serrées et régulières, ne sont pas faites à la main; le travail se ferait trop lentement et d'une manière trop inégale. On se sert, pour façonner la pelote, d'une petite machine dont voici la description. (*V.* fig. 4, 5, 6 de la Pl. 45 des *Arts mécaniques*.) Les fig. 4 et 6 sont en élévation, la fig. 5 en plan.

A est une roue en bois, de 15 pouces environ de diamètre; son contour est creusé en gorge, comme une poulie, et entouré d'une corde sans fin ABID, qui, passant sur la poulie de renvoi I, va faire tourner la poulie B, lorsqu'on fait fonctionner la manivelle M. Comme le diamètre de la roue A est neuf à dix fois plus grand que celui de la poulie B, celle-ci tourne autant de fois plus vite que la roue. La poulie B est en cône tronqué et porte à sa surface plusieurs gorges de diamètres différens, où l'on peut faire passer la corde sans fin, pour obtenir différens rapports de vitesses. Le coton que l'on veut peloter est en écheveau, porté sur un dévidoir à côté. L'axe de la poulie B est en fer, percé dans sa longueur d'un tuyau où entre le fil *a*B, pour le conduire.

Après avoir traversé le tuyau B, le fil sort du côté intérieur, et est passé dans un crochet ou œil F, au bout d'une tige en fil de fer un peu fort, lequel est courbé à peu près en quart

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de cercle, pour écarter le fil de l'axe de rotation de la poulie. Quand celle-ci tourne, l'œil F décrit un cercle vertical parallèle à la roue. Le fil suit cette rotation et s'enroule autour d'une broche en cuivre EO, et s'y pelote en boule ovoïde. Cette partie du mécanisme ressemble absolument à celui du ROUET A FILER, et la tige courbe BF fait fonction de ce qu'on nomme *épinglier* ou *tréche;* la broche tient lieu de bobine, et le fil s'y enroule naturellement; seulement ici la broche est un peu oblique et portée par une poulie HK, en forme de plateau, perpendiculaire à la broche.

Une autre corde sans fin va de ce plateau à une petite poulie R qui est fixée sur l'arbre de la roue et tourne avec elle. Comme ce plateau est d'un diamètre sept à huit fois plus grand que celui de la poulie R, on voit qu'il tourne lentement, et que la broche présente successivement ses différentes faces au fil de coton, qui s'y envide et la contourne obliquement.

Comme cette manœuvre ne produirait qu'une pelote en œuf allongé, vers la fin de l'opération, on lui donne la forme sphérique en chargeant le milieu. Pour cela, on fait prendre à la broche une forte inclinaison à l'horizon, en inclinant le plateau HK qui la porte. Voici comment on donne ce mouvement. La broche EO est portée par le plateau HK, qui pirouette sur un axe central L; cet axe, qui y entre par-dessous, est croisé par une barre *mn* tenant par ses bouts aux pieds fixes de l'instrument en *m* et *n*. C'est autour de cette barre *mn* qu'on fait basculer le plateau et la broche EO, et qu'on peut leur donner toutes les inclinaisons, depuis la verticale jusqu'à l'horizontale, sans cependant que le bout O de cette broche puisse se placer assez près de la tige courbée FB pour la rencontrer et arrêter sa rotation. Sous la poulie HK, le bout L de l'axe est attaché à un quart de cercle NL (fig. 6), lequel a son bord inférieur denté en ROCHET; dans ces dents obliques on fait entrer le bout d'une lame de ressort *bc* qui maintient la poulie NK et sa broche, sous tel degré d'inclinaison qu'on veut.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On comprend aisément tout ce mécanisme. L'ouvrière fait tourner, d'une main, la manivelle M, et tend, de l'autre, le fil de coton, dont l'écheveau est sur un dévidoir : ce fil *a*B entre dans un tuyau de fer servant d'axe à la poulie B ; la roue tourne, et, par l'effet de la corde sans fin, cette poulie B tourne aussi avec assez de vitesse. Le fil, après avoir traversé l'axe de la poulie, est accroché au bout de l'épinglier, dans un œil qui le conduit, et il s'envide autour d'une broche. D'ailleurs cette broche tourne lentement sur elle-même, à l'aide d'une poulie, au centre de laquelle elle est implantée, et qui tourne par une corde sans fin allant de cette pièce à une poulie fixée sur l'arbre de la roue. Ainsi le fil se dispose sur la broche par lignes obliques et régulières, et forme des zones très étroites, suivant la forme ovoïde. On pare enfin cette boule, en la rendant sphérique, et la couvrant d'un réseau à mailles carrées, ce qui se fait par suite de l'inclinaison qu'on donne à la broche. La pelote une fois faite, on la retire de dessus la broche où elle se trouve enfilée. FR.

PELUCHE (*Technologie*). La *peluche* est une sorte de *panne* dont les poils sont plus longs que ceux de la *panne* ordinaire. (*V.* le mot PANNE, T. XV, page 176.) L.

PENDULE (*Arts physiques*). Un pendule est un corps pesant suspendu qui, étant écarté de sa position d'équilibre et abandonné à lui-même, est contraint, par la gravité, d'osciller de part et d'autre de la verticale de repos. La durée de ces oscillations dépend de la forme du corps, de ses dimensions et de la situation du point de suspension.

On rapporte que Galilée, ayant reconnu la fausseté des principes d'Aristote sur la chute des corps, principes alors reçus comme incontestables, imagina une nouvelle théorie, qui est celle de la nature, et qui est universellement adoptée aujourd'hui. (*V.* GRAVITÉ, CHUTE, PESANTEUR.) Mais voulant vérifier les théorèmes auxquels il avait été conduit, il avait besoin d'un moyen de mesurer les temps employés par les corps pour tomber de différentes hauteurs; et comme cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chute est très rapide, même sur des plans inclinés, il cherchait un procédé exact pour diviser la durée en intervalles égaux et très courts, lorsque la vue d'une lampe suspendue à la voûte d'une église de Pise fut pour lui un trait de lumière. Cette lampe avait reçu un petit mouvement, et elle oscillait depuis assez long-temps, sa vitesse se détruisant et se reproduisant à chaque excursion. Il était clair, pour le philosophe, qu'en accourcissant la corde de suspension, on pouvait accélérer à volonté les oscillations, et que c'était un moyen très précis de trouver les intervalles de temps qu'il demandait. C'est donc à Galilée qu'est due l'ingénieuse idée de mesurer la durée par le pendule.

En effet, le mobile suspendu se retrouvant, à chaque excursion, dans le même état où il était d'abord placé, il est évident que la durée des oscillations est constante. Et comme un pendule qui n'est lié à aucun rouage, qui n'éprouve d'ailleurs d'autre résistance que celle de l'air, d'autre frottement que celui de la suspension, reste très long-temps en mouvement avant de s'arrêter, on pouvait aisément prolonger les expériences tout le temps nécessaire, sans que le pendule destiné à en indiquer la durée éprouvât de variation sensible dans ses oscillations. Lorsque la suspension se fait à l'aide d'un *couteau* (*V.* ci-après) bien exécuté, le pendule une fois mis en mouvement, peut osciller jusqu'à vingt-quatre ou trente heures.

La régularité de ces mouvemens a déterminé les artistes à choisir le pendule pour le modérateur des rouages de certaines pièces d'horlogerie, que par cette raison on appelle des *Pendules*. C'est à Huyghens qu'on doit cette admirable invention. Avant de traiter de la construction de ces appareils, il convient d'exposer la théorie des oscillations du pendule; c'est ce que nous allons faire avec tous les développemens que comporte un sujet d'une aussi grande importance.

Imaginons un *point matériel* pesant M (fig. 4, Pl. 16 des *Arts physiques*) suspendu à l'extrémité d'un fil CM, lequel est fixé par l'autre bout en C; nous supposons que ce fil ne pèse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas. Lorsque le corps M est écarté de la verticale CO et porté en M, si on l'abandonne à la gravité, il retombera en O; et les théories mathématiques prouvent qu'il aura, dans le sens horizontal O*n*, la même vitesse qu'il aurait eue verticalement, s'il était tombé de la hauteur IO : c'est ce qu'on appelle la *vitesse acquise*. (*V.* CHUTE.) Cette proposition, ainsi que plusieurs autres dont nous aurons besoin par la suite, ne peut trouver ici sa démonstration, parce qu'elle exige des considérations algébriques très élevées : nous nous contenterons par conséquent d'en faire l'énoncé, renvoyant, du reste, le lecteur à notre Traité de Mécanique (5e édition, p. 365), où ce sujet est développé avec étendue.

Voilà donc le corps descendu en O, ayant suivant l'horizontale O*n* une vitesse acquise : mais en vertu de cette vitesse que rien ne détruit, il doit remonter en N, dissipant par degrés, à mesure qu'il monte, la vitesse qu'il avait reçue de sa chute de M en O. La hauteur du point d'arrivée N, où toute sa force est épuisée, est précisément égale à IO. Ainsi la droite MIN qui passe par les deux points de repos est horizontale, et la verticale CO coupe par moitiés l'angle MCN. Le corps se retrouve en N dans les mêmes conditions où il était d'abord en M; ainsi il retombera en O pour remonter en M, puis redescendra en O pour revenir en N; et ainsi de suite, accomplissant des excursions à droite et à gauche de la verticale. Il fait des excursions constantes et perpétuelles, du moins lorsqu'on néglige la résistance de l'air et le frottement.

Le corps M, qu'on appelle un *pendule simple*, décrit donc un arc de cercle, sans frotter, par mouvemens alternatifs qui ne s'arrêtent jamais, puisqu'on n'admet aucune résistance. Un point matériel pesant M, suspendu à un fil sans poids, n'est sans doute qu'une abstraction théorique, qui n'a point d'existence réelle : mais nous verrons bientôt comment la nature crée cet être idéal, qu'il importe de considérer d'abord pour en étudier les mouvemens.

On nomme *oscillation* le passage de M en N, ou bien de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N en M; la durée de l'excursion, ou le temps pour passer d'un côté de la verticale à l'autre, sera désigné par t; L sera la longueur CM du pendule, rayon de l'arc de cercle parcouru. La théorie prouve qu'on a cette relation

$$t = \pi \sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)}. \qquad (1)$$

π est le rapport approché de la circonférence au diamètre, $\pi = 3,14159...$ (*V.* CIRCONFÉRENCE); g est la pesanteur, ou la vitesse acquise par la chute d'un corps en une seconde, ou le double de l'espace qu'il parcourt, dans le vide, pendant la première seconde de sa chute; à fort peu près, $g = 9,81$ mèt. $= 30,2$ pieds. Au reste, cette quantité g varie un peu avec les lieux; nous reviendrons bientôt sur ce sujet.

L'expérience montre que, quelle que soit la matière du pendule, la durée des oscillations est la même; ce qui prouve que la gravité agit également sur tous les corps, sans avoir d'affinité pour telle substance plutôt que pour telle autre. (*V.* PESANTEUR.) Voilà pourquoi la durée des oscillations ne dépend pas de la matière oscillante, mais seulement de la pesanteur g, qui est la même pour tous les corps.

Pour un autre pendule dont L′ désignerait la longueur, le temps t' de l'oscillation serait de même $t' = \pi \sqrt{\left(\frac{L'}{g}\right)}$. En comparant ces deux équations, on trouve cette proportion : $t : t' :: \sqrt{L} : \sqrt{L'}$: ainsi *les temps des oscillations de deux pendules sont entre eux comme les racines carrées de leurs longueurs*, ou bien $t^2 : t'^2 :: L : L'$, *les longueurs des pendules sont entre elles comme les carrés des temps de leurs oscillations.*

Ainsi lorsqu'un pendule est double d'un autre, il oscille quatre fois plus lentement. S'il faut 36 pouces de longueur au pendule qui bat la seconde, celui qui bat la demi-seconde n'a que 9 pouces, parce que 9 est le quart de 36; celui qui battrait deux secondes aurait 12 pieds.

L'équation (1) est établie dans la supposition que l'excur-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion est infiniment petite ; c'est encore une abstraction impossible à réaliser par expérience, mais qui sert d'élément pour la détermination des véritables oscillations des corps, comme il sera expliqué ci-après. On voit que le temps t ne dépend pas de l'étendue de l'arc décrit dans l'excursion totale ; ainsi des pendules de même longueur, qui oscillent dans des arcs très petits et inégaux, sont *isochrones*, c'est-à-dire emploient le même temps à parcourir l'arc d'excursion. Ce qui veut dire que deux corps qui descendent, sans frottement, le long de l'arc MO, partant l'un de M, l'autre de m, arrivent ensemble au point O le plus bas. Le premier parcourt, il est vrai, un arc plus grand, mais il marche plus vite que celui qui décrit mO ; et il est prouvé que la compensation est exacte. Voilà pourquoi dans les pièces d'horlogerie soignées, on ne fait décrire au pendule que des arcs de 2 à 3 degrés. Comme diverses causes tendent à faire varier l'amplitude de l'oscillation, il n'en résulte alors aucune irrégularité dans la marche, et la durée de chaque excursion reste constante. Les pendules à secondes sont donc plus exactes que celles qui ne battent que la demi-seconde.

Dans l'équation (1), t désigne un nombre de secondes employées à accomplir une oscillation totale. On entend par *seconde* la 86400^{e} partie du jour moyen, ce qui revient à dire que le pendule à secondes bat 86400 oscillations par jour, 3600 par heure de temps moyen. g est un espace ($9^{m},81$ ou $30^{p},2$) double de celui que la pesanteur fait décrire dans la première seconde de la chute d'un corps dans le vide (*V.* ci-après) ; L et g sont rapportés à la même unité, soit mètre, soit pied, soit pouce, etc.

Voyons maintenant comment les abstractions que nous venons de faire trouvent leur application dans la nature, et par quels procédés on a pu trouver la longueur du pendule à secondes.

Lorsqu'on fait osciller une verge CM (fig. 4), les vitesses des divers points sont inégales, puisque les arcs parcourus en même temps sont entre eux comme leurs rayons. En consi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dérant chaque point de CM comme un pendule simple, on voit que s'il était libre, le plus voisin du centre C irait plus vite que celui qui est plus éloigné (*V.* la formule 1) : mais ces points étant liés ensemble et faisant partie d'un corps solide, c'est le contraire qui arrive; les points les plus voisins du centre C sont ceux qui vont plus lentement. La même chose arrive à tout corps oscillant, quelle qu'en soit la forme : on doit donc concevoir qu'à cause de la liaison des parties, certains points vont plus lentement et d'autres plus vite que s'ils étaient libres les uns des autres. En parcourant tous les points de CM, et partant du centre C, on voit qu'on rencontre d'abord une suite de molécules qui sont ralenties dans leur marche, et ensuite d'autres plus éloignées de C qui sont accélérées. Dans le passage des premières aux suivantes, on rencontre un point unique qui n'éprouve ni retard ni avance par sa liaison avec les autres : ce point, qui se meut comme s'il était seul, est ce qu'on appelle le *centre d'oscillation.*

Ce point, qui est différent du centre de gravité, est donc celui qui, bien que lié au reste du corps solide, oscille précisément comme s'il était isolé. On peut, par la pensée, réduire le *pendule composé* à avoir sa masse entière réunie au centre d'oscillation, et le système se trouve ramené à celui du pendule simple. Ce centre est en général situé sur la droite qui joint le point de suspension au centre de gravité du corps; il est situé entre ces deux points, mais beaucoup plus près du dernier. Sa position dépend de la forme du pendule, de la distribution des masses, et du lieu où le point de suspension est fixé.

La théorie apprend à calculer, pour tous les corps géométriques, la position du centre d'oscillation. La liaison des parties du système fait qu'elles exercent une action mutuelle qui altère la vitesse que chacune prendrait si elle était isolée; celle des unes est accrue aux dépens de celles des autres, et il s'établit, de fait, un mouvement général déterminé; de sorte que la durée de l'oscillation est une con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

séquence de l'état des choses. On se représente facilement un pendule simple qui aurait une telle longueur, que la durée des oscillations serait exactement la même que celle de notre pendule composé; il serait *synchrône* avec ce dernier. De là résulte la situation du point du corps qui se meut comme s'il était libre, point qui est le centre d'oscillation.

Nous ne pourrions, sans recourir à des théories algébriques très compliquées, donner les formules dont on se sert pour assigner la place du centre d'oscillation dans les corps Nous devons nous borner à exposer quelques-unes des propriétés de ce point.

Le centre d'oscillation et le point de suspension d'un corps sont réciproques l'un de l'autre; c'est-à-dire que si l'on fait osciller un corps quelconque, et qu'on remarque le lieu qu'occupe son centre d'oscillation, en transportant l'axe de rotation en ce dernier point, la durée des excursions ne sera pas changée.

Lorsqu'on veut *trouver la longueur du pendule à secondes* en un lieu, voici comment on peut opérer.

On suspend à un fil de métal très fin une sphère de platine; comme cette matière est extrêmement dense, la résistance de l'air a moins d'influence pour diminuer l'étendue de l'excursion. On mesure une longueur connue du fil, et on la pèse, pour en conclure le poids de toute autre longueur, et par suite celle qui sert dans l'expérience. On mesure aussi le diamètre de la boule de platine; on en a d'ailleurs le poids ; on fixe le fil à la sphère à l'aide d'une calotte métallique travaillée avec soin sur le même rayon, et qu'on y fait adhérer par une gouttelette d'huile : le fil tient à cette calotte par une vis fixée au milieu. Ce sont des données qui suffisent pour connaître, par le calcul, la position du centre d'oscillation de ce système. Voilà donc notre corps réduit, par le calcul, à un pendule simple de longueur bien connue. Il s'agit maintenant de nombrer les oscillations qu'il fait dans un temps donné, une heure, par exemple.

Concevons qu'on ait une horloge dont la marche soit connue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

astronomiquement. On collera au milieu de sa lentille une mouche de papier blanc, et l'on diposera le pendule d'expérience de manière qu'étant en repos, ainsi que la lentille, vus à distance avec une lunette fixe, le fil paraisse couper cette mouche au centre. On met en mouvement les deux pendules ensemble. Les oscillations ne tarderont pas à être en discordance. C'est à partir d'un instant où, les deux pendules marchant dans le même sens, on verra le fil couvrir le centre de la mouche, qu'on comptera les temps, dont l'horloge servira à évaluer la durée. Comme les oscillations des deux corps sont supposées à fort peu près égales, ce qu'il est facile d'obtenir en donnant au fil une longueur convenable, ce n'est qu'au bout de quelques minutes que la coïncidence dont nous venons de parler se reproduira, après avoir cessé d'exister : les pendules marcheront alors en sens contraires.

Supposons, par exemple, qu'on ait remarqué qu'en 15′, ou 900″ de l'horloge, le pendule a fait 901 oscillations ; ce résultat ne devra pas encore satisfaire, et on ne le regardera que comme approché : on aura une mesure plus exacte de ces mouvemens en les laissant se continuer ; car une nouvelle coïncidence se reproduira 15′ après la première, les pendules marchant dans le même sens, puis une autre 15′ après celle-ci, etc. La boule de platine gagnera donc 1, 2, 3... oscillations sur la lentille de l'horloge, et comme le mouvement du pendule d'expérience peut durer au moins 30 heures, on attendra, pour saisir une coïncidence, que plusieurs heures se soient écoulées. On notera l'heure précise de l'horloge à laquelle cet état a subsisté ; et comme la durée entre les coïncidences est d'à peu près 15′, il est aisé de savoir combien il y en a eu. Divisant le temps écoulé par le nombre de coïncidences, on a la durée de l'une à l'autre, et par suite le temps de chaque oscillation de la boule de platine, en temps de la pendule, puis en temps moyen.

Il faut parler ici de plusieurs corrections à faire au résultat.

1°. Réduisons les oscillations à être infiniment petites : c'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce cas l'équation (1) qui donne la durée de chacune ; mais lorsque l'arc OCM de la demi-oscillation $= f$, on doit prendre pour cette durée

$$T = \pi \sqrt{\left(\frac{L}{g}\right)} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{1}{2} f\right);$$

donc en remettant ici t pour valeur du coefficient, et remplaçant $\sin \frac{1}{2} f$ par $\frac{1}{2} \sin f$, attendu qu'ici l'arc f se confond avec son sinus,

$$T = t\left(1 + \frac{1}{16} \sin^2 f\right).$$

Soient n et n' les nombres d'oscillations accomplies par ces deux pendules dans un même temps quelconque θ, $\frac{\theta}{n} = T$, $\frac{\theta}{n'} = t$, seront les durées de chacune ; et substituant dans notre équation, il vient

$$n' = n\left(1 + \frac{1}{16} \sin^2 f\right).$$

Ainsi, on mesurera l'étendue de l'excursion $2f$ de la boule de platine, sur un arc gradué, et le calcul fera connaître le nombre n' d'oscillations infiniment petites que ce corps ferait, dans le même temps qu'il en fait réellement n selon l'arc $2f$.

Et si, l'excursion étant $2f'$ au commencement de l'expérience, n'était plus que $2f''$ à la fin, à cause de la résistance de l'air, on prendrait la moyenne $(f' + f'')$ pour valeur de l'excursion f, supposée constante pendant le temps écoulé entre deux coïncidences ; ce qui est sensiblement vrai. Le résultat de ce calcul apprend donc quel est le nombre n' d'oscillations infiniment petites, qui doit remplacer le nombre observé n d'oscillations finies.

2°. La résistance de l'air retarde la descente du pendule, et accroît la durée de la demi-oscillation ; mais on démontre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le temps de l'ascension est aussi diminué par cette cause, et que la diminution est la même, en sorte que les deux demi-excursions se font dans le même temps. La résistance de l'air n'exige donc d'autre correction que celle dont on vient de parler pour la diminution des arcs. Cependant le poids du mobile est diminué du poids d'un égal volume d'air (*V.* FLUIDE, T. IX, page 159), en sorte que la pesanteur g est affaiblie dans le rapport de ces poids.

3°. On observe la température à laquelle l'expérience a été faite, afin de s'assurer qu'elle a demeuré constante dans toute sa durée, ou du moins on prend pour telle la température moyenne entre les deux extrêmes, sauf à mesurer la longueur du pendule à cette température, ou à l'y réduire par le calcul.

L'observation et les calculs qui en sont la conséquence indiquent donc qu'un pendule simple de longueur connue L′ a accompli n' oscillations infiniment petites dans le vide pendant un temps connu k. L'équation (1) devient alors applicable. La durée d'une seule de ces oscillations est $\frac{k}{n'} = t$, d'où l'on tire, en substituant

$$L' = \frac{g}{\pi^2} \cdot \frac{k^2}{n'^2}.$$

Un autre pendule de longueur L ferait n de ces oscillations dans le même temps k, savoir

$$L = \frac{g}{\pi^2} \cdot \frac{k^2}{n^2}; \qquad (2)$$

d'où l'on tire

$$Ln^2 = L'n'^2. \qquad (3)$$

Le second nombre de cette équation est connu, ainsi qu'on vient de le dire ; si $n = 3600$, n' ayant été évalué pour une heure, L sera la longueur cherchée du pendule à secondes.

C'est ainsi que Borda, et après lui plusieurs autres savans, ont obtenu la longueur de ce pendule à Paris. Des expériences semblables ont été tentées en d'autres lieux ; on les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a variées de bien des manières, afin de connaître avec précision, en différens lieux, la longueur du pendule. Ces opérations sont très délicates, et exigent des soins extrêmes; mais comme elles sont rarement entreprises, et confiées à des hommes très exercés, on se dispense de les répéter, et l'on en adopte, de confiance, les résultats. L'art de l'Horlogerie est fondé, en grande partie, sur les considérations qui viennent d'être exposées.

On a trouvé pour *la longueur* L *du pendule simple qui bat la seconde sexagésimale de temps moyen, par oscillations très petites, dans le vide, à l'Observatoire royal de Paris,*

$$\begin{aligned} L &= 99{,}38267 \text{ centimètres}\ldots \log = 1.9973106 \\ &= 3{,}059439 \text{ pieds}\ldots\ldots \log = 0.4856419 \\ &= 440{,}5593 \text{ lignes}\ldots\ldots \log = 2.6440044. \end{aligned}$$

Comme il importe d'attacher un sens précis aux termes dont nous faisons usage, nous ajouterons ce qui suit :

1°. Nous appelons *pendule simple* un point matériel pesant qui oscille sans frottement ni résistance sur un arc de cercle, le fil de suspension étant sans poids.

2°. La seconde, ou le 3600^e de l'heure, le 86400^e du jour moyen, est prise pour unité de temps.

3°. Les oscillations sont supposées infiniment petites; si elles se faisaient suivant un arc de 4 à 5 degrés environ, le temps ne serait plus le même, et il serait donné par une autre formule. (*V.* ci-devant.)

4°. Le lieu de l'expérience est Paris, ce qu'il ne faut pas oublier de dire; car en se déplaçant à la surface de la terre, la longueur du pendule à secondes varie un peu. Nous reviendrons bientôt sur ce sujet.

L'équation (2) fait connaître la longueur L d'un pendule faisant n oscillations dans le temps k, lorsque le nombre g est donné, sans qu'il soit nécessaire de calculer la place qu'occupe dans ce corps le centre d'oscillation. Au reste, l'équation (3) est plus commode pour cette détermination; elle donne $L : L' :: n'^2 : n^2$; *les longueurs des pendules sont en*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raison inverse des carrés des nombres d'oscillations effectuées dans le même temps.

Supposons qu'on ait déterminé en un lieu, soit par expérience, soit, comme on va le dire, par le calcul, la longueur L′ d'un pendule faisant n' oscillations dans un temps donné, tel qu'une heure. Le second membre $L'n'^2$ sera une quantité constante connue A, et l'on aura $Ln^2 = A$. On pourra donc trouver la longueur L d'un autre pendule qui fait n oscillations dans le même temps, ou bien trouver ce nombre n quand L est donné. Appliquons ceci à Paris, où la longueur L′ du pendule à secondes est connue, et faisons $n' = 3600$, nombre d'oscillations de ce corps en 1 heure; si l'on rapporte L au mètre pris pour unité, on trouvera

$$\log A = 7.1099156, \quad Ln^2 = A;$$

rien n'est donc plus facile que de calculer l'une des quantités L ou n, l'autre étant donnée. Mais ce nombre A n'est tel que pour Paris, et change avec les stations.

Veut-on, par exemple, qu'un pendule accomplisse 9000 oscillations par heure, on fera $n = 9000$, d'où $L = \frac{A}{81000000}$. En exécutant le calcul, on trouve L = 159,05 millimètres : telle est la longueur du pendule simple, qui bat 5 coups en deux secondes (5 pouces 10 lignes $\frac{1}{2}$).

La longueur du pendule à demi-secondes, à Paris, est 248 millimètres $\frac{1}{2}$ (110,14 lignes). Celui qui bat 140 coups par minute, ou 8400 par heure, est de 182,54 millimètres (6 pouces 9 lignes), et ainsi de suite. On trouvera de même la longueur L d'un pendule dont le nombre n d'oscillations par heure est donné.

On trouvera, à la fin de l'article suivant, une table donnant le nombre des oscillations, à Paris, d'un pendule de longueur connue.

On tire des équations (1) et (2),

$$g = \frac{\pi^2 L}{t^2} = \frac{\pi^2 n^2 L}{k^2}. \qquad (4)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme nous avons trouvé la longueur du pendule à secondes sans connaître le nombre g, cette formule donnera ce dernier, d'après les oscillations du pendule. Cette détermination aura plus de précision que si l'on mesurait directement l'espace que les corps parcourent en tombant, car on conçoit que cette dernière opération n'est propre à rien donner d'exact. Comme L varie avec les lieux, on voit qu'il en faut dire autant de la pesanteur g.

Les variations qu'éprouvent la pesanteur et la longueur du pendule, en changeant de stations, sont assez petites, mais pourtant très notables ; elles proviennent de deux causes :

1°. En s'élevant au-dessus du niveau des mers, la pesanteur décroît, parce qu'on s'éloigne du centre du globe, où s'exerce l'attraction. Si g et L désignent la pesanteur et la longueur du pendule à secondes au niveau des mers, sous une latitude donnée ; g' et L′ les mêmes choses sur un sommet élevé de h au-dessus de ce niveau, et sous la même latitude, on trouve, R désignant le rayon de la terre,

$$g' = g - \frac{2gh}{R}, \quad L' = L - \frac{2Lh}{R}.$$

Ces équations donnent les corrections que doivent subir g et L lorsqu'on change de niveau sur la terre, sans changer de latitude. Ces corrections sont si petites, attendu que R est très considérable, qu'on les néglige, à moins qu'on ne s'élève sur de très hautes sommités. Le rayon moyen de la terre est, comme on sait, R = 6 367 000 mètres.

2°. Mais une autre cause des variations de ces quantités g et L, c'est la force centrifuge qui anime le globe terrestre dans sa rotation diurne. Une partie de cette force agit en sens opposé à la gravité et doit être soustraite : la pesanteur en un lieu n'est que la différence de ces deux puissances. Or, la force centrifuge est sous l'équateur le 289e de la gravité (*V.* ma Mécanique, page 289), et nulle au pôle, variant par tous les degrés intermédiaires de l'un à l'autre. Comme 289 est le carré de 17, et que la force centrifuge croît comme les carrés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des vitesses, si la rotation de la terre était 17 fois plus rapide, les corps cesseraient de peser sous l'équateur, parce que la gravité y serait égale à la force centrifuge ; et même, pour une circulation plus rapide encore, les poids, loin de tendre vers la surface terrestre, s'en écarteraient au contraire, et monteraient, comme les pierres chassées d'un volcan.

La théorie de l'attraction démontre qu'au niveau des mers, la PESANTEUR, qui n'est que la différence entre la gravité et la force centrifuge, varie proportionnellement au carré du sinus de la latitude λ. Et puisqu'on a, par l'équation (1), $g = \pi^2 L$, L varie aussi suivant cette même loi. Ainsi on a

$$L = A + B \sin^2\lambda,$$
$$g = C + D \sin^2\lambda.$$

L'expérience, aidée du calcul, a fait connaître les valeurs des constantes A, B, C, D, et quoique les astronomes ne soient pas encore parfaitement d'accord sur ces valeurs, la différence de leurs résultats est peu sensible, et l'on peut prendre,

En mètres, $\begin{cases} A = 0^m,9909260 & \log B = 0.7120445 - 3 \\ C = 9^m,7800044 & \log D = 0.7063442 - 2 \end{cases}$

En pieds, $\begin{cases} A = 3^p,0505\,11 & \log B = 0.2003758 - 2 \\ C = 30^p,10733 & \log D = 0.1946755 - 1. \end{cases}$

Comme $\lambda = 0$ sous l'équateur, on voit que A et C sont les valeurs de L et g, dans les lieux situés sous ce cercle.

On pourra donc calculer, à l'aide de ces formules, les variations de longueur qu'éprouve le pendule à secondes, lorsqu'on se transporte d'un lieu à un autre, comme aussi le nombre d'oscillations que fait un même pendule en diverses stations, l'avance ou le retard d'une horloge réglée en un lieu, lorsqu'on l'établit ailleurs, etc.

C'est la longueur du pendule simple à secondes, oscillant dans le vide, à Londres, mais réduite au niveau de la mer, qui a servi de base à la détermination de l'unité de longueur du système métrique de la Grande-Bretagne. On remarquera

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord que l'on y fait entrer comme élément nécessaire, le temps, qui est absolument étranger à la notion de l'étendue. En outre, on réfléchira aux expériences délicates qu'on a dû faire pour obtenir le résultat cherché, et aux erreurs dont elles sont susceptibles. Mais ce qui est plus inconvenant encore, c'est que l'unité métrique ainsi déterminée, porte l'empreinte d'une localité particulière, qui ne peut servir de règle pour le reste de l'univers, et celle d'une force, celle de la pesanteur, qui ne reste peut-être pas constante avec la durée des siècles. Les bases du système français sont certainement préférables sous tous les rapports. (*V.* MESURES FRANÇAISES.)

Supposons qu'un pendule simple de longueur L′ fasse $(n+i)$ oscillations en 24 heures sidérales ou moyennes, tandis que pour être réglé sur ce temps, il n'en devrait faire que n, et être long de L : en faisant $n' = n + i$ dans l'équation $\mathrm{L}n^2 = \mathrm{L}'n'^2$, il vient

$$\mathrm{L}n^2 = \mathrm{L}'(n^2 + 2ni + i^2);$$

d'où

$$(\mathrm{L} - \mathrm{L}')n^2 = \mathrm{L}'(2ni + i^2),$$

$$\mathrm{L} - \mathrm{L}' = \mathrm{L}'\left(\frac{2i}{n} + \frac{i^2}{n^2}\right).$$

Telle est la correction que doit éprouver le pendule L′ pour avoir la longueur qui convient à la durée sidérale ou moyenne. Comme i est ordinairement très petit par rapport à n, on est en droit de négliger le dernier terme; de plus, on peut remplacer L′ par L, attendu que ces deux quantités sont presque égales, et que n est très grand : ainsi, il faut allonger le pendule L′ de la quantité $\frac{2i\mathrm{L}}{n}$. S'il s'agit d'un pendule à secondes qui avance de 40″ par jour, on a $n = 86400$, $i = 40$, et la correction devient $\frac{\mathrm{L}}{1080}$. Prenant pour Paris la valeur ci-dessus de L, on obtient 0,092 centimètres, ou $\frac{92}{100}$ de millimètre. C'est la quantité dont il faut allonger le pen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dule qui avance de 40″ par jour, pour qu'il batte la seconde juste. Pour un retard, i est négatif, et il faut au contraire accourcir le pendule. Nous expliquerons plus loin par quel procédé mécanique on exécute ces changemens de longueur.

En général, on trouve que si un pendule varie de 1″ par jour, sa longueur doit changer de 0,023 millimètres. Pour le pendule à demi-seconde, la variation de 1″ en 24 heures répond à un changement de longueur du quart, ou de 0,00575 millimètres. Bien entendu que pour 2 secondes d'avance ou de retard diurne, il faut doubler cette variation; pour 3 secondes, on la doit tripler, etc.

Nous avons dit que le temps de l'oscillation est constant, quelle que soit l'étendue de l'arc d'excursion MON, pourvu qu'elle soit très petite. Ce n'est pas sur un arc de cercle que le mobile M doit se mouvoir pour que l'isochronisme ait lieu, sous toutes les valeurs angulaires, mais sur un arc de Cycloïde. (*V.* ce mot.) On démontre en Mécanique que si MON (fig. 5), est une cycloïde, un mobile sans résistance ni frottement mettra le même temps à descendre au point O le plus bas, et à remonter en N à la même hauteur que le point de départ M, quel que soit le lieu de ce point sur l'arc, quand la courbe est cycloïdale.

Comme cet isochronisme est très important à obtenir en horlogerie, Huyghens, à qui cette ingénieuse théorie est due, a imaginé de faire parcourir une portion de cycloïde au pendule régulateur d'une horloge, au lieu d'un arc de cercle. Pour cela, il a courbé deux lames CA, CB (fig. 5), formant deux arcs de cycloïde contigus au point de rebroussement C, où est la suspension. Le pendule M, suspendu à un fil CAM, décrivait alors une autre cycloïde MON égale aux premières, parce que le fil venait s'envelopper tour à tour sur celles-ci. Cet effet résulte d'une propriété de cette courbe, qui veut que la développée d'une cycloïde soit une autre cycloïde égale, leurs axes étant parallèles.

Mais, tout ingénieuse qu'est cette découverte, il a fallu renoncer à l'appliquer, par diverses raisons, et entre autres,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parce que les propriétés hygrométriques du fil de suspension nuisaient plus à la régularité des mouvemens, que le défaut d'isochronisme auquel on voulait parer. D'ailleurs, il est d'une très grande importance d'éviter les influences de la température, qui changent les dimensions du corps oscillant et font avancer ou retarder la pendule (*V.* COMPENSATEUR, ainsi que l'article suivant), et il était impossible de remédier à cet effet en adoptant le pendule d'Huyghens.

Lorsqu'on veut régler la longueur d'un pendule, on se ménage le moyen de l'accourcir et de l'allonger de petites quantités (*V.* l'article suivant), afin de l'amener au terme précis qu'on désire ; mais le pendule qui bat la seconde, ou la 86400^e^ partie du jour moyen, ne doit varier que de 0,023 de millimètre, pour que la durée des oscillations soit changée de manière à produire une avance ou un retard d'une seconde par jour. Cette variation ne serait que du quart, ou $0^{mm},006$, pour le pendule à demi-seconde. On comprend qu'il faut des essais répétés pour réussir à détruire une aussi petite erreur.

Or, ce sont des vis de rappel qui servent à donner à la lentille du pendule les petits mouvemens qu'on veut produire ; on calcule donc, d'après une longueur de cette vis, quel en est le pas ; puis, lorsqu'on a reconnu l'avance ou le retard produit par un tour entier de la vis, on en conclut quelle est l'étendue de la marche de cette vis nécessaire pour détruire l'erreur totale. Mais, malgré cette opération, le *temps perdu* des vis, et plusieurs autres causes, rendent la rigoureuse exactitude bien difficile à obtenir.

M. de Prony a montré, dans la Connaissance des Tems de 1817, qu'on pouvait, avec un petit poids curseur qui glisse à frottement dur le long de l'axe du pendule, arriver au but avec une extrême facilité ; car ce poids étant supposé le millième de celui de la lentille, il a trouvé qu'une seconde de variation dans la marche diurne d'un pendule à secondes répondra à l'espace d'un décimètre parcouru par le curseur. Ce savant a prouvé que ce curseur avait sur l'axe du pendule un point de *maximum* d'accélération, etc. On peut voir cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

théorie, exposée dans les leçons de l'auteur, à l'École Polytechnique, art. 1198.

L'inconvénient de ce mode de régularisation est, qu'il faut arrêter le pendule pour faire marcher le curseur. M. de Prony a évité cet arrêt, en fixant au pendule une masse au-dessus de la suspension, et la rendant facilement mobile. En général, c'est un moyen de ralentir beaucoup les oscillations d'un corps, que de disposer une partie de sa masse au-dessus du couteau de suspension. On réussit de la sorte à faire battre la seconde à des pendules très courts. On a déjà vu, à l'article MÉTRONOME, une application de cette propriété, qu'il ne nous est pas possible de développer ici. Qu'il nous suffise de dire que M. de Prony adapte au pendule une tige d'un petit diamètre, qu'il place au-dessus de la suspension, dans le prolongement de l'axe. Une autre tige mince croise la première à angle droit, et peut tourner à frottement doux autour d'elle. De petites masses sphériques lestent cette seconde verge, et sont vissées aux deux bouts : elles sont en platine et à égales distances de l'axe. Tout ce système fait corps avec le couteau et oscille avec le pendule. Pour en accélérer ou retarder les oscillations, il faut faire tourner la verge et ses masses de manière à les rapprocher ou les éloigner du plan vertical de la suspension. On verra aisément qu'il n'est pas nécessaire d'arrêter la marche de la pièce pour produire l'avance ou le retard ; d'ailleurs, le mouvement angulaire des masses étant de 0 à 90°, pour produire jusqu'à 10″ de variation diurne dans le pendule à secondes, il est très commode de régler la marche par ce procédé. Consultez la Connaissance des Tems de 1820. FR.

PENDULE, PENDULIER (*Arts mécaniques, V.* Pl. 43 et 45). Une pendule est une pièce d'horlogerie destinée à marquer les divisions de la durée du temps, dans l'intérieur des appartemens; le régulateur des mouvemens est un PENDULE, qui donne le nom au mécanisme entier, en prenant la partie pour le tout. La pendule est ordinairement embellie de figures groupées, ou d'ornemens, qui en font un beau meuble, joignant l'élé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gance à l'utilité ; elle diffère de l'horloge, en ce que ses parties sont plus délicates, exécutées avec plus de soin, et parce qu'elle est mieux abritée des influences extérieures et n'est pas destinée à lever de lourds marteaux de sonnerie ; elle n'est pas portative, ce qui la distingue des MONTRES, qui d'ailleurs sont de beaucoup moindres dimensions.

Outre les heures, les minutes, et quelquefois même les secondes, on fait indiquer aux pendules plusieurs autres élémens de la durée. Souvent elles font sonner les heures en passant (*V.* SONNERIE), ou lorsqu'on interroge la pièce, à volonté, par un tirage (*V.* RÉPÉTITION) ; plus rarement, elles ont un RÉVEIL, ou bien marquent les dates du mois et les jours de la semaine (*V.* QUANTIÈME), les phases de la lune, les mouvemens célestes (*V.* NOMBRE DE DENTS DES ROUES), le temps vrai et le temps moyen (*V.* ÉQUATION), etc. Comme ces diverses indications exigent l'emploi de mécanismes spéciaux qui font les sujets d'autant d'articles séparés, auxquels nous renvoyons, il ne sera question ici que de celui qui sert à donner les heures, les minutes et les secondes.

On distingue dans une pendule cinq parties différentes, que nous allons examiner séparément ; ce sont le moteur, le mouvement ou rouage, l'échappement, le pendule, la boîte et autres parties accessoires. Les diverses pièces comprises dans chacune de ces parties sont ordinairement exécutées par autant d'ouvriers distincts : tel ne fait que fendre des roues, tel émaille les cadrans, tel ne fait que des pignons, un autre des ressorts, etc. ; mais la subdivision que nous adoptons en cinq parties nous suffira pour donner une idée juste de la construction des pendules, de leur mécanisme et de la manière dont il fonctionne ; nous donnerons ensuite quelques développemens généraux sur la partie de l'horlogerie qui est traitée dans le présent article.

I. *Moteur.* On se sert de deux espèces de moteurs dans les pendules, savoir : un grand ressort courbé en spirale dans un *tambour* ou *barillet,* ou un poids suspendu à une corde enroulée sur ce tambour. Dans le premier cas, le ressort est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

monté avec une clef forée en carré, qui saisit l'arbre quadrangulaire du barillet, nommé *remontoir;* en tournant l'arbre, on force le ressort à l'envelopper, et il est retenu dans cette position par un ENCLIQUETAGE. Comme cette partie de l'appareil est absolument semblable à ce qu'on emploie dans les MONTRES, que d'ailleurs nous traiterons à part de la construction et de la disposition des RESSORTS, nous aurons peu de chose à ajouter ici sur ce sujet. Dans le cas où le moteur est un poids, on comprend que son action constante faisant tourner le barillet, imprime le mouvement à la pièce, et ce mouvement dure tant que le poids peut descendre. Nous allons montrer l'emploi de ces deux moteurs, et indiquer dans quels cas l'un doit être préféré à l'autre.

Comme les grands ressorts des pendules sont destinés à mouvoir des roues plus grosses que celles des montres, on les prend plus robustes et plus longs. Il y a des barillets depuis un pouce jusqu'à 4 de diamètre; les dimensions vont en croissant de 3 lignes en 3 lignes; on les choisit selon la force du rouage à mouvoir, pour que le grand ressort puisse y être logé, et qu'il ait l'énergie suffisante pour surmonter les résistances. L'arbre autour duquel le ressort s'enroule est du tiers du diamètre du barillet; le quart du reste tout autour est vide quand le ressort est débandé dans son tambour, et les spires remplissent toute l'étendue qui est au-delà. Les barillets d'un pouce n'ont guère que 1 à 2 pieds de ressort; ceux de 4 pouces ont 22 tours de ressort, 6 à 7 tours de vide, 12 à 15 pieds de longueur. Il est aisé de faire dans chaque cas le calcul de ces élémens. (*V.* RESSORT.)

On n'emploie au plus que la moitié du nombre de tours du barillet à mouvoir le rouage, dans les pendules de cheminée; on calcule la force pour que, lorsque le ressort est arrivé à cette moitié de son développement total, les résistances aient alors une force égale à celle qui reste encore au ressort pour se détendre entièrement, et le rouage s'arrête de lui-même. Mais dans les pendules exécutées avec soin, on n'emploie guère que le tiers ou le quart du développement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

total du grand ressort, afin d'obtenir par là que la puissance motrice soit presque constante. Voici la description des deux appareils employés, soit pour arrêter le mouvement après un nombre déterminé de tours du barillet, soit pour empêcher, quand on bande le ressort, de dépasser une limite qui pourrait le forcer, un grand ressort qu'on bande outre mesure pouvant casser, ou avoir sa force d'élasticité dénaturée.

Le premier de ces arrêts (fig. 6, Pl. 43 des *Arts mécaniques*) consiste en une roue d'acier C, qui ne porte des dents que sur une partie de son contour, et dont l'axe est implanté excentriquement sur le couvercle même du barillet. L'arbre A du tambour porte une dent unique B, qu'on appelle un *doigt :* lorsqu'on tourne cet arbre dans le sens qui monte le ressort, à chaque tour de l'arbre, ce doigt fait passer une dent de la roue C; et lorsqu'il est arrivé à la dernière dent, il va butter contre la partie non dentée de la circonférence, ce qui empêche l'arbre de tourner et le ressort de se bander outre mesure. Lorsque la pièce marche, l'arbre reste fixé par son encliquetage, et c'est le barillet qui tourne dans le même sens où l'on a tourné son arbre pour monter le ressort; la roue C tourne ainsi en sens contraire de son premier mouvement, puisqu'elle est entraînée par celui du barillet : alors chaque dent vient de nouveau se présenter au doigt immobile, et à chaque tour du ressort et du barillet, il passe une dent de cette roue C, dont rien ne gêne le mouvement sur le couvercle qui la porte. Dès que le doigt arrive à la partie non dentée, il butte de nouveau sur le contour, et le barillet ne pouvant plus continuer de tourner, la pièce s'arrête. S'il y a quatre dents à la roue C, le barillet ne peut faire que cinq tours. Quand on monte la pièce, c'est le doigt qui va trouver les dents, tandis que c'est le contraire lorsque le ressort fait marcher le barillet.

On obtient le même effet par un engrenage (fig. 7), dont on regarde l'effet comme plus assuré. A est une roue d'acier fixée à l'arbre du barillet, ayant, par exemple, 12 dents; B est une autre roue de 10 dents, dont l'axe est porté excen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

triquement par le couvercle du tambour, comme dans l'appareil ci-dessus. On fixe à chacun de ces axes un doigt latéral qui est placé sur sa roue et dépasse à peine la pointe des dents. Il est évident qu'au premier tour de l'arbre et de sa roue A, le doigt de cette roue ne rencontrera pas celui de l'autre B ; mais que celle-ci tournant sur son axe, son doigt changera de place : pour certaine position de ces deux roues, les doigts butteront l'un sur l'autre ; pour d'autres, ils ne se gêneront en rien. Ainsi, le barillet ne pourra tourner que d'un certain nombre de tours dépendant des dentures des roues A et B et de la largeur de leurs doigts, ce qui remplit la fonction demandée.

On n'est pas dans l'usage d'armer les pendules d'une chaîne et d'une fusée, comme les montres, pour régulariser la puissance décroissante du ressort moteur, attendu que le mécanisme des pendules ayant un régulateur de ses mouvemens qui n'est plus aussi dépendant de la force, ce genre d'appareil n'est pas regardé comme nécessaire, et l'on trouve économie à ne s'en pas servir. Le barillet porte donc une roue dentée qui engrène directement dans le pignon du second mobile. Comme les oscillations du pendule sont isochrones, ou plutôt varient très peu, pour des arcs d'excursion différens, et que les rouages ne sont pas ordinairement construits avec un soin extrême, il y a des causes d'erreur beaucoup plus influentes que celles qui proviennent d'un peu d'inégalité dans la force motrice, et l'on ne s'occupe pas de la régulariser.

On ne remonte guère les pendules à sonnerie que tous les quinze ou vingt jours, et les pendules simples que tous les huit ou neuf (d'où elles tirent leurs dénominations de *semaine*). Il suffit, pour obtenir cet effet, que le développement du grand ressort moteur se fasse avec une lenteur calculée. Nous avons exposé, à l'article NOMBRE DE DENTS DES ROUES, le moyen de modérer à volonté la vitesse d'un rouage et celle d'une roue en particulier, en choisissant convenablement les dentures des engrenages. Mais il importe, en général, de ne pas laisser marcher la pendule tout le temps qu'elle peut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

obéir à la force du ressort, parce qu'en approchant du terme où cette force va cesser d'être assez énergique pour produire son effet, elle décroît si rapidement, que la marche est très inégale. Les oscillations deviennent moins étendues, leur durée plus courte, et la pendule va sans cesse en retardant de plus en plus. Il faut donc remonter tous les quinze ou seize jours une pendule qui peut en marcher vingt.

Lorsqu'on se sert d'un poids pour moteur, l'action est plus régulière ; et si les frottemens et les résistances étaient constans, comme il arrive aux pièces exécutées avec soin, qu'on nomme pour cela *régulateurs*, la marche serait parfaitement uniforme, parce que les excursions du pendule se faisant dans des arcs toujours égaux, les oscillations auraient la même durée. Aussi se sert-on de poids moteurs dans les pendules astronomiques. On a l'attention, dans ce cas, de ne pas compliquer les rouages par des sonneries, quantièmes et autres indications étrangères à l'objet qu'on a en vue, qui est de donner les heures, minutes et secondes avec une extrême régularité : les pièces employées à ces accessoires apporteraient des résistances qui, en modifiant les frottemens, détruiraient l'uniformité des mouvemens.

Comme les poids sont en général fort gênans à loger, parce qu'il faut laisser l'espace nécessaire à leur descente graduée, on sacrifie, dans les pendules d'appartement, une régularité désirable dans le moteur, mais détruite par d'autres causes plus influentes, et l'on aime mieux se servir de grands ressorts ; mais les poids sont préférés dans les régulateurs et les pendules portées par une boîte en gaîne ou pilastre, où l'on fait descendre le poids. Voici ce qu'il importe de connaître à cet égard.

Dans les pendules communes, le cordon de la suspension du poids moteur est passé sur le tambour du barillet, où des pointes grippent sur la corde, à l'aide d'un petit contre-poids attaché à son autre bout. Ces horloges ne vont guère que trente heures, parce que le moteur atteint promptement au bas de sa descente.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour éviter le contre-poids et les pointes du tambour, on attache le bout du cordon de suspension du poids au contour du tambour; un trou perce sa paroi ou l'épaisseur de la roue; le bout du cordon y est enfilé, et un nœud plus gros que le trou s'oppose à ce que le cordon échappe. Le tambour est recouvert par les circonvolutions successives de ce cordon, au bout duquel le poids moteur est suspendu, et tire la surface du tambour, pour le forcer à tourner, en menant le reste du rouage.

On a soin de proportionner le poids et le rayon du tambour, de manière que le MOMENT de cette force puisse suffire et au-delà à mouvoir la machine. (*V.* TREUIL, ROUE DENTÉE.) Toutefois, il faut éviter de charger le rouage outre mesure, afin de ne pas écraser les dentures. Une partie du cordon est pendante avec le poids, et ce poids descend à mesure que la machine marche; la descente est d'une circonférence du tambour pour une révolution entière de la roue de barillet: plus cette circonférence est grande, plus le poids moteur est descendu, et moins il est nécessaire de le faire considérable pour produire son effet, parce qu'il agit avec un plus grand bras de levier. Si le barillet est petit, le poids descend plus lentement; mais ce poids doit être d'autant plus lourd. On fixe au tambour un encliquetage et un remontoir ou carré, pour relever le poids avec une clef, quand cela est nécessaire; ou bien, lorsqu'il y a un contre-poids, on tire le petit poids en bas pour remonter le moteur, en faisant tourner le tambour en sens contraire.

Afin de ne pas charger le rouage d'un poids trop fort, et que cependant une descente de 4 à 5 pieds suffise pour faire marcher la pendule quinze à vingt jours, et même davantage, on a imaginé de se servir de poulies mobiles. (*V.* POULIES, MOUFLES.) Voici les deux appareils les plus usités.

A la roue de barillet D (fig. 8) est fixé un cylindre A, autour duquel s'enroule la corde que le poids moteur P doit tendre. L'une des extrémités de cette corde de suspension est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fixée en C aux parties immobiles de la machine, et l'autre l'est à la surface du barillet (comme on l'a dit ci-dessus). Cette corde pend ainsi sur ses deux points d'attache, en formant un système de deux branches parallèles, dans la courbure inférieure desquelles se trouve, à cheval, une poulie mobile B : c'est l'axe de cette poulie qui porte le poids moteur P. Il résulte de cette disposition, et de la théorie des poulies mobiles, que le poids descend moitié moins vite que dans l'appareil ci-dessus décrit, savoir, d'une demi-circonférence à chaque tour du barillet ; mais aussi il faut que ce poids P soit double de ce qu'il était alors, parce que le point fixe C en soutient une moitié, et que le rouage n'est soumis qu'à l'effort de l'autre moitié. Le cylindre A porte, comme ci-devant, l'encliquetage et le remontoir pour relever le poids P quand il est descendu au plus bas.

Dans l'autre appareil, on se sert d'une *corde sans fin*, disposée comme on le voit fig. 9. D est la roue de barillet ou le *premier mobile;* sur son axe est fixée une poulie A, dont la gorge porte des pointes ou aspérités qui empêchent la corde de glisser à sa surface. Le poids moteur P est suspendu à une poulie mobile B, et un contre-poids Q l'est à la poulie mobile E ; enfin, on fixe une quatrième poulie C aux parties immobiles de la pendule, en l'armant d'un encliquetage qui ne lui permet de tourner que dans un sens. La corde se plie en serpent, formant quatre branches parallèles ; de A elle descend à la poulie mobile B selon A*a*, remonte à la poulie fixe C selon *b*C, redescend en *c* à la poulie mobile E ; enfin, remonte en *d* à la poulie A du barillet.

Il est facile de voir, qu'abstraction faite du frottement et de l'effet des pointes qui couvrent la gorge de la poulie A, dans l'état d'équilibre du système, les poids P et Q doivent être égaux, et les tensions des cordons égales entre elles et chacune à la moitié de l'un de ces poids. Mais pour produire le mouvement, le contre-poids Q est fort petit, et suffisant pour tendre la corde *d*, afin qu'elle grippe sur les aspérités de la poulie A ; le moteur P agit sur le rouage par la moitié de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son excès sur Q, moins les frottemens, qui sont ici considérables. (*V.* POULIE.)

On trouve de l'avantage à faire porter la poulie C par l'arbre même du barillet, sur lequel elle peut tourner librement. L'appareil prend alors la forme représentée fig. 10, où les lettres désignent les mêmes choses que ci-devant : on peut suivre sur cette figure la description qui a été faite.

Comme les pointes dont on arme la gorge de la poulie A détruisent à la longue le cordon de suspension, qui est ordinairement en soie, on remplace cette disposition par la suivante. On fait la poulie (fig. 11) de deux troncs de cône très évasés, qu'on oppose par leur petite base ; en sorte que la corde *fg*, pressée par l'effort des poids, est forcée dans une gouttière aiguë qui la serre, et y exerce un grand frottement.

La machine marche sous l'influence d'une force constante, et cela tant que le poids moteur P peut encore descendre; mais dès que le poids est arrivé au plan inférieur et cesse de tendre suffisamment son cordon, ou bien, dès que le barillet ne peut plus suffire au déroulement de la corde, la pendule s'arrête. Dans le cas de la fig. 8, on remonte la pièce, comme on l'a dit, avec une clef.

Quand on remonte cette machine (fig. 8), l'effort du poids est suspendu, et la pièce ne marche que par un reste de vitesse acquise que conserve son pendule, ce qui change les mouvemens dans cette durée. Mais dans le cas des fig. 9 et 10, on n'a pas à craindre cet inconvénient, ce qui doit faire préférer ces dispositions à toute autre. La pièce se remonte en tirant de haut en bas le cordon CcE, pour faire redescendre le contre-poids Q et remonter le poids P. Pendant cette action, ce moteur ne cesse pas son action sur le tambour, et la marche se conserve régulière. Cette cause est même principalement celle qui fait préférer une corde sans fin avec deux poids plutôt que toute autre disposition.

II. *Mouvement* ou *rouages*. Ainsi qu'on le pratique dans les montres, la roue du centre des pendules, qu'on nomme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la *grande roue moyenne*, doit porter l'aiguille des minutes et faire son tour en une heure ; toutes les autres roues ont des dentures et des pignons choisis pour arriver à ce résultat. Il faut donc donner à ces pièces des nombres de dents propres à leur faire prendre les vitesses relatives voulues. La roue d'échappement est disposée de manière à faire son tour en une minute, une demi-minute, ou toute autre partie de la durée, qui dépend de la longueur qu'on donnera au pendule ; il faudra nombrer les roues et les pignons de manière à obtenir ce résultat. La cadrature contient les roues de renvoi, qui constituent la MINUTERIE, et qui impriment à la CHAUSSÉE un mouvement de rotation, lequel est transmis aux aiguilles que les pièces portent. Ces aiguilles, qui partent ainsi du centre du cadran, mais sont montées sur des axes différens, indiquent sur le cadran les heures, minutes, et même les secondes ou demi-secondes, et les choses sont disposées de manière à pouvoir aisément, ou démonter la montre, ou tourner les aiguilles pour les remettre à l'heure, sans forcer les engrenages.

Tout ce mécanisme a été expliqué à l'article MONTRE, et il est fort inutile de répéter ici ces détails de construction. Nous y avons même donné des tableaux de dentures, selon les dispositions qu'on croira devoir choisir de préférence. Nous ne reviendrons donc pas sur ce sujet ; seulement, pour la parfaite intelligence du mécanisme, nous donnerons l'épure d'une pendule marchant huit jours, indiquant les heures et minutes, ayant un échappement à ancre, et battant 156 oscillations par minute, 9360 par heure (fig. 12).

A, Barillet, 1^er^ mobile, contenant le grand ressort, et portant une roue de 72 dents ;

B, 2^e^ mobile, pignon de 12, roue de 60 ;

C, 3^e^ mobile, grande roue moyenne, pignon de 8, roue de 72 ;

D, 4^e^ mobile, petite roue moyenne, pignon de 6, roue de 60 ;

E, 5^e^ mobile, roue d'échappement, pignon de 6, roue de 39.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est clair que, puisque la roue C fait son tour en 1 heure, et que D va 12 fois plus vite, D accomplit le sien en 5 minutes; et comme E marche 10 fois plus vite que D, E fait un tour entier en 30 secondes; les 39 dents dont la roue E est armée produisent 78 oscillations dans cette durée, ce qui fait 156 par minute. Il faut donc donner au pendule une longueur telle, qu'il prenne exactement cette vitesse, sujet qui va bientôt nous occuper. D'un autre côté, la roue B va 7 fois et demie moins vite que C, et fait par conséquent son tour en 7 heures et demie; A va sept fois plus lentement, et accomplit sa révolution en 45 heures. Pour que la pièce marche 9 jours, ou 216 heures, il faut donc que le grand ressort, dans son demi-développement total, fasse faire 4 tours et demi au barillet. Ces conditions déterminent tous les élémens de grandeur relative et de dispositions de la pendule.

Quant à la quadrature, on peut donner 32 dents à la roue de chaussée et 32 à la roue de renvoi qu'elle mène, puis 6 à son pignon et 72 à la roue de canon, qui porte l'aiguille des heures; par là, le canon tourne 12 fois plus lentement que la chaussée qui porte l'aiguille des minutes.

Nous croyons superflu de donner des développemens plus détaillés à ce sujet, qui a été traité avec l'étendue convenable à l'article MONTRE; seulement, nous devons prévenir que comme les régulateurs battent en général la seconde, et les pendules de cheminée la demi-seconde, ou 5 coups en deux secondes, ou enfin, des oscillations beaucoup moins nombreuses que les balanciers des montres, la roue d'échappement est aussi beaucoup plus nombrée. Il serait inutile de revenir ici sur un sujet déjà traité complètement à l'article MONTRE.

Pour montrer que les mouvemens de pendule sont les mêmes, aux dimensions près, que ceux des montres, nous donnons, dans la fig. 4, le *calibre* d'une pendule dont l'échappement est à *verge* et à roue de rencontre, comme la plupart des montres communes. C'est sur ce calibre qu'on fait presque toutes les pendules de pacotille, et dont on com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pose même souvent les horloges en bois, dont les roues sont de bois, les dents des roues en goupilles de fil de fer, etc. Ces grossiers ouvrages rendent encore de grands services dans les chaumières, où ils sont en usage, à raison de leur bas prix : on les appelle des *coucous*, parce que, par un mécanisme particulier et fort simple, l'heure est quelquefois annoncée par le chant d'une figure imitant cet oiseau et son cri ordinaire. On y joint même ordinairement une SONNERIE d'*heure* et *demie en passant*, et un RÉVEIL. (*V.* ces mots.)

ST (fig.4) est la cage de la pendule, dont les deux platines sont parallèles et tenues à distance par quatre piliers égaux Z. Le barillet C tourne sur son arbre *aa*, engagé dans des trous *bb* des platines; il est mu par le poids P, qui le tire avec la corde R dont ce tambour est enroulé. La roue D de barillet tourne en même temps, parce que le tambour l'entraîne à l'aide d'un encliquetage caché dans l'intérieur, qui joint la roue au tambour lorsqu'on tourne dans un sens, et les laisse libres et indépendantes l'une de l'autre, lorsqu'on veut remonter la pendule : ce remontage se fait en tournant le carré ou remontoir Q avec une CLEF. (*V.* ce mot.)

La roue D mène le pignon *d*, et par conséquent fait tourner la roue E beaucoup plus vite que D; les axes *b* et *c* ont des vitesses relatives, qui sont précisément dans le rapport inverse des nombres de dents de la roue D et du pignon *d*. Il en faut dire autant de l'axe *c* de la roue E, par rapport à celui qui porte le pignon *e*, lequel fait tourner la roue de champ F; celle-ci mène le pignon *f* et la roue de rencontre H, laquelle est retenue alternativement par les palettes I et K de la verge qui forme l'échappement.

Comme la grande roue moyenne E doit faire son tour en une heure, on peut lui donner 72 dents, et le pignon *e* 6 ailes; la roue F fera son tour en 5 minutes. Si la roue F a 60 dents, et le pignon *f* 6 ailes, celui-ci fera un tour entier en 30 secondes, aussi bien que la roue G. Donc, si l'on donne 35 dents à cette dernière, le pendule devra battre la seconde, pour que, chaque double oscillation, il puisse passer une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seule dent par chaque palette. On fait faire 3 tours à la corde sur le tambour ; on donne 120 dents à la roue D et 12 ailes au pignon *d*, pour que la première fasse son tour en 10 heures, et que les 3 tours du barillet fassent marcher la pendule pendant 30 heures.

Dans la cadrature, les roues N et O ont le même nombre de dents quelconque : la roue *g* a 12 fois plus de dents que le pignon *p*, et *g* va 12 fois plus lentement que N et dans le même sens. La roue N est portée sur une chaussée qui serre à frottement dur le prolongement de l'axe *cc* ; c'est cette chaussée qui porte l'aiguille des heures. La roue *g* est portée sur un canon creux dans lequel roule librement la chaussée ; ce canon porte l'aiguille des minutes.

III. *Échappement.* La partie du mécanisme qui arrête et permet tour à tour le mouvement au dernier mobile, est ce qu'on appelle l'ÉCHAPPEMENT. Ce sujet a déjà été traité avec tous les détails qu'il comporte, dans un article spécial, auquel nous renvoyons. Nous dirons seulement qu'on n'emploie guère, pour les pendules, l'échappement à verge, que dans l'horlogerie commune, à cause du recul, qui altère plus ou moins la régularité des mouvemens. C'est l'échappement à ancre qu'on préfère dans les pendules de cheminée, et l'échappement à chevilles dans les régulateurs. On a employé aussi ceux de Bréguet à force constante, d'Arnold, de Dupleix, etc. ; mais c'est surtout aux montres qu'on les applique, à cause de la délicatesse du spirale, qui ne donne pas un régulateur aussi assuré que le pendule.

IV. *Pendule.* Lorsqu'on a déterminé la durée des oscillations d'un pendule, il est très facile d'en assigner la longueur, comptée depuis la suspension jusqu'au centre d'oscillation. Ce sujet sera traité ci-après ; nous avons déjà donné les variations que cette longueur éprouve, en s'élevant sur de hautes sommités. A l'article COMPENSATEUR, nous avons montré comment on peut rendre la longueur du pendule constante, même lorsque la température change.

D'après les nombres de la grande roue moyenne, de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roue de champ et des pignons, d'après la hauteur destinée, dans la cage, à recevoir le pendule, il est facile de déterminer le nombre de dents de la roue d'échappement, en se conformant à ce qui sera dit plus tard.

Le pendule est composé d'une ou plusieurs tiges qui soutiennent le corps pesant, auquel on donne la forme d'une lentille, pour qu'il puisse fendre aisément l'air. Le poids de cette *lentille* est quelquefois de 20, de 30 livres, et même plus encore; mais quand l'échappement est à recul, on se contente de quelques onces. Ce poids est toujours en raison de l'arc de levée des frottemens.

Quant à la manière d'ajuster le pendule pour qu'il exerce son action modératrice sur les mouvemens des roues, voici le mode généralement suivi. Sur l'axe de la roue d'échappement qui porte l'ancre, ou les leviers, ou les palettes, etc., dont l'engagement alternatif doit correspondre aux oscillations du pendule, est fixée ce qu'on appelle la *fourchette;* elle est formée d'un fil de laiton *bc* (fig. 5), portant aux deux bouts des pièces coudées à angle droit et en sens contraires, savoir: en haut, un cylindre *ab* où entre juste l'axe dont on a parlé, et en bas, deux petites branches horizontales et parallèles, formant la fourche *cd*, où entre librement la tige du pendule. On enfile souvent cette tige dans un petit morceau quadrangulaire de laiton qui y est soudé, et qui remplit le vide laissé entre ces fourches, sans y être trop juste ni trop libre, mais de manière à y jouer facilement. Quant au cylindre *ab*, le calibre de son trou est si exactement moulé sur celui de l'axe, que l'un tient à l'autre par frottement dur. On ne soude pas ces deux parties ensemble, afin de se ménager les moyens de diriger la tige de la fourchette, pour que le pendule soit d'échappement, ce qu'on reconnaît à l'égalité des deux battemens de la double oscillation, droite et gauche. Au reste, en courbant, dans le sens utile, la tige *cb*, on arrive au même résultat. La fig. 4 montre la disposition de ces pièces.

La fourche des régulateurs est une pièce mobile horizontale

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

talement, à l'aide d'une vis de rappel qui, portant cette fourche à droite ou à gauche de la tige *bc* (fig. 5), d'une aussi petite quantité qu'on veut, permet de mettre facilement le pendule d'échappement sans tourner le canon *ab* sur l'axe, et sans courber la tige de la fourchette. Cette partie de l'appareil n'a pas été figurée ici, parce que chacun se la représentera aisément.

La *suspension* du pendule est une des parties les plus délicates : il y en a de trois espèces.

Derrière la platine est fixée une tige de cuivre *cb* (fig. 14), qui est horizontale et percée de deux petits trous où l'on passe un fil ou une soie *cdif :* la tige *de* du pendule porte en haut un crochet *d* qui saisit ce fil et le coude selon *cdi*. Les oscillations se font à l'aide de la flexibilité du fil; et comme on a besoin de changer la longueur du pendule quand la pièce avance ou retarde, il suffit d'accourcir ou d'allonger la partie *cdi* du fil : c'est ce qu'on fait en roulant le reste *if* du fil autour d'un cylindre *gh*, à qui on laisse la liberté de pirouetter sur son axe, lorsqu'on le tourne, soit avec les doigts, en saisissant une petite tête goudronnée *k*, soit avec une clef agissant sur le carré, dont on le termine, et qui apparaît dans un trou en haut du cadran. Les effets hygrométriques du fil forcent à renoncer à la *suspension à soie* dans les pendules faites avec soin; mais elle est si simple dans sa construction, qu'on s'en sert dans presque toutes les pendules du commerce, où l'économie de la dépense est d'une grande importance, et où il existe d'autres causes d'erreurs plus graves que celle qu'on vient d'indiquer.

Un *couteau*, ou petite pièce d'acier en prisme triangulaire A (fig. 13), porte sur un plan d'acier poli, ou mieux encore sur une gouttière B, en y appliquant une arête longitudinale, sur laquelle porte le pendule. A cet effet, la tige AC de ce pendule enfile le couteau et y est soudée. La gouttière est fendue transversalement, de manière à laisser jouer la tige sans la toucher. Quelquefois c'est le couteau qui est fixe, le tranchant tourné en haut, et le pendule porte la gouttière,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui est concave vers le bas. Dans ces deux cas, on voit que tout le poids de la lentille porte sur le tranchant du couteau, et que le FROTTEMENT n'étant que de seconde espèce, est très peu sensible. Cet appareil est difficile à mettre d'échappement, et l'action permanente du couteau sur la gouttière tend à en détruire le poli.

La *suspension à ressort* est d'un usage plus général, parce qu'elle fonctionne très bien, et n'est pas d'une difficile exécution. La tige *de* (fig. 15) qui porte la lentille est goupillée au bout d'une lame *cd* de ressort très mince, et dont on peut augmenter la flexibilité en l'évidant d'une fenêtre longitudinale percée à jour : il ne faut cependant pas la trop affaiblir, parce qu'elle romprait tout le poids de la lentille. Derrière la platine est fixée une tige horizontale *ab* de laiton qui porte une fente verticale selon la longueur, où l'on insère la lame, et qui s'y trouve serrée. Un arrêt *f* goupillé au bout de cette lame empêche l'effort vertical qui tend à la faire sortir de la fente, en laissant la liberté de l'en retirer quand on veut.

Dans ces deux derniers modes de suspension, pour avancer ou retarder le mouvement, on agit sur la lentille en la remontant ou l'abaissant sur sa tige. A cet effet, la tige est cylindrique et taraudée au bout inférieur, et y porte un écrou sur lequel pèse la lentille. Il faut que sur une partie de sa longueur la tige soit carrée et perce la lentille d'un trou carré, pour éviter qu'elle ne pirouette, et faire en sorte que les oscillations se fassent régulièrement dans le plan de son grand cercle. Quelquefois cette tige est cylindrique ; mais on y adapte deux tiges latérales qui entrent dans la lentille, dans deux trous verticaux, ce qui l'empêche de se déverser de côté, et produit le même résultat. Ce dernier procédé est plus usité dans les *pendules à gril* compensateur. La vis de rappel et son écrou sont quelquefois placés au-dessus de la suspension à ressort, ce qui n'oblige pas à arrêter la marche pour manœuvrer l'avance et retard.

Dans tous ces appareils, la tige est engagée dans la fourchette ainsi qu'il a été dit, et les efforts du moteur, transmis

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par le rouage jusqu'à l'échappement, poussent la fourchette, qui est chargée de rendre au pendule le mouvement que les résistances lui font perdre.

V. *Boîte et accessoires*. Comme les pendules sont souvent des meubles de salon et d'appartement, on orne leur boîte de bronze, de figures, de dorures, de colonnes et d'objets étrangers à l'horlogerie. Nous ne dirons rien à ce sujet, parce que la forme de ces ornemens varie de mille manières, et que le goût et la mode les règlent au gré de leurs caprices. On y ménage une capacité pour recevoir le mouvement. C'est ordinairement un cylindre creux appelé *lunette*, où l'on ajuste le cadran, les rouages et le pendule. Dans les pièces astronomiques et celles de cabinet d'études, on se contente d'une boîte en forme de pilastre, où le mouvement occupe la partie supérieure, et où le pendule, les cordons et les poids se meuvent dans l'inférieure. On voit donc que les boîtes sont l'ouvrage d'un grand nombre de personnes, depuis l'ébéniste jusqu'au bronzeur et au doreur. A l'exception des pendules très soignées, la boîte est même ce qui en fait principalement le prix, et leur valeur se calcule par la richesse des dorures et des ornemens qu'on y place.

Les mouvemens de pendule se font tous en fabrique; on nomme *blantiers* les ouvriers qui les exécutent, parce qu'ils ne font que le blanc, c'est-à-dire les rouages taillés et assemblés. D'autres ouvriers arrondissent, finissent, polissent; ils font les *roulans*, ainsi que l'on a coutume de le dire. Les pointes de pivots, les pendules, les roues d'échappemens sont travaillés par d'autres artistes; les cadrans, les aiguilles, les figures, les boîtes, etc., sont aussi l'ouvrage d'autres personnes. Enfin, ce n'est pas exagérer l'état des choses que de dire que plus de deux cents ouvriers sont successivement employés à faire les diverses parties d'une pendule.

Le prix du blanc d'une pendule à sonnerie ne va que de 18 à 27 fr., selon la grandeur; sans sonnerie, le coût n'est que de la moitié. On comprend que la modicité de ces prix ne doit pas faire attacher beaucoup d'importance à l'artiste qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a imaginé de substituer le carton au métal, par économie. C'est une chose curieuse que de voir marcher avec assez de régularité des pendules dont tous les rouages sont en carton ; mais ce n'est que de la difficulté vaincue.

Les fabriques les plus renommées sont : 1°. celle de M. Pons, à Saint-Nicolas près Dieppe, qui produit plus de 6000 mouvemens par an ; une médaille d'or lui a été décernée il y a quelques années, après l'une des expositions ; 2°. MM. Japy frères, à Beaucourt, Haut-Rhin; 3°. MM. Cahier et compagnie, rue Saint-Honoré, à Paris ; 4°. M. Wagner et M. Révillon sont renommés pour la fabrication des grosses horloges ; 5°. M. Janvier est un horloger-mécanicien très distingué par son habileté et son savoir ; 6°. M. Bréguet a exécuté les plus belles et les meilleures pendules connues jusqu'à ce jour. Enfin, plusieurs horlogers célèbres méritent leur réputation ; tels sont MM. Lepaute, Berthoud, Perrelet, Duchemin, Lory, Robin, Rieussec, Cœur, Larresche, Berola, etc.

Dans une description aussi concise, nous ne prétendons pas avoir pu exposer tous les procédés d'un art aussi compliqué et aussi étendu que celui de la construction des pendules. C'est un sujet qui doit faire la matière de traités spéciaux très volumineux ; nous renvoyons pour de plus amples développemens, aux ouvrages de Ferd. Berthoud, Thiout, Janvier, Lepaute, etc. Nous n'avons eu l'intention que de disposer d'une petite partie de l'un de nos volumes, pour donner une idée exacte des fonctions d'une pendule. Nous ne croyons pas devoir exposer ici les détails d'un grand nombre d'inventions très ingénieuses qui nécessiteraient des planches et une étendue de texte disproportionnées avec le plan général du livre.

Nous croyons cependant qu'on nous saura gré de terminer cet article par la description de quelques pendules qu'il serait bon de répandre dans le commerce, et qui d'ailleurs, étant des applications des principes que nous avons exposés, pourront en faire concevoir l'usage et l'importance.

Pendule de Ferguson, à trois roues et deux pignons. Cet appareil est imité d'un autre de Francklin ; mais les dentures

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont choisies plus convenables à la désignation des durées. La roue A (fig. 16) est le premier mobile portant le barillet avec son ressort ou son poids moteur; elle a une denture de 120, et engrène dans le pignon de 10 de la roue B; celle-ci est armée de 120 dents et engrène dans le pignon de 6 de la roue d'échappement C; enfin la roue C a 90 dents et chasse un pendule battant la seconde. Il est clair que cette dernière roue fait son tour en 180 secondes ou 3 minutes; que la roue B, qui va 20 fois moins vite, fait le sien en 60 minutes ou 1 heure; et qu'enfin le premier mobile A, qui va 12 fois plus lentement encore, accomplit son tour en 12 heures. On cache tout ce rouage par une plaque portant deux cadrans concentriques aux roues B et C; leurs pivots portent les aiguilles. Le cadran supérieur est divisé en 180 parties égales, dont chacune représente une seconde, ayant un numéro qui en marque l'ordre. L'aiguille fait son tour en 5 minutes. Le cadran concentrique à la roue B (qui est la grande roue moyenne) est divisé en 60, et l'aiguille y marque les minutes. Enfin la roue A porte sur son contour des chiffres de I à XII, pour marquer les 12 heures, dont les numéros apparaissent à leur tour par une fenêtre ménagée à la plaque concentriquement au pivot de A. Les aiguilles sont à frottement dur sur les pivots des roues B et C, afin de les remettre à l'heure lorsque cela est devenu nécessaire. On peut d'ailleurs beaucoup varier les dentures. (*V.* NOMBRE DE DENTS DES ROUES.)

Les inconvéniens de cet appareil consistent en ce que la pendule doit être souvent remontée, puisque le barillet fait son tour en 12 heures; et de plus, en ce que la roue B tournant dans un sens différent des deux autres, son aiguille marque les minutes en suivant une marche rétrograde. On y remédie en faisant indiquer les heures et les secondes par des index fixes, qui montrent les chiffres portés sur un cadran mobile qui est tracé sur les deux roues A et C; ces chiffres viennent apparaître derrière une fenêtre en arc marquée sur le cadran fixe qui est au-devant du rouage. (*V.* fig. 16 *bis.*)

Nous recommandons aux horlogers cette pendule, dont l'ex-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trême simplicité, en diminuant la main-d'œuvre, peut abaisser beaucoup le prix. Mais comme le poids du cadran de la roue charge l'axe dont la rotation est la plus vive, il faudrait renoncer à indiquer les secondes. La roue A donnerait les heures en fixant un index à la platine et graduant le limbe de 1 à 12; le numéro de l'heure serait apporté par la roue mobile sous cet index. Une aiguille mobile avec l'axe de la roue B donnerait la minute sur un cadran concentrique. Il serait bon d'employer les dentures suivantes : roue A, 96 dents ; B, 8 et 180 ; C, 6 et 30 dents ou chevilles.

Pendule de Bréguet, à trois roues et deux pignons, marquant les heures, minutes et secondes, mois et dates, jours de la semaine, et les temps vrai et moyen. Cette machine est une des combinaisons les plus ingénieuses qu'on ait faites pour donner toutes les divisions de la durée avec des pièces réduites à un degré de simplicité extrême. Elle est représentée fig. 17, n^os^ 1, 2 et 3. Sur une colonne verticale sont inscrits les jours de la semaine ; deux poids moteurs indiquent ces jours par le niveau où leur base supérieure se trouve descendue : l'arbre de la roue A enroule les chaînes de suspension de ces poids, qui tendent à faire tourner l'arbre dans le même sens ; et le diamètre de cet arbre est calculé pour que le tour de cette roue (qui se fait en 24 heures) produise pour développement de la circonférence de l'arbre, ou pour la descente des poids, l'intervalle qui, sur la colonne, sera celui des jours. On remonte la pendule avec une clef; le *remontoir* est au centre de la roue A, et l'arbre de cette roue est pourvu d'un carré et d'un encliquetage tel qu'il a été déjà décrit, pour permettre à l'arbre de tourner dans un sens, indépendamment de la roue A, et pour n'être mu qu'avec elle dans le sens contraire.

Cette roue A a 288 dents ; le bord est divisé en 24 heures qui sont écrites sur sa surface ; la révolution se fait dans cette durée, comme on va le voir bientôt. L'intervalle d'une heure à l'autre est divisé en 60 parties égales, pour donner les minutes. Un index, fixé à la platine, marque sur le côté gauche l'heure de temps moyen donné par le mouvement uniforme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la roue A. Le temps vrai est indiqué par une pointe mobile portant un soleil. Nous verrons bientôt comment cet effet est produit.

La seconde roue B a un pignon de 6; elle fait par conséquent son tour entier dans le 48^{e} du temps employé par la première, savoir, en une demi-heure ou 30 minutes. Son axe se prolonge en une triple aiguille *ba*, *bc*, *bd*, dont les branches coupent en trois parties égales l'aire circulaire. On voit sur la colonne un arc *ca* de 60 degrés, divisé en 10 parties égales, pour représenter dix minutes : chaque pointe de l'aiguille se présente à son tour à ces divisions ; dès que l'une atteint à un bout de l'arc, la voisine est à l'autre bout, en sorte que quand l'une entre sur cet arc, la deuxième en sort et la troisième y arrivera dans dix minutes. On ne sait pas, il est vrai, à quel ordre de dixaines de minutes il faut rapporter l'heure actuelle, mais l'index I de la grande roue A l'a déjà désigné : cette aiguille triple marque seulement chaque minute avec plus de netteté qu'on ne peut la lire sur la grande roue A, où les divisions sont plus serrées.

La roue B a 180 dents; elle engrène dans le pignon *c* de 6 ailes de la roue C, qui est celle d'échappement. Il est clair que cette dernière court 30 fois plus vite que B, et par conséquent accomplit son tour en une minute. L'échappement est à chevilles; il y en a trente, et voici comment les secondes sont indiquées par cette roue C. Sur le côté de la colonne est apparente une partie de la roue C et l'un des leviers de l'échappement : le bord de la roue a 60 divisions égales marquées de chiffres, et on lit le numéro de la seconde actuelle sur le point où ce levier va attaquer la cheville.

On remarque l'adresse avec laquelle Bréguet a sauvé la difficulté de faire rétrograder les aiguilles sur des roues tournant en sens contraires : car ici les aiguilles sont remplacées par des index fixes montrant les numéros sur des roues mobiles, comme dans la pendule de Ferguson ; mais dans celle-ci la roue d'échappement est chargée du poids d'un cadran ce qui en gêne la rotation, tandis que celle de Bréguet est très légère.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Venons-en maintenant au temps vrai, et aux autres indications de la pièce.

Au bas de la colonne est une roue dont on ne voit que le bord supérieur, le reste étant caché par le pied. Ce bord est divisé en 365 parties égales, pour désigner les jours de l'année; elles sont réparties en 12 espaces portant les noms des mois et les dates de chaque jour. La date actuelle se trouve sous le fil-à-plomb qui sert à mettre la colonne exactement verticale. Cette roue est annuelle, c'est-à-dire fait son tour en un an. A chaque tour de la roue A, c'est-à-dire à chaque 24 heures, un mécanisme semblable à celui des QUANTIÈMES fait sauter une dent de cette roue inférieure pour apporter la nouvelle date du jour sous le fil-à-plomb.

On fixe derrière cette roue, qui est un disque plein, une *ellipse* comme dans les ÉQUATIONS (*V.* ce mot); un levier qui glisse sur son bord donne le mouvement au petit soleil qui marque le temps vrai, et décide quelle est la quantité dont, pour chaque jour, il devance ou suit le temps moyen. Comme cette partie du mécanisme est conforme à ce qu'on a déjà expliqué ailleurs, nous ne l'avons développé ni figuré ici.

Le pendule est construit selon un principe particulier, tant pour sa longueur absolue que pour sa compensation. On le voit dans la fig. 17, n° 3. Comme il fallait lui faire battre la seconde, et que cependant la pendule puisse être placée sur une cheminée, Bréguet s'est servi du mode de contre-poids placé au-dessus de la suspension. L'axe de rotation qui tient aux leviers de l'échappement est exactement horizontal, et porté à un bout sur un couteau et à l'autre sur une pointe d'acier trempé. Le pendule fait corps avec cette pièce, et oscille derrière les rouages et la colonne, à l'ordinaire, ainsi qu'on le voit sur la figure de profil. Ce pendule est très court, parce que le contre-poids supérieur, qui est un vase V, vissé au-dessus de l'axe, ralentit beaucoup la vitesse. On a déjà vu à l'article MÉTRONOME un exemple de cet effet. Plus le contre-poids supérieur s'élève, et plus les oscillations sont lentes: on peut donc faire battre la seconde à un court pendule ainsi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

disposé. Le vase V, monté à vis, peut faire d'aussi petits mouvemens qu'on veut dans le sens vertical, pour arriver au terme précis qui fait battre justement la seconde.

Ce pendule est formé d'une lentille enfilée sur une tige carrée qui est en platine et qui porte au bas le double écrou d'avance et retard pour régler la pendule sous une température constante. On a égard aux variations de chaleur ainsi qu'il suit. Dessous la lentille jusqu'à l'écrou, on accole au platine une tige de cuivre fixée par des goupilles au bas de la première : c'est sur cette tige de cuivre que la lentille porte. Lorsque la température s'élève, tout le système s'allonge : la lentille descend par l'allongement de la tige de platine ; mais elle remonte par celui des branches de cuivre qui la portent, et l'on opère la compensation. L'écrou sur lequel le vase V est vissé, est enfilé à frottement sur une tige fixée par un seul bout à l'axe horizontal qui porte le pendule et les leviers d'échappement. Ainsi en déplaçant plus ou moins le vase supérieur V, qu'on fait glisser le long de cette tige compensatrice qui le porte, on règle aisément la pièce, puisque plus le vase sera loin de son extrémité fixe, et plus la compensation aura d'effet. Une petite masse mise en jeu par les mouvemens de température sert de pyromètre pour en indiquer les variations : c'est un véritable thermomètre qui sert à lire le degré de la température, indiqué par une aiguille parcourant un arc de cercle.

Pendule branlante de Bréguet. Nous retrouvons encore le nom de ce mécanicien si fécond et si habile, qui a enrichi l'Horlogerie d'inventions nombreuses et utiles. Cet appareil consiste en une grosse lentille fixée au bout d'une tige oscillante, sans aucun rouage apparent, parce que le rouage est caché, avec le moteur qui l'anime, dans la lentille même. On croirait voir un pendule isolé qui se meut seul et perpétuellement. Les heures, minutes, secondes et quantièmes sont indiqués sur deux cadrans qui recouvrent les faces de la lentille. Voici comment tout ce mécanisme est disposé.

A est un barillet armé de 200 dents (fig. 1, Pl. 45 des *Arts mécaniques*), lequel mène la *roue de temps* B, dont le pignon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est de 10 ailes. Cette roue B a 172 dents, et mène le pignon de 12 de la grande roue moyenne C. Celle-ci, selon l'usage ordinaire, doit faire son tour en 1 heure ; ainsi B, dont le rapport de vitesse est $\frac{172}{12}$, ou $14\frac{1}{3}$, fait le sien en $14^h 20'$. De même A tourne en $11^j 22^h 40'$. Nous verrons bientôt comment on peut disposer d'une assez grande puissance motrice pour obtenir cet effet. Qu'il suffise, pour le moment, de concevoir que si le grand ressort a environ 4 tours de développement, la pièce pourra marcher près de 45 jours sans être remontée.

L'axe de la roue C est au centre du cadran et de la lentille qui le porte ; cet axe est chargé de conduire l'aiguille des minutes. C engrène la petite moyenne D par un pignon de 12 ; celle-ci va donc 7 fois $\frac{1}{2}$ plus vite que C, c'est-à-dire fait son tour en 8 minutes. La roue d'échappement E est montée par-derrière et sur l'axe de la roue C ; à cet effet, cette roue C a pour axe un canon chargé de conduire la minuterie et l'aiguille des heures, comme dans les cadratures ordinaires ; et l'axe de la roue E perce ce canon pour porter l'aiguille des secondes ; car E fait son tour en une minute. En effet, D mène E par un pignon de 12 ; ainsi, E va 8 fois plus vite que D ; chaque cheville répond à une double oscillation ou 2 secondes, puisque cette roue E porte 30 chevilles ; elle est mise en jeu par les deux bras d'une ancre qui fait corps avec un petit pendule, tel qu'il va être décrit.

H est le centre de rotation des leviers de l'échappement ; ils font corps avec le couteau de suspension du petit pendule M, qui en règle la vitesse : mais comme le tout est renfermé dans la grosse lentille qui porte le cadran, ce pendule M est nécessairement très court, et doit battre de rapides oscillations. Pour en ralentir la marche, on dispose au-dessus du couteau un contre-poids L, tellement combiné, qu'il fasse environ 75 oscillations par minute, allant par conséquent un peu plus vite que la grande lentille ou l'horloge même, qui doit battre la seconde. Voici l'effet général résultant de cette disposition.

La force du ressort fait tourner le barillet A, qui mène la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roue de temps B, laquelle mène à son tour la roue C; celle-ci est montée à canon et percée par l'axe de la roue d'échappement. C fait son tour en 1 heure, mène D qui fait le sien en 8 minutes, et celle-ci, à son tour, fait tourner la roue E d'échappement, portant 30 chevilles. Le pendule M irait trop vite pour obtenir les vitesses voulues, si sa course n'était modérée, comme on va le dire.

On comprend que tout cet appareil étant renfermé dans une lentille suspendue et oscillant en une seconde, le moteur n'en communique pas moins au petit pendule M la vitesse qui résulte de sa longueur; mais comme la chute de M devance celle du grand pendule, elle lui communique une partie de sa force; d'où l'on voit qu'elle accélère un peu la vitesse générale aux dépens de la sienne propre. On arrive donc, par des essais, à faire en sorte que le pendule M batte la seconde, en même temps que la grande lentille, dont la perte de mouvement est sans cesse compensée par le moteur du barillet A.

Il est difficile d'imaginer une combinaison plus ingénieuse et plus simple pour produire cet effet : mais les autres pièces de l'appareil feront voir la grande habileté de l'inventeur. Le barillet A doit développer une force énorme sur le pignon très fragile de la roue B : l'auteur a partagé cet effort pour le diminuer. Il fait agir sur ce pignon un second barillet; et même, de l'autre côté, il dispose deux autres barillets, et une seconde roue de temps, système identique avec le premier; en sorte qu'à son tour le pignon de 12 de la grande moyenne C est mené par les deux roues de temps, et sa délicatesse d'autant plus ménagée. Il y a donc quatre barillets et deux roues de temps; ce système, qu'on n'a pas montré fig. 1 pour plus de netteté, l'est fig. 2, où l'on voit l'ensemble de l'appareil. La force motrice est donc divisée en quatre parts égales, ce qui, outre l'avantage de disposer les parties dans une symétrie (qui ici est de rigueur, pour le juste équilibre, afin que le centre de gravité soit dans l'axe central E), rend les actions plus faibles sur les pignons délicats des roues B et C.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La lentille est suspendue sur une tige qui est formée de deux métaux (platine et cuivre) accolés ensemble : la forme est en S ; le cuivre est le long des surfaces convexes. La chaleur, qui allonge le pendule en courbant le cuivre plus que le platine, diminue d'un autre côté la longueur, et quelques essais font obtenir la compensation. Du reste, une tringle de laiton fixée selon la corde de ces courbures, sans nuire aux effets de dilatation, empêche le poids de la lentille, par son action permanente, de déformer la tige.

Nous ne parlerons pas ici d'une foule de détails curieux, tels que le pyromètre, qui permet de lire la température sur un arc de cercle fixé à la tige du pendule ; non plus que de la disposition d'un petit volant sur l'axe de la roue d'échappement, qui, n'y tenant qu'à frottement doux, supporte, en y cédant, tout l'effort des arrêts de l'échappement, ce qui empêche l'aiguille des secondes de trembler à chaque saut, comme elle le ferait par l'effet de l'arrêt brusque des leviers, à cause de la délicatesse de la tige de cette aiguille.

Mouvement à deux pendules. Ellicott a reconnu que lorsqu'on suspend au même support deux pendules, sans communication entre eux, mais à peu près égaux en longueur, et qu'on met l'un en mouvement, peu à peu l'autre pendule, quoique indépendant du premier, entre en oscillation. On remarque que les durées sont égales, et que les vitesses sont dirigées en sens contraire, l'un procédant de gauche à droite, quand l'autre marche de droite à gauche. Quelle que soit la cause de ce phénomène, qu'on attribue aux vibrations transmises par le support, comme le fait est hors de doute, on s'en est servi pour régler le mouvement des pendules. Comme l'étendue des arcs décrits par le pendule d'une horloge varie avec la force motrice et les résistances, la durée des oscillations change un peu, même lorsque le pendule est bien compensé sous le rapport de la température. En mettant le pendule qui règle une pièce d'horlogerie en présence d'un autre qui en est indépendant, et qu'on fait aussi identique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que possible avec le premier, les petites erreurs de l'un sont en grande partie détruites par l'influence de l'autre. On commence par régler les deux pendules séparément, en les adaptant au même rouage; puis, lorsqu'ils sont arrivés très près d'avoir la même marche, on les dispose ensemble, l'un devant l'autre, de manière que celui-ci soit indépendant du rouage; sa marche spontanée régularise celle du pendule de la pièce. J'ai vu des pendules de cheminée, à demi-secondes, construites par Bréguet, qui, à l'aide de l'appareil qu'on vient de décrire, avaient une marche parfaite.

Nous terminerons cet article par donner la table des longueurs, en lignes et en millimètres, des pendules à Paris, pour divers nombres d'oscillations pendant une heure. On y voit, par exemple, que le pendule qui bat 3600″ à l'heure (c'est le *pendule à secondes* de temps moyen) est long de $440^{li},559 = 993^{mm},827$; que celui qui bat la demi-seconde, ou 7200 oscillations par heure, a pour longueur $110^{li},14 = 248^{mm},46$, et ainsi des autres. Mais on ne doit pas oublier qu'il s'agit ici d'oscillations infiniment petites dans le vide, faites à Paris. On a déjà vu (page 21) qu'en changeant de latitude, ces longueurs varient, et l'on sait calculer la quotité de ces variations, comme aussi celles qui dépendent de l'étendue des arcs décrits.

Par *pendule simple*, il faut entendre que, par la pensée, la masse entière est concentrée en un point nommé *centre d'oscillation*, qui est censé être une molécule matérielle unique en mouvement. Ce point tient lieu du corps lui-même; sa position dépend de la forme de ce corps; mais il est toujours un peu plus près de la suspension que le centre de gravité. Les horlogers substituent ce dernier centre au premier, dans leurs calculs, parce qu'ils ont, dans les procédés d'avance et retard, le moyen de corriger après coup cette erreur.

Voici l'usage de cette table, que nous avons calculée directement d'après la théorie exposée page 20 (*V.* mon Cours de Mathématiques, T. I, page 152, 3e édition, et ma Mécanique, page 267, 5e édition), ayant remarqué que celles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on trouve dans les auteurs de traités d'Horlogerie sont affectées de petites erreurs.

Lorsque l'artiste a préparé les rouages d'une pendule et la cage où il veut l'établir, il lui reste à proportionner la longueur du pendule à la boîte qu'il doit occuper, et à donner à sa roue d'échappement le nombre de dents qui convient à cette longueur. Voici comment il combine ces choses, pour que le pendule soit le plus long possible; car plus un pendule est court, et moins il est exact dans ses mouvemens.

La grande roue moyenne mène le pignon de la petite moyenne (qu'on nomme aussi *roue de champ*, quoique souvent cette roue ne mérite pas ce nom); celle-ci mène à son tour le pignon de la roue d'échappement. Ces dentures une fois fixées, comme la première de ces roues fait toujours son tour en une heure, la vitesse de la dernière s'ensuit, et l'on sait calculer combien elle accomplit de révolutions en une heure. Mais la longueur du pendule étant prise à volonté, on sait aussi, par notre table, combien il fait d'oscillations par heure. Il s'agit donc de denter la roue d'échappement de manière à satisfaire à ces deux conditions.

Chaque double oscillation fait passer une seule dent de la roue d'échappement; pour un tour de cette roue, il y a donc deux fois plus d'oscillations qu'elle n'a de dents. En divisant le nombre d'oscillations du pendule en une heure, par deux fois le nombre de tours de la roue d'échappement dans le même temps, le quotient est le nombre de dents de cette roue. Ainsi, supposons que la grande roue moyenne ait 84 dents, et la roue de champ 70; que les deux pignons soient de 7; $\frac{84}{7}$ et $\frac{70}{7}$ donnent 12 fois 10 pour le nombre de tours de la roue d'échappement en une heure, savoir, 120 tours. Si l'on veut que le pendule batte la seconde, c'est-à-dire 3600 oscillations dans cette durée, on divise 3600 par 2 fois 120 ou 240; le quotient 15 marque qu'il faut que la roue d'échappement ait 15 dents (1).

(1) Voici comment on raisonne algébriquement. Soit R le nombre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si le pendule ne pouvait pas avoir plus de 81 lignes de longueur, il battrait 8400 oscillations par heure : divisant par 240, on verrait qu'il faut border la roue d'échappement de 35 dents.

Il arrive ordinairement que le quotient n'est pas exact, et comme la roue d'échappement doit avoir un nombre de dents entier, on prend pour ce nombre l'entier le plus approché du quotient, soit par excès, soit par défaut. Il est vrai qu'alors le pendule ne bat plus le nombre d'oscillations qu'on avait adopté, et qu'il est d'une autre longueur peu différente : mais comme l'avance et retard remédie à cette petite erreur, il n'en résulte aucun inconvénient, et l'on n'y fait pas attention.

Par exemple, si la grande roue moyenne a 72 dents, et celle de champ 60, que les pignons soient 6 et 8 ; le produit des quotiens, ou 12 fois $7\frac{1}{2} = 90$, est le nombre de tours de la roue d'échappement par heure, dont le double est 180. Admettons maintenant que la cage n'ait pas assez de hauteur pour que le pendule dépasse 124 lignes, on prendra dans la table le nombre voisin 123,48, qui répond à 6800 oscillations. Divisant 6800 par 180, le quotient $37\frac{7}{9}$ n'est pas entier : mais en prenant 38, on voit qu'on peut donner 38 dents à la roue

---

dents de la grande roue moyenne, qui fait son tour en 1 heure ; R′ celui de la roue de champ ; r le nombre d'ailes du pignon de celle-ci, r' celui de la roue d'échappement. Il est clair qu'en 1 heure, la roue de champ fait $\frac{R}{r}$ tours ; que de même, pour un tour de cette dernière, la roue d'échappement en fait $\frac{R'}{r'}$: celle-ci fait donc $\left(\frac{RR'}{rr'}\right)$ tours par heure. Posons

$$A = \frac{RR'}{rr'} = \text{nombre de tours de la roue d'échappement en 1 heure.}$$

Soit x le nombre de dents de la roue d'échappement : comme le passage d'une seule dent répond à 2 oscillations, un tour entier fait $2x$ oscillations, et les A tours font $2Ax$ oscillations. Soit N le nombre de celles que fait notre pendule en 1 heure, on a $2Ax = N$; d'où $x = \frac{N}{2A}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'échappement, ce qui forcera de faire le pendule un peu plus long, d'une quantité qu'on ne prend pas la peine d'évaluer, parce qu'on n'en a pas besoin. Toutefois, on peut aisément faire ce calcul; car cela exigera que le pendule batte 38 fois 180 oscillations, savoir, 6840, et l'on trouvera que la longueur doit être $124^{li},90$. Ce dernier nombre résulte de cette proportion :

Si 100, différence entre 6800 et 6900 donne $3^{li},55$ de différence de longueurs des pendules, combien 40 donne-t-il? On trouve 1,42, qu'il faut ajouter à $123^{li},48$.

Assez ordinairement on donne 72 dents à la grande moyenne, et 60 à la roue de champ; les pignons sont de 6; en divisant 72 et 60 par 6, on a 12 et 10; le produit est 120, nombre de tours de la roue d'échappement en 1 heure. Maintenant, le double 240 étant multiplié par le nombre de dents de la roue d'échappement, donnera pour produit le nombre d'oscillations que le pendule doit faire par heure. Si cette roue a 30 dents, le pendule fera 30 fois 240 ou 7200 oscillations; si elle en a 31, il en fera 31 fois 240 ou 7440; pour 32 dents, le nombre des oscillations sera 32 fois 240 ou 7680, et ainsi de suite. Il sera inutile de calculer les longueurs correspondantes du pendule; mais cela ne présenterait aucune difficulté, soit en interposant la table suivante, soit par un calcul direct, comme on l'a dit ci-dessus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Table de la longueur d'un pendule faisant un nombre donné d'oscillations par heure moyenne, à Paris, dans le vide et suivant un arc infiniment petit.

Nombre d'oscillat.	LONGUEUR DU PENDULE en lignes.	en millim.	Nombre d'oscillat.	LONGUEUR DU PENDULE en lignes.	en millim.
	li	mm		li	mm
3600	440,559	993,827	7900	91,49	206,38
3700	417,07	940,83	8000	89,21	201,25
3800	395,41	891,96	8100	87,02	196,31
3900	375,39	846,81	8200	84,92	191,55
4000	356,85	805,00	8300	82,88	186,96
4100	339,66	766,30	8400	80,91	182,54
4200	323,68	730,16	8500	79,03	178,27
4300	308,80	696,59	8600	77,20	174,14
4400	294,92	665,29	8700	75,42	170,17
4500	281,96	636,05	8800	73,73	166,32
4600	269,83	608,70	8900	72,08	162,61
4700	258,47	583,07	9000	70,49	159,01
4800	247,82	559,03	9100	68,95	155,54
4900	237,80	536,44	9200	67,46	152,17
5000	228,39	515,20	9300	66,02	148,92
5100	219,52	495,19	9400	64,62	145,77
5200	211,15	476,33	9500	63,26	142,71
5300	203,26	458,53	9600	61,95	139,76
5400	195,80	441,70	9700	60,68	136,89
5500	188,75	425,79	9800	59,45	134,11
5600	182,07	410,71	9900	58,26	131,42
5700	175,74	396,43	10000	57,10	128,80
5800	169,73	382,00	10100	55,97	126,26
5900	164,02	370,01	10200	54,88	123,80
6000	158,60	357,78	10300	53,82	121,41
6100	153,41	346,14	10400	52,79	119,08
6200	148,53	335,07	10500	51,79	116,83
6300	143,86	324,51	10600	50,82	114,63
6400	139,40	314,45	10700	49,87	112,50
6500	135,14	304,85	10800	48,95	110,43
6600	131,08	295,68	10900	48,06	108,41
6700	127,19	286,92	11000	47,19	106,45
6800	123,48	278,55	11100	46,34	104,54
6900	119,93	270,53	11200	45,52	102,68
7000	116,52	262,80	11300	44,72	100,87
7100	113,26	255,50	11400	43,93	99,11
7200	110,14	248,46	11500	43,17	97,39
7300	107,14	241,70	11600	42,43	95,72
7400	104,27	235,21	11700	41,71	94,09
7500	101,51	228,98	11800	41,01	92,50
7600	98,85	222,99	11900	40,32	90,95
7700	96,30	217,24	12000	39,65	89,44
7800	93,85	211,70			

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PÈNE (*Technologie*). C'est le nom que le serrurier donne à un morceau de fer long et fort, qui sort de la serrure lorsqu'il y est sollicité par la clef, et qui entre dans la gâche, pour fermer la porte, à laquelle la serrure est fixée. Le pène rentre dans la serrure lorsqu'on veut ouvrir la porte, et qu'on tourne la clef en sens inverse. (*V.* SERRURIER.) L.

PÉPINIÉRISTE (*Agriculture*). Ce n'est que sur la fin du règne de Louis XIV, que les chartreux de Paris ayant imaginé de vendre le superflu de leur culture en jeunes arbres, et en ayant retiré des profits considérables, les jardiniers se livrèrent à ce genre d'industrie. Aujourd'hui, près de toutes les villes, il existe des pépinières, où chacun peut acheter les arbres fruitiers, forestiers ou d'agrément qui lui sont nécessaires.

On regarde les pépinières comme étant les meilleures, lorsque le sol n'est ni trop, ni trop peu substantiel, pour que les arbres qu'on en ôte pour les transplanter ne souffrent pas d'un changement très marqué, soit en bien, soit en mal. Le lieu doit être abrité des vents, défendu contre les bêtes fauves et les bestiaux, etc.

On commence par défoncer le sol profondément (au moins à 2 pieds), et à bien diviser et nettoyer la terre pendant l'automne. On y sème ou plante les espèces qu'on veut obtenir. Le terrain doit être partagé en carrés, en allées, et les jeunes arbres alignés et à la distance convenable : on ménage ici les moyens de faire des marcottes, là des boutures ; en temps utile, on greffe les variétés demandées; on entretient la terre toujours sarclée, binée, etc. ; enfin, on emploie tous les procédés de culture dont l'expérience a montré l'utilité, et l'on est assuré du succès de l'entreprise. Une pépinière dont les arbres sont espacés de 2 pieds, ce qui est le terme moyen, peut renfermer 8000 tiges dans l'arpent de 900 toises carrées (perche de 18 pieds), ou 230 par are. On estime qu'un bon ouvrier, dans un sol meuble et bien préparé, peut planter 5 à 600 pieds de très jeunes arbres en un jour, en faisant le trou, étendant convenablement les racines, et tassant ensuite la terre avec le pied.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque le plant est suffisamment fort, on l'enlève avec soin, en évitant d'offenser les racines, les mettant à l'abri de l'air dans une fosse, ou en *jauge*. Avant de replanter, il faut rabattre toutes les têtes, rafraîchir avec une serpette très coupante les racines chancies ou blessées. C'est depuis octobre jusqu'en mars et avril, que cette opération se fait, pendant que la sève est endormie.

Les préceptes spéciaux de ce genre d'industrie sont répandus en divers lieux de notre Dictionnaire, et il convient de ne pas nous étendre davantage sur une profession qui exige de l'habileté et des soins extrêmes, mais dont le mérite consiste surtout dans l'adresse et l'expérience. FR.

PERCALE (*Technologie*). Toile de coton plus fine que le *calicot*. Les premières pièces qui ont été portées en France nous vinrent des Indes orientales, et particulièrement de Pondichéry, où il paraît que cette sorte de toile a été imaginée. On la fabrique aujourd'hui en France avec une grande perfection. L.

PERCER (MACHINE A) (*Arts mécaniques*). Lorsqu'on veut percer des corps qui ne sont pas très durs, on se sert de FORETS, de MÈCHES, de VRILLES, etc., qu'on tourne et enfonce dans la substance, par les procédés décrits en divers lieux de notre Dictionnaire. Mais ces moyens ne peuvent être employés lorsqu'on veut pratiquer des trous dans des métaux; la dureté de ces substances ne permet de les percer qu'en exerçant sur les pièces d'acier trempé, pointues ou coupantes, dont on fait usage, une pression graduée et assez forte pour exiger l'usage des machines que nous allons décrire.

Et d'abord nous dirons qu'il faut abreuver d'huile la partie coupante de l'instrument, lorsqu'on veut trouer le fer; la fonte se perce à sec et par un mouvement très lent; le cuivre est aussi percé à sec; seulement, quand le cuivre est rouge et mou, on le traite, ainsi que le plomb, en le mouillant d'eau de savon, pour que les copeaux n'engorgent pas l'instrument perçant.

Le FORET est d'abord introduit dans le métal. Quand on a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi fait un petit trou cylindrique, en s'aidant des procédés qu'on va décrire, on agrandit ce trou avec une MÈCHE. La tige de cette mèche est d'abord forgée et tournée exactement cylindrique ; mais ensuite on abat à la lime deux portions longitudinales opposées, pour réduire cette tige à être formée de deux faces planes et parallèles, et de deux faces opposées faisant partie du cylindre primitif. Le bout est travaillé en deux couteaux perpendiculaires à l'axe, séparés par un court goujon dirigé selon cet axe. Le trou qui va être percé avec cette mèche est exactement du calibre déterminé par la partie cylindrique ; l'ouvrier a de ces mèches de différens calibres, selon la grandeur des trous qu'il veut faire. Il choisit ensuite, parmi ces instrumens, celui qui convient à son dessein, dont le goujon doit être de la grandeur du trou déjà fait au foret. Il agrandit ainsi ce premier trou ; ensuite il peut l'agrandir davantage, en suivant le même procédé avec une mèche plus forte. Il est inutile de dire que les forets et les mèches doivent être trempés durs.

Les formes des forets et des mèches sont très variées; nous ne pouvons entrer ici dans des détails à ce sujet. Nous dirons seulement que les ouvriers montrent une grande sagacité dans la fabrication de ces outils, et que c'est dans les ateliers qu'il faut apprendre à connaître et à apprécier l'esprit d'invention qu'on y remarque. Chaque atelier est pourvu d'une série de ces outils, qu'on y fabrique selon le besoin qu'on en a, et qu'on classe par ordre de numéros, pour les retrouver lorsqu'il le faut.

Le bout de la mèche qui est opposé au coupant est plat, mais épais, et les bords de l'épaisseur sont limés en forme de coin ou d'angle. Pour se servir de la mèche, on entre ce manche dans l'œil carré du VILBREQUIN, de manière que le coupant soit placé en diagonale et de longueur juste. On a remarqué que cette disposition faisait mieux adhérer la mèche au vilbrequin, que si le bout de la mèche était façonné en carré, de calibre juste et armé d'une vis de pression, comme on le fait pour trouer le bois.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Venons-en maintenant à la machine à percer.

Une pièce en fer AB solidement attachée au mur, ou à une potence (fig. 7, 8 et 9, Pl. 45 des *Arts mécaniques*), est percée en O d'un trou taraudé, formant écrou. Une vis CI d'un pas et d'un diamètre convenables, à filet carré ou triangulaire, est entrée plus ou moins dans cet écrou : on la tourne avec une *béquille mn*, sorte de levier qui en traverse la tête C. On comprend que le mouvement de rotation imprimé à la béquille fait monter ou descendre la vis dans son écrou, et approche ou éloigne sa pointe I de la table ou de l'étau DE, sur lequel est solidement fixée la pièce F qu'on veut trouer. On a soin d'abord de bien établir cette pièce, pour que le point qui doit être le centre du trou soit tellement placé par rapport à la vis, qu'il se trouve exactement dans le prolongement de son axe, qui sera celui du trou.

Ensuite on engage le vilbrequin H armé de sa mèche ou de son foret K, de manière que le bout I de la vis presse le fût sur la pièce F à percer. Alors on tourne le vilbrequin H; et à mesure qu'on fait pénétrer l'outil dans cette pièce F, on tourne aussi la béquille *mn*, pour que cet outil presse fortement sur le trou commencé.

On peut aussi se servir du TOURNE-A-GAUCHE au lieu de vilbrequin; cet instrument QR (fig. 8) est une barre percée d'un œil quadrangulaire, où la mèche IKL est engagée. La machine à percer presse cette mèche fortement sur le point L qu'on veut attaquer, et faisant tourner l'outil QR, on fait pénétrer la mèche dans la pièce L, en le manœuvrant par ses extrémités Q et R, comme avec deux leviers. Deux ouvriers sont utiles dans ces opérations, surtout lorsqu'on veut faire un trou de grand diamètre, ou une perce très soignée; l'un de ces hommes tourne la béquille, et l'autre le tourne-à-gauche ou le vilbrequin; et ils se relaient. La pièce L qu'on veut percer est d'ailleurs convenablement fixée à l'établi, par des COINS, ou des SERGENS, ou sur l'étau.

On se sert de machines à percer portatives, lorsqu'on veut les employer à trouer des pièces très pesantes, et qu'on ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remuerait pas facilement pour les placer dans l'atelier. On préfère alors porter la machine sur le lieu où est la pièce, saisir la machine dans un étau, et faire la manœuvre à l'ordinaire. La forme de l'instrument est représentée fig. 9.

Les horlogers ont besoin de percer les platines et les PONTS où entrent les bouts des pivots des roues, et il faut surtout que les deux trous d'un même pivot soient rigoureusement dans la même direction l'un et l'autre. Ils se servent pour cela des appareils suivans :

L'*outil à planter* indique la place des trous sur l'une des platines, quand l'autre a déjà été percée aux points qui doivent recevoir l'un des bouts des pivots, d'après le plan ou *calibre* de la pièce. Une plate-forme AB (fig. 10) est munie d'un canon, dans lequel coule à frottement une tige cylindrique pointue *cd*. Au bout d'une potence ACD est un autre canon *hg*, dans lequel on fait glisser à frottement une tige *fe* pointue en *e*. L'outil est fabriqué de manière que lorsqu'on fait avancer les deux pointes *d*, *e* l'une vers l'autre, il y ait une exacte coïncidence entre elles, et que l'axe commun des deux tiges *cd*, *fe*, soit bien perpendiculaire à la plate-forme AB. Après avoir assemblé les deux platines parallèlement, comme elles le seront quand les rouages seront montés, on pose celle qui a déjà été percée sur la plate-forme AB, en faisant coïncider l'un des trous avec la pointe inférieure *d*; puis on descend la tige *fe* jusqu'à ce que la pointe *e* vienne marquer un point sur la platine supérieure. Ce point est le lieu où le trou doit être percé pour recevoir l'autre bout du pivot. On en fait autant pour marquer la place des autres trous.

On perce les platines au foret tournant avec l'ARCHET : le foret est monté sur le CUIVROT, que la corde de l'archet enroule et fait tourner. Cependant, comme il est indispensable que les trous aient exactement la même direction perpendiculaire aux platines, pour travailler plus vite et mieux, on se sert d'une *machine à percer*. Cet outil ne diffère du précédent qu'en ce que la tige inférieure *cd* manque, et que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plate-forme est garnie de pattes : on emploie ces pattes à serrer la platine qu'on veut percer, pour qu'elle demeure fixe ; mais il faut d'abord la disposer de manière à faire coïncider la pointe *e* de la tige supérieure *fe* avec le point marqué pour recevoir le trou. On retire alors cette tige *fe* de son canon, et on l'y fait rentrer par l'autre bout *f*, où se trouve un petit creux pour retenir le bout du foret, dont on appuie ensuite la pointe sur la platine, en poussant légèrement la tige *fe* ; puis on fait tourner le foret. Cette opération est simple et va très vite. FR.

PERCHE. Ancienne mesure de longueur qui variait, comme toutes les autres, avec les localités. Près Paris, elle était de 3 toises ; ailleurs elle avait 20, ou 22 pieds, ou, etc. La perche des eaux et forêts était de 22 pieds. Les surfaces se mesuraient à la perche carrée, ayant 18, 20 ou 22 pieds de côté, selon les usages locaux. L'ARPENT était composé de cent de ces perches carrées. (*V.* ce mot et l'article MESURES.) La perche de 3 toises, ou 18 pieds, vaut 5,8471 mètres ; cette perche carrée, de 9 toises carrées, vaut 34,1887 mètres carrés, ou 0,3419 ares.

On donne aussi le nom de *perche* à un brin de bois long et droit.

Enfin, il y a un poisson de ce nom, qui figure avec honneur sur les meilleures tables. FR.

PÉRISCOPIQUES (*Arts physiques*). Verres optiques dont les courbures des deux surfaces opposées sont, l'une plane ou concave, et l'autre convexe. Nous avons expliqué, au mot LENTILLE, la construction, la théorie et la propriété de ces genres de verres. FR.

PERLASSE. C'est le nom qu'on donne, dans le commerce, aux potasses les plus blanches et les plus pures. (*V.* POTASSE.) R.

PERLE. C'est le produit de quelques animaux vivant dans des coquilles ; ces mollusques sont sujets à une sorte de maladie causée par des corps étrangers qui se sont introduits dans leur demeure. La substance nacrée, au lieu de s'étendre en couches sur la coquille, enveloppe alors ces corps, pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mettre le leur à l'abri des irritations qu'ils produiraient. La perle est formée de couches concentriques autour d'un noyau central, qui est le corps étranger, origine de sa formation. La substance est du carbonate de chaux, joint à un peu de matière animale.

Ce sont principalement les espèces de mollusques les plus riches en nacre qui produisent les perles : c'est à Ceylan et près d'Olmutz, dans le golfe Persique, que s'en fait la pêche la plus importante. Les pintadines, les avicules, les huîtres et autres mollusques testacés en contiennent souvent de très belles. (*V.* NACRE, où nous avons donné quelques détails sur ce sujet.) Le commerce recherche beaucoup les perles; les Orientaux les estiment même plus que les diamans; mais en Europe l'empire de la mode leur donne un prix très variable, selon les temps et les lieux. Lorsque les perles sont grosses, sphériques, qu'elles réfléchissent la lumière en la décomposant avec vivacité, on en fait beaucoup de cas. Mais une des causes qui en rendent la valeur incertaine, c'est que, sans qu'on en connaisse la raison, elles perdent quelquefois tout à coup le bel orient qui en fait le prix. D'ailleurs, on les imite avec tant de bonheur, que les fausses perles sont presque la même chose pour les yeux que les véritables. (*V.* l'article suivant.) Du reste, les perles entrent dans la composition des parures des dames; on en varie singulièrement l'emploi dans la bijouterie : tantôt on en fait des colliers, des bracelets, des diadèmes; tantôt on les scie en deux, et on les sertit, en les appliquant sur leur plat, de manière à former des cercles, des chiffres et autres dessins. FR.

PERLES ARTIFICIELLES. Petits globules ou petites poires de verre mince, percés de deux trous opposés, à l'aide desquels on peut les enfiler, lorsqu'on les a préparées de manière à ce qu'elles puissent imiter les concrétions arrondies, brillantes, réfléchissant les couleurs irisées que l'on trouve dans certaines coquilles bivalves, telles que l'avicule perlière, la pintadine margaritifère, et qui portent le nom de *perles orientales*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On imite fort bien aujourd'hui le brillant et le reflet de celles-ci, au moyen d'une liqueur à laquelle on donne le nom d'*essence d'orient*, et que l'on prépare en jetant dans de l'ammoniaque les écailles, ou plutôt les lamelles brillantes qu'on sépare par le frottement et le lavage des écailles d'un petit poisson de rivière nommé *ablette*.

Ces écailles, conservées par l'ammoniaque, y acquièrent pourtant une mollesse, une flexibilité, qui leur permettent de s'appliquer aux parois intérieures des globules de verre, lorsque, par insufflation, on y introduit la liqueur où ces écailles sont tenues en suspension. Après l'application des écailles, on fait sécher doucement les perles, et l'ammoniaque se volatilise.

On prétend que quelques fabricans n'emploient l'ammoniaque que pour empêcher l'altération des écailles, et que lorsqu'ils veulent s'en servir, ils les suspendent dans une dissolution bien clarifiée de colle de poisson, dont ils versent une goutte dans la bulle de verre, et qu'ils agitent en tous sens pour l'y étendre également. Il est douteux que par ce mode d'application, on obtienne le même succès que par le premier, et qu'on donne à la couche le même brillant et la même légèreté.

Il paraît d'ailleurs important, pour la réussite de l'imitation, que les bulles ou poires qui servent à cet usage soient un peu bleuâtres, opalisées, très minces, et d'un verre contenant peu de potasse et d'oxide de plomb. Il y a dans chaque fabrique des ouvriers exclusivement chargés de la fabrication de ces bulles de verre, qui exige beaucoup d'habitude.

Avant d'atteindre le degré de perfection où l'on est parvenu aujourd'hui, et que l'on doit aux fabricans français, on se bornait à remplir les perles factices de cire blanche. L*****n.

PERPENDICULAIRE (*Arts de calcul*, Pl. 13, fig. 1). Lorsqu'une ligne DE en croise une autre AB, de manière à ne pas pencher plus d'un côté que de l'autre, c'est-à-dire qu'en pliant la figure selon l'une des lignes DE, les parties CA, CB vont tomber l'une sur l'autre, les deux droites sont dites *perpen-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diculaires. Les quatre angles égaux qu'elles forment sont appelés *droits*, et valent chacun 90 degrés. C'est dans les traités de Géométrie qu'on trouve les propriétés des lignes perpendiculaires entre elles, des plans perpendiculaires entre eux, et enfin des droites perpendiculaires à des plans. Nous nous bornerons ici à indiquer les procédés les plus usités dans les Arts pour mener une ligne perpendiculaire à une autre qui est donnée.

Le plus souvent l'ouvrier se sert d'une ÉQUERRE (*V.* ce mot) qui a l'un de ses angles droits ou de 90 degrés, parce qu'en appliquant l'un des côtés de cet instrument le long de la ligne donnée, l'autre côté de l'angle droit suit la direction demandée, et qu'il est bien facile de faire en sorte que ce côté passe par le point désigné sur la ligne cherchée. Mais comme il faut que l'angle de l'équerre soit juste de 90 degrés, et que cette condition est rarement remplie, on préfère, dans les constructions soignées, recourir à une construction géométrique.

Pour abaisser une perpendiculaire DE au milieu d'une longueur rectiligne AB, on pose une pointe de compas à l'extrémité A, et avec une ouverture quelconque on trace deux arcs de cercle, l'un vers D, l'autre vers E, puis posant la pointe de compas à l'autre extrémité B, on en fait autant avec la même ouverture. Les arcs ainsi tracés se coupent en deux points D et E, du moins si l'ouverture de compas a été suffisamment grande. La droite DE qui passe par les deux points D et E ainsi déterminés est la ligne perpendiculaire sur AB, dont C est le milieu.

Pour élever une perpendiculaire à une ligne AB en un point donné C de cette ligne, on prendra de part et d'autre de ce point C deux longueurs égales CA, CB et quelconques; puis on fera la construction précédente, c'est-à-dire que des points A et B comme centres, avec un même rayon quelconque, mais plus grand que AC, on décrira deux arcs de cercles qui se croiseront vers D ou vers E. La droite menée par ce point et par C sera la ligne demandée DE. Ici il n'est nécessaire d'avoir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'un des points D et E, parce qu'on connaît déjà l'un C des points de la perpendiculaire. Les trois points D, C, E sont en ligne droite.

Pour abaisser une perpendiculaire à la droite AB (fig. 2), par un point D donné hors de cette ligne, on pose une pointe de compas en D, et avec une ouverture arbitraire, mais suffisamment grande, on trace un arc de cercle GH, qui coupe la droite AB en deux points G et H; puis on décrit, avec un rayon arbitraire, et de ces points G et H comme centres, deux arcs de cercle qui se croisent en un point E. La ligne DE est la perpendiculaire demandée. Le point C est le milieu de GH.

Lorsqu'on veut mener une perpendiculaire CD à l'extrémité C d'une droite AC (fig. 3), on prolonge la ligne AC, et l'on retombe sur l'un des cas traités ci-dessus. Mais comme il est souvent impossible de prolonger la droite AC, voici la construction qu'on doit faire. On pose une pointe de compas en un point quelconque I hors de la droite AC, et l'on décrit une circonférence BCDE passant par le point C; puis du point B où cet arc coupe AC, on mène le diamètre BID, lequel coupe l'arc en un point D: la droite DC est celle qu'on demande.

Pour mener sur le terrain une ligne perpendiculaire à une autre, on se sert du GRAPHOMÈTRE ou de l'ÉQUERRE D'ARPENTEUR; et si la ligne doit être verticale ou horizontale, on a recours au fil-à-plomb ou au NIVEAU. (*V.* ces articles.)

Nous ne traiterons pas ce sujet plus en détail, parce qu'il se rattache directement aux théories géométriques qui ne peuvent convenablement être exposées ici. FR.

PERRUQUIER (*Technologie*). Nous ne chercherons pas à faire ici l'historique de l'art du *perruquier,* dont on trouve des détails très suffisans dans l'*Encyclopédie méthodique*, division des *Arts et Métiers mécaniques*, T. VI, page 258; nous nous attacherons seulement à faire connaître ce qu'il est aujourd'hui, et à décrire les perfectionnemens notables qu'il a obtenus depuis un petit nombre d'années.

Les fonctions du perruquier consistent à avoir soin des cheveux naturels, qui forment le plus bel ornement des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hommes et des femmes, à les friser artistement, à raser la barbe des hommes, et à suppléer à la perte des cheveux, dans les individus des deux sexes, par des chevelures factices qu'on nomme *perruques*.

La mode généralement adoptée depuis une quarantaine d'années ne laisse aux perruquiers presque rien à faire pour soigner la chevelure des hommes. Ce soin se borne à élaguer et à couper les cheveux trois ou quatre fois par an, à peu près, afin de dégager la tête d'une trop grande masse de cheveux, et de les raccourcir pour les réduire à la longueur que le goût et la mode surtout ont déterminée. Il est rare aujourd'hui de rencontrer des têtes poudrées parmi les hommes; on n'en voit pas une parmi les femmes.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire la manière dont les perruquiers s'y prennent pour faire friser les cheveux naturels : tout le monde sait qu'après les avoir démêlés, ils placent des papillottes, qu'ils pincent fortement avec un fer chaud, dont les mâchoires sont plates intérieurement et se joignent parfaitement lorsqu'elles sont rapprochées à vide. Ce fer, que l'on fait chauffer sur de la braise et non sur les charbons ardens, ne doit être employé ni trop chaud ni trop froid : trop chaud, il abîmerait les cheveux et les brûlerait; trop froid, il n'imprimerait pas aux cheveux la raideur nécessaire pour conserver assez long-temps la forme qu'on a voulu leur donner. On l'essaie sur du papier blanc, qu'il ne doit pas roussir. Il en est de même du fer à toupet, dont on se sert rarement pour faire reprendre à une boucle un contour agréable qu'elle aurait perdu pendant le travail.

Des perruques. Quelques auteurs font remonter cette invention au commencement du règne de Louis XIII; mais ce n'était véritablement pas là des perruques proprement dites. On ne peut vraisemblablement fixer cette époque que vers l'année 1650, au commencement du règne de Louis XIV, qui, ayant jugé cette découverte bonne et utile, créa, en 1656, des charges de barbiers-perruquiers. On voit, dans les portraits de cette époque, combien elles étaient énormes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lourdes et fatigantes : elles étaient bien loin d'une imitation même approchée de la nature.

Sous le règne suivant, elles furent beaucoup perfectionnées ; mais elles laissaient encore l'art trop à nu, et celui qui en faisait usage portait au premier aspect la preuve matérielle d'une chevelure empruntée. Il n'y a pas cinquante ans que l'art de faire les perruques est parvenu à imiter tellement la nature, qu'on est souvent incertain si la chevelure qu'on voit sur la tête d'un homme est naturelle ou factice. C'est depuis le commencement de ce siècle seulement, en 1804, qu'un nommé Leguay, à Lyon, prit un brevet pour un moyen de tisser en même temps les cheveux et l'étoffe à laquelle ils sont adhérens, de sorte que les cheveux artificiels paraissent implantés dans l'étoffe, qui par sa couleur imitait la peau de la tête. (*V.* T. III des Brevets d'invention publiés, page 56.)

Caron de Paris prit, le 24 mai 1805, un brevet de 5 ans, pour des procédés semblables, perfectionnés. (*V.* même vol., page 131.)

Tellier de Paris prit, en 1808, un brevet de 5 ans, pour former en même temps la tresse en tricot à mailles fixes, et la coiffe d'un seul morceau, par une seule opération ; c'est-à-dire, en nous servant des expressions de l'auteur, qu'il fait en quelque sorte une peau de tête à pores ouverts, à cheveux implantés, à fond imitant la chair, à épis naturels, à peau flexible, doucement tendue, toujours immédiatement appliquée, qu'on ôte à volonté, qui se lave, qu'on reprend, qui se moule, comme auparavant, sur les contours du crâne, et dont les points d'appui ne posent que sur les éminences osseuses connues sous le nom d'*apophyses mastoïdes*.

Nous pourrions citer beaucoup d'autres brevets délivrés pour des inventions de cette nature, dont on peut voir la description dans le Recueil des Brevets expirés, et qui sont souvent accompagnés de planches nécessaires à leur parfaite intelligence.

Avant de décrire les moyens simples et faciles qu'ont ima-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gnés MM. Normandin frères, perruquiers à Paris, près du Palais-Royal, passage des Deux-Pavillons, nous devons entrer dans quelques détails sur la manière de préparer les cheveux pour en fabriquer les perruques.

Les cheveux doivent être pris et coupés sur une tête vivante et saine; on doit rejeter tous ceux qui sont fournis par un sujet âgé de moins de 15 ans.

Les cheveux châtains sont ordinairement les meilleurs et les plus usités; on en distingue de trois nuances différentes. Il en est de même des noirs; mais ils ne sont pas aussi communs. Les gris se distinguent par un grand nombre de nuances différentes. Les cheveux d'un beau blanc sont difficiles à trouver. Les cheveux gris et les blancs doivent être pris sur la tête de vieillards bien portans et pas trop décrépits.

Les outils dont le perruquier se sert pour la préparation des cheveux sont: des cardes ou SÉRANS de plusieurs finesses, qu'ils emploient de la même manière que les SÉRANCEURS de chanvre et de lin, ou mieux les *peigneurs de laine*. (*V.* PEIGNAGE DE LA LAINE.)

Ils se servent aussi de MOULES ou *bilboquets* pour friser les cheveux. Les meilleurs sont en buis, tournés; ils ont environ 8 centimètres (3 pouces) de long; ils sont depuis 5 jusqu'à 27 millimètres de grosseur dans le milieu de leur longueur; leur forme ressemble assez à celle d'un petit pilon, arrondi par chaque bout et déprimé dans le milieu de leur longueur.

A l'aide du séran, on sépare les cheveux selon leur longueur, on les fait tremper et on les roule ensuite avec un tout petit carré de papier sur les moules, et on les arrête avec du fil.

On lie tous les moules de même numéro, en paquet, avec de la ficelle; on les fait bouillir pendant deux heures, dans la bouilloire, que l'on tient toujours pleine d'eau de rivière, à l'aide d'une caffetière pleine de la même eau, que l'on entretient à côté, toujours bouillante.

On les met ensuite à l'étuve pour les faire sécher. On les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enferme ensuite dans une pâte de farine de gruau, dont on forme un pâté que l'on fait cuire au four pendant environ trois heures, temps nécessaire pour faire cuire un pain de 6 kilogrammes.

En sortant le pâté du four, on le coupe tout chaud, on tire les moules et on les porte dans l'étuve légèrement chauffée, où on les laisse entièrement refroidir. Il faut attendre qu'ils soient bien froids pour les décorder. On doit avoir soin de ne pas mêler les longueurs, et les conserver selon les numéros des moules.

Nous nous arrêterons très peu sur la manière de tresser, qu'il nous serait difficile de faire concevoir sans employer un assez grand nombre de figures, et dont on peut avoir une idée exacte en entrant chez le premier perruquier. On tresse les cheveux sur trois soies fortement tendues sur deux bâtons implantés dans l'établi sur lequel on travaille. Le paquet de cheveux étant placé dans le séran qui est devant lui, l'ouvrier en tire à peu près sept à huit cheveux à la fois, en les prenant de la main droite du côté de la racine ; il les reprend de la gauche du côté de la pointe, et les présente par la racine à la soie du milieu, vers la moitié de leur longueur. Il engage l'excédant, à l'aide de la main droite, dans les trois soies, tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre, jusqu'à ce qu'il ait tout employé de ce côté, et il pousse cette partie sur le côté gauche du métier. C'est un travail qui se fait très lentement, et auquel on emploie les apprentis.

Lorsqu'on a préparé un assez grand nombre de tresses, de toutes les longueurs de cheveux que l'on doit employer, on dispose, sur la tête de bois, la monture selon la mesure qu'on a prise pour la personne qu'on doit coiffer. Cette monture est un filet en soie, léger, qu'on a fait sécher après l'avoir mouillé, afin qu'il ne se retire pas par la sueur, et que la perruque puisse toujours conserver sa même forme. A l'aide d'un ruban d'un centimètre de large, qu'on faufile sur la tête de bois, avec le filet de soie, bien tendu par des clous plantés dans cette tête et au dehors de la place que doit oc-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cuper la perruque, on marque la forme que doit avoir cette perruque. On tend fortement ce filet à l'aide d'un fil fort dont on enveloppe les petits clous. On coud à petits points le bord du ruban avec le filet. On couvre le filet entièrement avec les tresses préparées, en les fixant par de petits points avec le filet et le ruban ; bien entendu qu'on emploie les cheveux longs ou courts, selon les places qu'ils doivent occuper sur la tête.

Les frères Normandin placent sur le haut de la tête, à l'endroit qu'on nomme l'*épi*, un morceau de taffetas rond de 7 à 8 centimètres (3 pouces) environ de diamètre, portant des cheveux implantés dans tous les sens, ce qui imite parfaitement la nature ; car ils emploient une étoffe de soie qui imite le tissu de la peau, et qui en a la couleur. Voici comment ils opèrent :

Ils tendent fortement sur un petit métier A (fig. 1, Pl. 45), un morceau d'étoffe de soie B, un peu plus grand qu'il ne doit rester ; cette pièce est carrée. Ils cousent solidement par-dessous sur les bords trois ou quatre petits bouts de tresse peu garnis de cheveux, mais dont l'ensemble puisse fournir la quantité de cheveux à implanter. En retournant le métier comme le représente la fig. 2, ils font passer les cheveux un à un ou deux au plus à la fois, à travers l'étoffe, à l'aide d'une longue aiguille fine (fig. 3), faite exprès, afin qu'elle porte un œil très long, dont ils coupent une des branches, à l'aide d'une petite pierre à l'huile, pour qu'elle forme un crochet. Cette aiguille est ici gravée sur une échelle double de sa grandeur naturelle.

On conçoit qu'en enfonçant l'aiguille de la main droite par-dessous, du côté où sont les tresses, on peut facilement engager un ou deux cheveux dans le crochet ; on les fait passer facilement sur l'autre surface; on peut garnir cette surface d'autant ou d'aussi peu de cheveux qu'on le désire, et l'on imite avec un peu de goût cet épi que la nature forme sur la tête de chaque individu. Ces habiles artistes travaillent avec tant de goût, qu'ils forment des perruques entières dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même genre. Ils ont exécuté, pour le fameux tragédien Talma, une perruque de vieillard chauve, qui présentait, même de près, une illusion parfaite. On aurait pu compter aisément le nombre de cheveux blancs qui voltigeaient sur le sommet de la tête. Ils ont donné le nom de *pylogènes* à leurs perruques.

Pour les perruques ordinaires, ils cousent les tresses tout autour de la plaque qui forme l'épi, par les procédés généralement employés, et que nous avons décrits. L.

PERSIENNES (*Technologie*). On a donné le nom de *persiennes* à des contrevens à jour, parce qu'on prétend que c'est ainsi que les croisées sont fermées par dehors dans la Perse. Quoi qu'il en soit, voici l'avantage que présentent ces sortes de contrevens, et la manière dont on les construit.

Les persiennes ont été admises en remplacement des contrevens, afin de laisser passer assez de lumière dans l'appartement pour y voir suffisamment dans de beaux jours, en interceptant les rayons solaires, très incommodes pendant l'été, surtout dans les pays méridionaux. Elles donnent la facilité de laisser introduire l'air dans l'appartement en tenant les croisées ouvertes.

La persienne est formée d'un châssis ou cadre dont les montans et les traverses ont depuis 3 jusqu'à 4 pouces de large (8 à 11 centimètres), sur 12 à 15 lignes (27 à 34 millimètres) d'épaisseur, selon la hauteur et la largeur qu'on veut leur donner. Dans les très grandes croisées, on place deux traverses, à égales distances dans l'intérieur; dans les moyennes, on n'en met qu'une; dans les petites, on n'en met pas. Les persiennes sont ferrées comme les contrevens, sur le dormant; on les fait à deux battans pour les grandes et les moyennes; elles sont à recouvrement dans le milieu, où elles se joignent, et elles affleurent le dormant en dehors lorsqu'elles sont fermées.

On remplit les places vides comprises entre les montans et les traverses par des tringles ou lames de 4 à 5 lignes (9 à 11 millimètres) d'épaisseur, et de 3 pouces (81 millimètres)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de large, inclinées du haut en bas, du dedans au dehors, d'une quantité suffisante pour que le soleil ne puisse pas pénétrer.

Il y a trois manières différentes d'assembler ces lames avec le bâti.

1°. En entaillant dans le bâti, des deux côtés, des rainures inclinées environ à 45 degrés; on les fait entrer par le bout dans ces rainures, et on les y fixe.

2°. La seconde manière consiste à faire les lames juste de la distance d'un montant à l'autre. On introduit dans les bouts de chacune un goujon en fer qu'on fait entrer dans des trous pratiqués dans les montans avant de les cheviller. Alors ces lames sont mobiles, et peuvent tourner sur les goujons, comme sur deux pivots.

3°. La troisième manière ressemble à la seconde; la seule différence consiste à faire les lames plus longues, comme dans le premier cas; on enlève à chaque bout un tenon carré, qu'on arrondit ensuite; il forme un tenon qui remplace le goujon, dans la seconde méthode.

Dans ces deux dernières méthodes, on place en dedans un liteau, ou mieux une verge de fer qui porte une poignée à une hauteur convenable pour que chacun puisse la faire mouvoir facilement. Cette tringle porte des pattes de quelques centimètres de long, et en aussi grand nombre qu'il y a de lames. Chacune de ces pattes est fixée sur une lame, de manière qu'en poussant la tige de fer vers le haut ou vers le bas, on ouvre entièrement les lames, ou bien on les ferme de manière à intercepter toute la lumière. Il faut pour cela qu'elles se recouvrent bien l'une l'autre. Dans ce cas, lorsqu'elles sont parfaitement fermées, elle ne présentent en dehors, et ensemble, qu'une seule surface plane.

On doit observer encore que dans ces trois manières de placer les lames, les traverses intérieures, leur plan supérieur et inférieur doivent avoir la même inclinaison que les lames.

Les persiennes les plus solides doivent avoir leurs lames

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fixes, ainsi que nous l'avons indiqué dans la première méthode. Les deux autres sont sujettes à se déranger souvent.

La fig. 21 de la Pl. 31 montre une persienne ouverte et arrêtée contre le mur. (*V.* le mot Gond, T. X, page 269.)

L.

PERSPECTIVE (*Arts de calcul*). L'art de représenter, sur des surfaces, les apparences que produisent à nos yeux les divers objets dont nous sommes environnés, et de nous transporter ainsi passagèrement dans des lieux dont on veut nous procurer la vue, est une science toute géométrique et soumise à des règles certaines. C'est par ce moyen qu'on décore les salles de spectacle, et qu'on entoure les jeux de la scène de tout ce qui peut contribuer à produire l'illusion. Les tableaux, les paysages, les projets d'Architecture et de fêtes sont composés d'après les règles de la perspective, et une foule d'inventions se rapportent à cet art.

Nous ne devons pas ici expliquer avec détails les procédés pratiques d'une science dont la théorie dépend essentiellement de la Géométrie descriptive, et ne peut être convenablement traitée que dans un ouvrage spécial : mais nous poserons les bases de l'art, afin de montrer ensuite le parti que l'industrie en a su tirer, en offrant des représentations si fidèles des objets, qu'il semble qu'on ne puisse porter plus loin le talent des illusions.

Imaginez qu'entre votre œil et différens objets, tels qu'une campagne, un édifice, etc., on ait établi une glace verticale. Les rayons visuels qui se portent sur les divers contours vont chacun rencontrer la glace en un point. Si ces rayons laissent une empreinte sur la glace à leur point de section, le système de tous ces points formera des lignes droites ou courbes tracées à cette surface. Si de plus les espaces intermédiaires sont revêtus des mêmes ombres et des mêmes couleurs que les objets, il est clair qu'on pourrait supprimer tout ce spectacle, et le dessin figuré sur la glace suffirait pour produire sur nos yeux la même impression : l'image portée par la glace tiendrait lieu des corps eux-mêmes, et l'on en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

apercevrait toujours les contours comme s'ils existaient ; on aurait enfin les mêmes apparences. Cette image est la perspective dont il s'agit de tracer et de peindre les figures.

La fig. 4, Pl. 13, des *Arts de calcul*, représente l'état sous lequel les objets sont considérés ici. L'œil est placé en O, à la hauteur OI au-dessus du sol horizontal HI ; l'objet à figurer est HL ; la glace est le plan vertical DN ; les rayons visuels OH, OL, percent la glace en *h* et *l* ; *hl* est la *perspective linéaire* de HL. La glace DN est ce qu'on appelle le *tableau ;* HDEI est le *plan géométral ;* la droite DE d'intersection de ces deux plans est la *ligne de terre*. De l'œil O, menez une horizontale ON perpendiculaire au tableau, vous aurez la projection N de l'œil O ; N est le *point de vue ;* l'horizontale NP menée par ce point N, est la *ligne d'horizon ;* enfin, prenant soit à droite, soit à gauche de N, la longueur NP égale à NO, P est le *point de distance*. Ces expressions sont nécessaires à retenir de mémoire, pour comprendre les constructions en usage dans les traités de perspective.

Si l'objet est une droite HL, la perspective *hl* est évidemment aussi une droite ; car cette ligne est l'intersection du tableau par le plan OLN, qui s'étend de la droite HL jusqu'à l'œil O. Si HL est une verticale, sa perspective *hl* le sera pareillement. Ainsi, *la perspective d'une droite est toujours une droite ; celle d'une verticale est verticale ; toutes les lignes parallèles à la glace conservent leur forme et leur direction.*

Les droites parallèles entre elles, mais obliques à la glace, ont leurs perspectives convergentes en un point du tableau ; car plus un objet s'éloigne, et plus l'angle optique sous lequel on l'aperçoit est petit. Une longue allée, par exemple, dont nous voyons l'extrémité éloignée, nous paraît devenir de plus en plus étroite ; les deux lignes parallèles nous semblent se rapprocher de plus en plus. Nous donnerons bientôt la position du point de convergence de ces lignes sur le tableau.

Pour trouver la perspective *h* (fig. 5) d'un point H situé sur le plan géométral, après avoir tracé la ligne de terre DE, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la ligne PN d'horizon, marquez sur cette dernière le point de vue N et le point de distance P ; puis menant la perpendiculaire HI sur DF, décrivant du centre I l'arc de cercle HK, et tirant les droites KP, IN, aux points de distance et de vue, ces deux droites se croisent au point demandé H. Il sera aisé de se rendre raison de cette construction, en l'effectuant sur la fig. 4, où les objets sont représentés en perspective.

On saura de même trouver la perspective de toute figure tracée sur l'horizon, en cherchant la perspective de tous les points dont elle est formée. S'il s'agit d'une ligne droite HH′ (fig. 5), comme la perspective est aussi une ligne droite, il suffira de faire la construction pour deux de ses points H et H′, et de tirer, par les perspectives *h* et *h′*, la droite *hh′*, qui sera celle qu'on demande. On formera de même la perspective d'un polygone situé sur le plan géométral, d'un cercle et de toute autre figure. (*V.* fig. 6.)

Pour obtenir la perspective d'un point L (fig. 4) situé dans l'espace, on observera que ce point est élevé d'une hauteur connue HL au-dessus de l'horizon, et que la hauteur *hl* de la perspective détermine les triangles semblables OHL, O*hl*. Ainsi, il faudra mettre en perspective le point H de projection, puis porter sur la verticale *hl*, à partir du point *h*, une hauteur *hl* tirée de la disposition de ces triangles.

Soit donc H (fig. 7) la projection horizontale d'un point de l'espace dont on cherche la perspective ; on trouvera d'abord celle *h* de cette projection H, par la construction ordinaire ; puis on élèvera la verticale *hl*, sur laquelle doit être situé le point cherché *l*, à une hauteur inconnue *hl*. Pour obtenir celle-ci, tirez à part une verticale AB de même longueur que la hauteur du point de l'espace au-dessus de H ; et des deux extrémités A et B, menez à un point quelconque C de la ligne d'horizon, les droites CA, CB, de manière à former un triangle ABC ; enfin, tirez l'horizontale *ha*, et par son point *a* de section avec CA, menez la verticale *ab*. Cette longueur *ab* sera la hauteur demandée, qu'il faudra porter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de h en l, pour avoir le point l, perspective du point donné dans l'espace. Si la verticale abaissée de ce dernier point est l'axe d'une colonne, l'arête de rencontre de deux murs, etc..., hl sera la perspective de cette ligne.

On comprend que, par cette construction, on obtiendra la perspective des points donnés, dans l'espace, par leurs projections sur l'horizon et leurs élévations : on devra reproduire ce tracé autant de fois qu'il sera nécessaire, et pour chacun de ces points ; en outre, on aura de la sorte la perspective de tous les contours, quelque variés qu'ils soient, pourvu qu'on en connaisse la projection sur le plan géométral, et l'élévation des divers points de cette figure au-dessus de ce plan. Cet énoncé comprend toutes les formes possibles d'objets.

Ainsi, pour une ligne droite dans l'espace, on mettra d'abord sa projection horizontale HH′ en perspective, en hh' ; puis, d'après les hauteurs AB, AB′, des deux points au-dessus de H et H′, on trouvera les perspectives l et l', par la construction précédente ; la ligne ll' sera la perspective demandée.

Si les verticales ont leurs perspectives verticales, il n'en est pas de même des horizontales, à moins qu'elles ne soient parallèles au tableau ; mais on en trouve, dans tous les cas, les perspectives, en observant la règle précédente.

Il a été dit que les droites parallèles avaient leurs perspectives convergentes en un point du tableau, lorsque les parallèles sont obliques à ce plan. Ce point, qu'on appelle *point de fuite*, est très utile à connaître, parce que, étant situé à la rencontre des perspectives de toutes ces parallèles, il suffit de connaître un autre point de chacune, pour tracer toutes ces lignes, en les dirigeant de ce point à celui de fuite. Il faut aussi remarquer que si les objets présentent plusieurs systèmes de parallèles, chaque système a son point de fuite particulier.

Pour déterminer le point de fuite, il faut, par l'œil O du spectateur (fig. 4), mener une ligne OR parallèle aux droites dont il s'agit ; cette ligne ira percer le tableau en un point R

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui sera le point de convergence cherché. Si les parallèles proposées sont horizontales, cette ligne OR le sera aussi, et le point de fuite sera situé sur la ligne PN ; donc *le point de fuite d'un système donné de parallèles horizontales est situé sur la ligne d'horizon.* Voici comment on trouve ce point.

Sur la verticale LNO (fig. 8), menée par le point de vue N, prenez LO égale à la distance NP, P étant toujours le point de distance : tirez OQ parallèle aux horizontales proposées (ou à leurs projections horizontales) ; enfin, élevez par le point Q la verticale QM, et M sera le point de fuite cherché. Cette construction très simple donne le point de fuite de tout système de parallèles horizontales, telles que les lignes d'entablement d'un édifice, celles qui bordent une allée d'arbres, etc.

Mais si les parallèles sont obliques à l'horizon, on donne la projection horizontale AB de l'une de ces droites, et sa projection verticale *ab* (fig. 9). Il faut d'abord reproduire la construction précédente, c'est-à-dire prendre LO égale à NP, mener OQ parallèle à AB, et la verticale indéfinie QR, sur laquelle est situé le point de fuite demandé, en un point inconnu R ; mais ce point R ne sera plus situé sur la ligne d'horizon PN ; il sera au-dessus ou au-dessous, selon les cas. Tirez OR parallèle à la projection verticale *ab*, et le point de fuite sera situé à l'intersection R de cette ligne avec la verticale QR. Il sera bien aisé de se rendre raison de ces constructions sur la fig. 4.

Ces principes suffisent pour mettre en perspective tous les objets, quelque composés qu'ils soient ; mais lorsque les objets ont des lignes courbes, des lignes obliques dans toutes les directions, etc., comme les lignes de construction sont très multipliées, le dessin devient compliqué, et il importe de rendre les opérations plus simples, d'éviter que les lignes ne sortent de la surface où la perspective est reçue, enfin, de diminuer l'étendue du travail. L'exercice de ces règles en rend l'usage facile, et les personnes qui se livrent à ce genre de dessin savent bien en abréger les difficultés. Nous ne pour-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rions, sans nous jeter dans des détails minutieux, étrangers à l'objet que nous avons en vue, donner à ces discussions plus d'étendue; ce serait refaire un traité de perspective. Nous nous contenterons d'indiquer les applications que les Arts font de ces principes, et nous renverrons pour le reste aux traités spéciaux. Consultez ceux de Lavit, Cloquet, Choquet, Thénot, etc., et particulièrement notre Traité du Dessin linéaire.

Nous n'avons rien dit ici des ombres, parce qu'on conçoit leurs projections sur les objets comme y traçant des courbes qu'on met en perspective à l'ordinaire. Nous ne dirons rien non plus de la perspective aérienne qui se rapporte à la coloration des images, sujet entièrement étranger à notre but et qui rentre dans les attributions des artistes.

On a imaginé divers instrumens pour dessiner la perspective. Les plus répandus sont la CHAMBRE OBSCURE et la CHAMBRE CLAIRE (*camera lucida*), qui, présentées devant les objets, les transportent réduits, avec leurs couleurs propres, sur une feuille, où une main exercée peut aisément en suivre et en arrêter les contours. (*V.* les deux articles cités.)

On trouvera dans les Bulletins de la Société d'Encouragement, T. IV, page 59, et T. IX, page 131, la description de deux instrumens propres à dessiner la perspective. J'ai fait à cette société des rapports sur deux autres appareils de ce genre; l'un, de M. Boucher (T. XX, page 161), nommé *coordonographe;* l'autre, de M. Clinchamp, qui lui donne le nom d'*hyalographe* (T. XXI, page 154). Nous ne pourrions, sans un long développement et de nombreuses figures, donner ici les descriptions de ces ingénieux instrumens. Il nous suffira de dire qu'ils consistent tous à dresser, avec plus ou moins d'habileté, une glace ou un cadre entre les objets et l'œil, auquel on donne une place fixe et déterminée, et à suivre avec un index les contours apparens qu'on voit, précisément comme les choses sont représentées dans notre fig. 4. Cet index, par un mécanisme particulier, transmet ses mouvemens à un crayon qui laisse sa trace sur une feuille de papier, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forme la perspective demandée. Toute l'adresse du mécanicien s'est réduite à composer son mécanisme avec assez de simplicité pour que l'instrument ne soit pas coûteux et compliqué, que les mouvemens de l'index soient faciles à imprimer, que leur transmission se fasse avec régularité et sans *temps perdu*; et surtout que le tracé soit fait sur une tablette horizontale, quoique les objets soient vus à travers un cadre qui représente la glace.

Le coordonographe de M. Boucher est surtout très commode pour construire promptement toute perspective d'objets qu'on a sous les yeux. Sur une table TT′ (fig. 11) portative et montée sur trois pieds, est établie une tige verticale ML, portant en M une mire à deux fils croisés. La tige et la mire sont mobiles, l'une avec l'alidade CL qui la porte, l'autre par des poulies de renvoi et des cordons qui la font monter et descendre le long de la tige. L'alidade tourne autour d'un axe vertical CO, en haut duquel est une pièce percée O, nommée *oculaire,* parce qu'on y tient l'œil appliqué. On comprend que ces mouvemens permettent à la mire M d'être placée de manière que la croisée des fils soit sur la direction de tout rayon visuel OB dirigé vers un objet B quelconque. L'alidade porte en S un crayon qui suit tous les mouvemens de la mire, et qui marque sur le papier une empreinte : c'est la perspective du point B. La verticale AB se trouve en perspective en *ab*, par un simple mouvement de la mire le long de la tige ML et du crayon, sans déplacer l'alidade; mais il faut faire tourner celle-ci pour passer d'un point de l'espace à un autre, qui est situé hors de sa verticale. (*V.* pour plus de détails le Bulletin cité.)

Mais le plus utile de tous ces appareils est celui de M. de Saint-Memin, que j'ai décrit dans les mêmes Bulletins en 1829. Il ne faut pas avoir sous les yeux les objets mêmes qu'on veut dessiner, mais seulement leurs projections horizontale et verticale. Les architectes, dessinateurs, peintres, représentent le plus souvent des scènes qu'ils ont dans leur imagination : la vue des objets n'existe pas pour eux; leur esprit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seul en conçoit l'assemblage et les proportions. Ils doivent alors exprimer les relations mutuelles des points de l'espace par un dessin géométrique en projection, qu'il faut ensuite mettre en perspective. Cette dernière opération est même la plus pénible, non-seulement à cause de la multitude des lignes de construction qu'il faut tracer, mais encore parce qu'il arrive souvent qu'on a supposé aux points de vue et de distance, et au tableau, des situations qui ne présentent pas la perspective sous un point de vue favorable (ce dont on ne peut guère juger qu'après coup), et qu'il faut alors prendre de nouvelles données et recommencer tout le travail.

L'appareil de M. de Saint-Mémin a l'avantage de s'accommoder avec l'état supposé des choses, et de n'exiger qu'un temps très court, sans aucune ligne de construction. Il sera donc précieux aux artistes, dont il abrégera les recherches et facilitera les moyens d'exécution. Il est rare qu'on décide une personne riche à construire un édifice, sans lui en avoir d'abord procuré l'aspect en lui en offrant un dessin en perspective. Le travail de ce dessin est très long, si on le fait en observant toutes les règles géométriques; et cela, même lorsqu'on abrège les opérations, en se contentant de déterminer rigoureusement la position des points principaux de la perspective, et suppléant au reste par l'habitude du dessin, pratique qui est généralement mise en usage pour diminuer le travail de l'artiste.

Il convient de donner ici quelques conseils aux personnes qui veulent s'exercer à la pratique de la perspective.

Il est d'abord inutile de dire que le dessin ne doit conserver aucune trace des lignes de construction : ces lignes, qu'on a d'abord marquées au crayon, sont effacées lorsqu'elles ont donné les points cherchés.

Pour que la perspective d'un objet le représente fidèlement, il est nécessaire qu'on mette exactement l'œil au point même où il a été supposé en faisant le dessin. Ce point est déterminé par ce que nous avons appelé le point de vue et le point de distance. On élève sur le tableau une perpendiculaire NO

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 4), aboutissant au point de vue et se dirigeant du côté opposé aux objets (1), et l'on fait cette perpendiculaire égale à la distance PN ou ON. C'est au point O ainsi déterminé qu'il faut mettre l'œil pour que l'image produise l'illusion; surtout si le dessin est bien ombré et colorié, elle est alors complète.

Mais ces points N et P sont tout-à-fait arbitraires lorsqu'on fait la perspective, et selon la place qu'on leur attribue par rapport aux objets, on fait varier leurs aspects. Il faut dire que quand l'œil est trop rapproché du plan, la perspective est difforme tant qu'on ne place pas l'œil près du tableau au point même qui a été choisi pour faire la perspective. Mais si l'œil a été supposé loin du tableau quand on a fait le dessin, les petits changemens de place qu'on pourrait faire éprouver à l'œil n'en apporteraient pas de bien sensibles dans la perspective qui, par conséquent, produira encore son effet quand on placera l'œil en d'autres points voisins de celui qu'on avait choisi. Cette considération est très importante dans les représentations théâtrales, parce que les spectateurs, dispersés dans les diverses parties de la salle, sont plus ou moins éloignés du point central qu'on a choisi en faisant la perspective. Il convient donc que les dessins se prêtent à être vus de tous les points, sinon sans que les formes soient altérées, du moins sans qu'elles se présentent sous des aspects bizarres. Nous reviendrons sur ce sujet en parlant de la construction des THÉATRES.

(1) Dans les constructions précédentes, le spectateur est supposé placé derrière le tableau, et les objets en avant; il les voit par transparence et à travers la glace. Si le sujet offre des lignes parallèles horizontales, ce qui arrive presque toujours, l'horizontale menée par le point de convergence de leurs perspectives est la ligne d'horizon, perpendiculairement à laquelle est la ligne qui, de l'œil, va au point de vue. Il est bien facile de retrouver la place de l'œil. Pour voir le tableau du point où le spectateur doit être placé, il faut retrouver ce point. On le placera en avant du tableau, à la même distance et sur la même horizontale où il était supposé derrière la glace, perpendiculairement à ce plan.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cependant il ne faut pas trop éloigner le point de vue, parce que les détails cessent alors d'être sensibles ; mais, d'un autre côté, on ne peut voir nettement que les objets compris dans un angle de 60 degrés, à moins qu'on ne se déplace pour embrasser un nouvel angle. L'une de ces considérations porte à rapprocher l'œil du tableau, et l'autre à l'en éloigner pour laisser voir un plus grand espace. Ces deux conditions apportent des limites nécessaires aux distances des objets au tableau. Le choix du point de vue et du point de distance, par rapport aux objets à figurer, importe beaucoup sous le rapport de l'effet que produit la perspective.

Un des plus heureux résultats qu'on ait obtenus en ce genre, est le tableau de MM. Bouton et Daguerre, appelé *Diorama*, où les objets sont vus à distance et représentés avec un talent particulier. Tout ce qui peut produire illusion se réunit pour embellir la scène. Le spectateur, placé sur un sol lentement mobile, tourne successivement, sans s'en apercevoir, ses regards sur tous les points qui l'environnent, et se trouve tour à tour placé devant des tableaux différens, qui sont chacun renfermés dans un cadre. Il semble qu'il soit placé devant l'ouverture d'une croisée, d'où l'on a la vue des objets ; et l'art y est poussé à un point qu'on peut à peine concevoir lorsqu'on n'a pas été témoin de l'effet.

Mais ce n'est pas toujours sur un plan que l'on peint les perspectives. Les voûtes des églises, les plafonds de certaines salles de spectacle, sont des exemples de perspectives peintes sur des surfaces sphériques. Quoique ces images ne représentent le plus souvent que d'une manière bien imparfaite les objets qu'on a dessein de figurer, cependant on a obtenu quelques résultats heureux en ce genre.

De toutes les perspectives faites sur des surfaces courbes, celle qui est la plus ingénieuse est appelée *panorama*, par l'inventeur M. Prévost. L'enceinte est cylindrique ; le spectateur est placé vers l'axe, et sur les murs on tend une toile qui porte la représentation des objets qu'on veut faire voir. D'abord ce n'étaient que des objets éloignés, une grande réu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nion d'édifices, une ville, qu'on a offerts aux regards. Les panorama de Paris, de Rome, de Constantinople et plusieurs autres ont été successivement admirés du public; on y voyait ces vastes cités, comme le ferait un spectateur placé sur le sommet d'une montagne voisine, ou de l'un des édifices.

Mais depuis, M. Alaux a imaginé de représenter de la sorte l'enceinte même d'un monument; il a réussi, dans le *Néorama*, à mettre sous les yeux du spectateur la magnifique basilique de Saint-Pierre de Rome, de le faire assister à l'une des augustes cérémonies de la religion, de lui en faire apprécier tous les détails, et jusqu'aux costumes si pittoresques et si variés des habitans de la campagne, qui se mêlent avec ceux des militaires, des prélats, etc. L'illusion ne saurait aller plus loin, et cet étonnant chef-d'œuvre de perspective est encore admiré de tout Paris. Ici, il fallait représenter sur une toile cylindrique un monument rectangulaire; imiter toutes les figures, les statues, les colonnes; faire jouer l'air et la lumière autour de tous les groupes. L'enceinte n'a que 25 pieds de rayon et 54 d'élévation; et il semble qu'on soit entré dans le plus vaste monument de l'univers, qu'on y est élevé sur un échafaud placé au milieu, pour y participer aux mystères qui sont célébrés dans la basilique, et qu'on est témoin de la plus solennelle des fêtes. Le spectateur arrive au centre de l'enceinte par un escalier obscur, sur une estrade, et il peut tourner ses regards tout autour de lui, voir la porte d'entrée de la nef, les chapelles qui la bordent des deux côtés, les pendentifs qui soutiennent la voûte, l'entablement qui lui sert de base, l'autel où se fait la célébration papale; enfin, quiconque a admiré l'église de Saint-Pierre s'y croit transporté et respirer l'air de la patrie des Beaux-Arts.

Pour mettre ainsi un monument en perspective sur une surface cylindrique, il faut dire d'une glace cylindrique, ce que nous avons dit ci-devant d'une glace plane. Les rayons visuels qui se dirigent vers tous les objets environnans vont percer cette glace cylindrique interposée, en des points qui,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liés entre eux par des lignes, forment des images, qu'on revêt de couleurs pour produire l'effet demandé. Cette glace est remplacée par une toile couverte des mêmes empreintes, et pourvu que le spectateur occupe précisément le point où l'œil était originairement supposé quand on a fait la perspective, on est assuré que l'illusion sera complète. Vue de près et hors de son point de vue déterminé, la toile ne présente que des figures difformes. Certaines lignes qu'on doit voir droites sont courbes ; certaines images sont renversées et tombantes : mais, du point de vue, toutes ces figures se remettent en place, et le tableau devient la nature même.

Pour dessiner de ces perspectives cylindriques, il faut d'autres règles que celles qui conviennent aux dessins plans. Les auteurs de panorama sont dans l'usage de figurer les objets par le même procédé que nous avons précédemment exposé ; ils n'embrassent d'abord que 5 ou 6 degrés de l'horizon, parce qu'alors le cylindre peut être sensiblement regardé comme se confondant avec un plan dans cette petite étendue superficielle. Ils dessinent ainsi chaque partie de l'horizon ; et juxta-posant ensuite les verticales de séparation de ces perspectives partielles, la toile plane représente le tour entier, lorsqu'on l'enveloppe en forme de cylindre. Cette méthode présente des discordances ; des lignes droites paraissent brisées, des courbes continues sont disjointes, etc. ; mais on rectifie ces petites erreurs en raccordant par tâtonnement les parties défectueuses. Avec de l'habileté et un grand exercice de cette pratique, on produit des dessins dont l'effet est immanquable.

Mais la multitude des détails à copier rend ce travail immense : c'est ce qui a porté M. Puissant à composer un instrument qui a l'avantage de donner des résultats très précis, avec une grande promptitude. Comme il a bien voulu me communiquer le Mémoire que l'Institut a honoré de son approbation, nous croyons faire plaisir à nos lecteurs en leur donnant la description de cet ingénieux appareil, représenté en plan fig. 10, et en perspective fig. 11.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'instrument se compose d'un châssis NN′ tenant à une alidade ou règle CL ; d'une tablette HK′ assujettie à se mouvoir entre deux coulisses NN, N′N′, qui font corps avec ce châssis, sur lequel une feuille de papier est tendue ; de deux tiges verticales CO, LM, dont l'une porte l'oculaire O, l'autre une mire M, comme dans le coordonographe de M. Boucher; enfin, d'un crayon S, qui est adapté à l'alidade CL.

La vis sans fin V, qui engrène dans les dents de la roue EE′, est destinée à faire tourner l'alidade autour de l'axe OR′. Un pignon P, que porte l'alidade à son bout, engrène dans les dents de l'arc de cercle DD′ fixé à la table TT′, et dans la crémaillère H′K′, qui tient à la tablette mobile HK′. Par ce mécanisme, cette tablette se transporte de D′ vers D, lorsque le pignon s'avance de D vers D′, et réciproquement.

Il existe entre la mire M et le rayon S une solidarité établie par des cordons passés sur des poulies de renvoi : quand la mire monte de L vers M, le crayon, qui est dans le plan vertical COML, glisse le long de l'alidade CL, de C vers L, et précisément de la même quantité que la mire a parcourue.

L'observateur qui vise à une verticale AB, la voit occuper l'espace *ab* sur sa mire, et cette ligne est traduite par le crayon en *a′b′*, sur le plan de la tablette. CL représente le rayon de la base du cylindre sur lequel on veut faire la perspective, et le dessin se forme par une suite d'opérations semblables à celles qui déterminent la position de la ligne *a′b′* sur la tablette. Pour diminuer le frottement, on fait glisser la tablette sur de petits rouleaux *r*, *r′* attachés à la coulisse ; et les roulettes $f\,f'\,f''\,f'''$ que portent les quatre angles du châssis MN, soutiennent le poids de l'instrument et facilitent le mouvement circulaire.

Après avoir dessiné tout ce qui se trouve compris dans les plans verticaux, embrassant un angle de 60 degrés environ, on transporte l'appareil en le faisant pirouetter autour de la verticale OCR, et l'on dessine de même une seconde partie du panorama, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait accompli le tour entier de l'horizon.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On conçoit que le cadre de la tablette ayant son bord N'N' constamment tangent au cercle décrit par le point L de l'alidade LC, celle-ci est toujours dirigée selon les perpendiculaires à ce bord, qui deviennent les génératrices du cylindre; en sorte que les parties de la perspective dessinées sur la feuille de cette planchette sont précisément dans les relations nécessaires qu'elles doivent avoir, quand tous ces rayons sont dressés verticalement et qu'ils forment les génératrices du cylindre. Le dessin est, il est vrai, exécuté sur une petite échelle, attendu que la tablette a peu d'étendue, comparativement à celle de l'édifice qu'on destine à recevoir la toile du panorama; mais il est facile de copier ensuite plus en grand sur la toile les détails de la perspective, en conservant partout les directions, les courbures, les grandeurs et l'harmonie générales. Jusqu'ici, on n'a encore qu'une perspective linéaire sur un cylindre; mais le peintre achève ensuite le tableau, en répandant où il convient le ton de la lumière, les ombres et les couleurs. Cette dernière partie du travail est certainement encore d'une extrême difficulté, et il faut beaucoup de talent pour le terminer : mais tous les embarras qui ne sont que géométriques n'arrêtent plus le génie de l'artiste, et nous devons croire que l'instrument imaginé par M. Puissant doit être d'un immense secours pour accélérer l'exécution de l'entreprise. FR.

PESANTEUR (*Arts physiques*). On confond souvent les expressions de *gravité*, *poids* et *pesanteur* : cependant elles expriment des idées très différentes, et la rigueur du langage des sciences ne permet pas d'employer indifféremment l'un de ces termes pour l'autre.

La *gravité* est cette faculté dont jouit la matière de s'attirer suivant la raison directe des masses et inverse du carré des distances. Cette force s'exerce non-seulement sur les corps qui nous environnent, qu'elle précipite vers le centre de la terre, mais aussi sur les corps célestes auxquels l'attraction mutuelle imprime des mouvemens dans l'espace. Les effets de cette puissance sont principalement le sujet des recherches de l'astronome.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La *pesanteur* est une puissance résultant de la gravité et de la force centrifuge due à la rotation diurne de la terre. En vertu de la gravité, toute masse qui n'est pas retenue doit tomber dans la direction qui va au centre de la terre, point où tendent toutes les actions attractives des parties de notre globe. Mais comme ce sphéroïde tourne en 24 heures sur son axe, les points de sa surface sont animés de FORCES CENTRIFUGES (*V.* ce mot, t. IX, p. 301) qui tendent au contraire à éloigner les corps, non pas du centre de la terre, mais du centre de la circonférence que cette rotation leur fait décrire, centre qui est situé sur l'axe des pôles. Ces deux forces obliques l'une à l'autre se composent suivant le théorème du parallélogramme des forces, et leur résultante est ce qu'on nomme la *pesanteur*.

Cette résultante, en vertu de laquelle nous voyons les corps tomber dans le vide, n'est plus dirigée selon la ligne qui va au centre de la terre, si ce n'est pour les corps situés sous l'équateur : là, ces forces sont diamétralement contraires ; et puisque la force centrifuge y est le 289^e de la gravité, l'effet de la pesanteur y est plus faible de $\frac{1}{289}$ qu'au pôle, où la force centrifuge est nulle. Comme 289 est le carré de 17, et que cette dernière force croît comme le carré des vitesses, si la terre tournait 17 fois plus vite, les corps cesseraient de peser sous l'équateur, parce que la gravité y serait juste, égale et opposée à la force centrifuge. Pour une vitesse de rotation plus grande, les masses, au lieu de tomber vers la terre, en seraient au contraire écartées, comme nous voyons, par une autre cause, les vapeurs et la fumée s'élever dans l'air. En allant du pôle à l'équateur, la pesanteur décroît sans cesse. Nous avons donné à l'article PENDULE la loi de ces décroissemens, dont nous faisons ici concevoir la cause.

La direction de la pesanteur change aussi, et s'infléchit par rapport au rayon terrestre, à mesure que la latitude diminue, parce que la gravité s'exerce partout suivant ce rayon, tandis que la force centrifuge agit selon le prolongement de la perpendiculaire à l'axe des pôles. Cependant, partout la pesan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teur est perpendiculaire à la surface des eaux tranquilles, c'est-à-dire est normale à la surface de la terre, parce que celle-ci n'est pas une sphère, mais un sphéroïde ellipsoïdal aplati sous les pôles. Cette normale, qu'on appelle la *verticale*, et qui se dirige selon le fil-à-plomb, ne tend pas au centre de la terre. Si ce globe a été originairement fluide, comme tout porte à le croire, sa surface a pris d'abord la forme ellipsoïdale, qu'elle a conservée en se solidifiant, et dont les eaux dormantes forment encore la portion liquide.

La pesanteur est donc une force dirigée selon la verticale en chaque lieu, et un peu variable avec la latitude ; elle est la résultante de la gravité et de la force centrifuge terrestre.

Quant au *poids*, c'est l'effet produit par la *pesanteur*. Il ne faut pas confondre ces deux expressions, pas plus que l'effet avec la cause, pas plus que le chemin parcouru par un boulet de canon avec la déflagration qui l'a lancé. C'est une propriété mise hors de doute par les expériences du pendule, que la pesanteur s'exerce avec la même énergie sur tous les corps, et qu'elle n'a aucune affinité pour les substances ; mais les poids des corps sont très inégaux, parce que les molécules matérielles qui les composent n'étant pas en égal nombre, la somme totale de ces efforts est différente. La pesanteur agit bien avec la même puissance sur la plume et sur le plomb, mais, à volumes égaux, si le métal contient cent fois plus de matière, le poids ou l'effet total est cent fois plus fort. Dans le vide, ces deux substances tombent dans le même temps d'égales hauteurs ; mais le Choc produit par cette chute est très différent, parce que la vitesse est la même et la masse différente. (*V.* Choc.)

Les lois de la chute des corps dans le vide ont été exposées au mot Chute, et nous y renvoyons, pour ne pas faire des répétitions inutiles. Nous ferons seulement remarquer que s'il est vrai que, dans la première seconde, les corps tombent de 4,90 mètres ou 15,1 pieds, cela n'est exact que pour la latitude de Paris ; et en changeant de localité, cet espace change aussi. En général, la latitude du lieu étant désignée par l, la pesan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teur g en ce lieu, ou le double de l'espace parcouru dans la première seconde de la chute dans le vide, ou enfin la vitesse acquise par cette chute, est

$$g = G\,(1 - 0{,}002837 \cos 2\,l),$$

en faisant $G = 9^{m},805472$ = la pesanteur à 45° de latitude.

Nous avons dit que le poids varie avec les volumes et les substances; en général, il est *proportionnel à la masse*. C'est avec des BALANCES qu'on détermine les poids des corps, ou, ce qui revient au même, les rapports de leurs masses. Comme les substances sont criblées d'une multitude infinie de pores, sous le même volume, elles renferment des quantités de matière très différentes : la densité est le rapport de la masse, ou du poids, au volume. D'après la distinction que nous venons d'établir entre les expressions *pesanteur* et *poids*, on voit que c'est incorrectement qu'on donne le nom de *pesanteur spécifique* au rapport du poids au volume ; c'est *poids spécifique* qu'on doit appeler ce rapport. Nous en traiterons plus au long à l'article POIDS. FR.

PÈSE-LIQUEUR. *V.* ARÉOMÈTRE. FR.

PESON (*Arts mécaniques*). C'est un nom qu'on donne à tous les instrumens, autres que les balances, propres à faire connaître les poids des corps. Mais nous réserverons plus particulièrement cette dénomination à l'appareil où ce poids est donné par la flexion plus ou moins grande d'un ressort; on trouvera aux mots BALANCE et ROMAINE, les descriptions qui se rapportent aux autres machines de ce genre.

Le *peson à ressort* (*V.* fig. 5, pl. 19 des *Arts mécaniques*) est composé d'une lame d'acier AB courbé en V, dont les deux branches sont assez épaisses pour avoir très peu de flexibilité, mais dont la pointe où elles se joignent est susceptible d'élasticité. En affaiblissant la lame dans cette partie et lui donnant la trempe et le recuit convenables, on voit qu'à l'aide d'un effort suffisant on peut fermer plus ou moins l'angle, en rapprochant l'une des branches de l'autre.

La partie ouverte du V est fermée par deux lames transver-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sales A*i*, B*k*, courbées en arc. La première A*i* est fixée avec un écrou, par un bout, à la branche B, tandis que l'autre bout entre dans une fente A où elle peut couler librement; un anneau y est attaché pour tenir l'instrument lorsqu'on veut peser quelque chose. La seconde lame arquée B*k* est au contraire fixée à la branche A, et joue librement dans la fenêtre B pratiquée à la première; on adapte à ce bout de l'arc un crochet à anneau pour y suspendre le corps à peser. Chaque arc porte en dehors, au bout libre et saillant, un petit talon qui bute sur le bord de l'ouverture, et retient le V dans un état d'ouverture fixe qui répond au zéro des divisions marquées sur l'arc B*k*. On conçoit qu'en tenant l'anneau A, le poids attaché en B tire les lames pour les rapprocher du parallélisme, et détermine la flexion vers le sommet de l'angle, jusqu'à un degré qui dépend du poids mis en expérience. Par diverses épreuves successives, on gradue l'arc B*k*; en sorte qu'on peut lire ce poids sur le point de cet arc où la flexion est arrêtée. Ce qui a été dit au mot DYNAMOMÈTRE nous dispense de donner plus de développemens à cette description.

On varie beaucoup la forme et les dimensions du peson. L'arc B*k* est en fer, en cuivre, ou en bois; souvent les divisions de cet arc se réduisent à de simples traits dont chaque intervalle représente un kilogramme, ou toute autre unité de poids. L'instrument est propre à peser des corps dont le poids ne passe pas une certaine limite; le plus ordinairement cette limite est de 20 à 25 kilog. On a grand soin de ne pas la pousser beaucoup au-delà de la moitié du terme où l'élasticité de l'acier ne pourrait résister au poids; car dès que le poids est ôté, si la force de restitution du métal n'est plus capable de ramener les branches à leur état de tension primitive, l'élasticité est changée de nature, et les divisions de l'arc ne s'accordent plus avec les poids qu'on veut mesurer. Ordinairement l'arc extérieur A*i* porte un arrêt pour s'opposer à la flexion, quand on veut peser un corps trop lourd.

On se sert encore d'un peson armé d'un ressort à boudin. Dans un tube cylindrique ou prismatique, de la longueur de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1 à 2 décimètres (4 à 8 pouces), plus ou moins, selon les poids qu'on veut évaluer, est enfermé un fil d'acier contourné en hélice. L'un des bouts de ce ressort à boudin est arrêté au fond de cette sorte d'étui par un écrou. A l'autre bout est fixée une tige à pans ou plate, en fer ou en cuivre, qui est dirigée dans l'axe central de ce boudin, et va saillir au-dessous du fond de l'étui par une petite fenêtre. Cette tige porte un talon qui bute sur le bord extérieur du fond, ce qui la retient dans l'axe et force le ressort à rester tendu. Le bout de cette tige porte un crochet où l'on suspend la marchandise. Le haut du tube est fermé d'un couvercle où est un anneau pour suspendre l'instrument. Lorsqu'on veut peser un corps, on l'attache à la tige, à l'aide du crochet, et on maintient le peson verticalement en le tenant par son anneau de suspension. Le poids accroché à la tige, en fléchissant le ressort à boudin, détermine une portion plus ou moins longue de cette tige à saillir sous l'étui, et on lit le nombre de livres ou de kilogrammes du poids sur les divisions qui y sont tracées, parce qu'on les a déterminées par des essais préalables.

Le peson est un instrument précieux pour le commerce et les usages domestiques, parce qu'il est portatif, peu embarrassant et facile à employer. Lorsqu'on en a bien vérifié les divisions, il donne les pesées d'une manière très commode, surtout si l'on n'exige pas beaucoup de précision. Ceux qui conviennent aux poids de 5 à 6 livres et au-dessus sont moins sujets à erreur; car pour les poids faibles et même les fractions d'unité, il reste trop d'indécision pour saisir juste le terme où la flexion arrête le ressort. Il faut le vérifier de temps à autre, pour s'assurer si l'élasticité n'a pas été changée, soit par une flexion trop forte, soit par la rouille. L'usage légal du peson est prohibé par les lois, parce qu'il se prête trop aisément à la fraude, et que l'acheteur n'a pas une garantie suffisante que le vendeur se sert d'un ressort bien divisé; mais dans les relations particulières ou de confiance cet instrument rend de grands services. FR.

PETIT-GRIS. Fourrure que produit une variété de l'é-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

écureuil commun (*sciurus vulgaris*), qui habite les régions polaires. Cet animal prend en hiver un pelage gris d'ardoise piqueté de blanchâtre, chaque poil étant marqué d'anneaux alternativement gris de souris et blanchâtres. C'est dans cet état que, sous le nom de *petit-gris*, sa peau est répandue dans le commerce. Ceux du nord de l'Asie acquièrent une taille plus élevée, et prennent un pelage d'un gris plus argenté.

FR.

PETIT-LAIT. En traitant du *lait* et de ses principes constituans, nous avons déjà fait mention du *petit-lait* ou *sérum*; mais n'ayant considéré ce produit que d'une manière générale, il nous reste à donner quelques détails sur les soins qu'exige sa préparation lorsqu'on l'emploie comme médicament, parce qu'il est très usité sous ce rapport.

On sait que le lait se coagule spontanément après un certain temps d'extraction, et qu'il peut être ensuite séparé en deux parties distinctes, l'une solide, qui n'est autre que la matière caséeuse, et l'autre liquide, qui est le sérum ou petit-lait; mais ainsi obtenu par suite d'une réaction de principes, le petit-lait a subi quelque altération qui en interdit l'usage pour certains estomacs, et cela provient surtout d'une surabondance d'acide et de fromage qu'il retient en dissolution. C'est donc pour l'obtenir plus pur qu'on le prépare artificiellement, en déterminant la coagulation du lait au moyen d'agens étrangers employés en proportions convenables. C'est presque toujours ou à la présure ou au vinaigre ordinaire qu'on a recours pour cet objet. La présure est, comme l'on sait, le lait caillé qui se trouve dans l'estomac des jeunes veaux. Pour s'en approvisionner, on la sale et on la dessèche assez pour pouvoir la conserver. Cette substance est légèrement acide, et de plus elle réagit comme une espèce de ferment ou levain qui détermine la réaction des principes du lait, et par suite la coagulation du caséum. On peut consulter, à cet égard, ce que nous avons dit à l'article FROMAGE. Pour obtenir le petit-lait par ce moyen, il suffit de délayer la présure dans quelques cuillerées d'eau, et de l'ajouter ensuite dans le lait; on en met environ

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

18 à 20 grains par pinte ; on mélange bien le tout, et l'on fait chauffer très doucement. Au bout d'un certain temps, on voit le lait se coaguler, et lorsque le caillot est assez consistant pour pouvoir soutenir une paille qu'on y plante verticalement, on le divise en quatre, afin que la chaleur se distribue plus uniformément dans toute la masse; puis on pousse le feu jusqu'à faire jeter un bouillon, et quand le fromage a pris assez de cohésion, on jette le tout sur une étamine ou sur un tamis.

D'autre part, on délaie des blancs d'œufs dans un peu d'eau : deux suffisent pour 8 à 10 pintes de lait; on les bat assez long-temps pour les rendre bien mousseux; on y ajoute environ 12 grains de crème de tartre par pinte de lait. On mélange bien cette mousse avec le sérum, et on l'agite lui-même avec le fouet; on replace le tout, dans un vase très propre, sur un feu vif, et aussitôt que le bouillon perce, on projette un filet d'eau froide. On réitère à deux ou trois reprises, puis on enlève et l'on filtre au papier joseph.

La difficulté de se procurer de la présure en tous temps, et peut-être plus encore celle qu'on éprouve à obtenir par ce moyen un petit-lait bien limpide, a déterminé la plupart des praticiens à donner la préférence au vinaigre; et, en effet, la coagulation du fromage avec la présure n'est jamais assez complète, on est obligé d'y ajouter de la crème de tartre, tandis qu'avec l'acide acétique, elle s'opère bien et beaucoup plus promptement. Voici comment on procède.

On met immédiatement le lait sur un feu vif ; aussitôt que le lait monte, on jette un filet de vinaigre, et l'on remue tout le liquide. Bientôt le bouillon se manifeste, et tant qu'il conserve de l'opacité, on y instille du vinaigre par petits filets; on cesse dès que le liquide devient transparent, et on enlève aussitôt. On verse le tout sur un tamis placé au-dessus d'une terrine propre; puis on continue l'opération comme dans le cas précédent, avec cette différence qu'au lieu de crème de tartre, c'est un peu de carbonate de magnésie qu'on ajoute aux blancs d'œufs, afin d'absorber le léger excès d'acide qu'on pourrait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avoir mis. On obtient ainsi un petit-lait très limpide et parfaitement doux.

Plusieurs praticiens ajoutent aux blancs d'œufs quelques grains d'alun, afin de déterminer une clarification plus complète; mais cette méthode, qui d'ailleurs réussit parfaitement, doit être sévèrement proscrite, parce qu'elle a le grave inconvénient, quand on en met un excès, d'introduire dans le petit-lait une substance dont les propriétés sont diamétralement opposées avec celles de ce médicament; tandis que le carbonate de magnésie n'est absorbé qu'autant qu'il y a excès d'acide, et que l'acétate de magnésie est, comme tous les autres sels magnésiens, légèrement laxatif.

Le petit-lait se conserve d'autant plus long-temps, qu'il est mieux clarifié, parce qu'il est plus complètement dépouillé des substances qui peuvent l'altérer, et surtout du caséum. Cependant, ils est assez difficile dans l'été d'en conserver plus de quatre à cinq jours; au bout de ce temps, il s'aigrit, il se trouble et se couvre d'une espèce de fleurée. J'ai réussi à dépasser de beaucoup ce terme, en y maintenant un peu de carbonate de magnésie, qui a la propriété d'absorber l'acide à mesure qu'il se développe, et d'empêcher, par cela seul, les progrès de la décomposition. Il faut avoir la précaution d'agiter les bouteilles au moins une fois chaque jour, et de les tenir comme d'habitude dans un lieu frais. On filtre à mesure du besoin. R.

PÉTRIN, PÉTRISSOIR (*Arts mécaniques*). Le pétrin est un coffre monté sur quatre pieds et ordinairement fermé par un couvercle à charnières : on se sert de ce meuble pour pétrir la farine dont on veut faire le pain. La forme est celle d'un parallélépipède; la grandeur dépend de la quantité de pain qu'on veut faire. Les plus petits pétrissoirs ont environ 18 pouces sur 30, et une profondeur de 15 pouces, le tout plus ou moins; mais il y en a de capacité double, triple...; les pieds soutiennent le coffre à 8 ou 10 pouces d'élévation au-dessus du sol. Le pétrin est en chêne proprement poli à l'intérieur, et sans fentes ni gerçures. Lorsque le pain est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cuit et complètement refroidi, on se sert, dans les ménages, du même coffre comme d'une *huche*, ou armoire propre à serrer le pain.

Nous avons exposé, à l'article BOULANGER, les inconvéniens graves qu'on trouve à fabriquer le pain en pétrissant la pâte avec les membres, et nous ne reviendrons pas ici sur ce sujet, qui a conduit à inventer des moyens mécaniques moins repoussans pour le goût et plus économiques. Si la Mécanique peut présenter des avantages à l'industrie, c'est assurément dans la préparation du principal aliment de l'homme, et l'on doit avouer qu'il est surprenant qu'on consente encore à se nourrir d'une substance préparée avec des procédés si dégoûtans, que la seule pensée en soulève le cœur. Il faudrait que la Mécanique fût un art dans l'enfance, pour qu'elle ne pût trouver les moyens de fabriquer un aliment aussi nécessaire, par des moyens moins dispendieux, plus sains et plus propres. Les procédés imaginés par M. Lambert, dont nous avons parlé à l'article cité, et que la Société d'Encouragement a honorés de son suffrage, n'ont pas paru au public assez parfaits pour mériter de remplacer le pétrissoir ordinaire: cette invention a eu peu de succès. Depuis, des essais plus heureux ont été tentés.

A la boulangerie mécanique de Bercy, on emploie ces pétrissoirs mus par une machine à vapeur, qui font d'excellente pâte; et si l'expérience prouve que cette invention donne des résultats moins coûteux que ceux des boulangers, il paraît qu'elle entraînera ces derniers à se servir du même procédé pour faire leur travail. Voici la description d'une autre machine. Dans un pétrin en charpente très solidement construit et de forme demi-cylindrique, surmonté de parois verticales, est un arbre de couche en fer, lequel est armé de bras perpendiculaires qui portent au bout des racloirs. Ces racloirs sont à égale distance de l'arbre, et atteignent près du fond du pétrin, lorsqu'en tournant l'arbre, on leur fait décrire des cercles. La farine, imparfaitement mêlée à l'eau et au levain, est mise dans le pétrissoir. On fait ensuite tourner l'arbre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

couche à l'aide d'un engrenage et d'une manivelle, mue par un homme, ou par toute autre force. Les racloirs enlèvent la pâte, qui retombe incessamment dans la capacité du pétrissoir, et les parties se mêlent de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin on juge que le travail est accompli. Il ne reste plus qu'à diviser la pâte en portions qu'on pèse, et auxquelles on donne la forme voulue.

Les frères Gui viennent d'imaginer un pétrissoir mécanique qui fonctionne parfaitement, et dont les produits ont été reconnus, par expérience, comparables aux meilleurs qu'on puisse obtenir par d'autres moyens. Ces mécaniciens ont d'abord reconnu qu'on se faisait une idée fausse de la manière dont le pétrissage agit dans la fabrication du pain. On croyait qu'il importe, pour faire du pain léger et bien levé, d'enfermer beaucoup d'air dans la pâte, et par conséquent d'élever la substance et de la faire retomber dans la masse; procédé qu'en effet on suit dans la boulangerie à bras. MM. Gui se sont assurés que les *yeux* qui se forment dans la pâte résultent uniquement de la fermentation, et non pas de l'air qu'on y laisse; que le pétrissage n'a par conséquent pour objet que de bien mêler le levain, la farine et l'eau, en sorte qu'il n'y ait aucune partie de la pâte qui ne soit une réunion de ces trois élémens, qui se trouvent proportionnellement répartis dans toute la masse. La fermentation ne tarde pas à se faire et à dégager une multitude de bulles d'acide carbonique, qui lèvent la pâte et la criblent de ces trous qu'on appelle des *yeux*.

Le pétrissoir mécanique des frères Gui consiste en un coffre solide en charpente dont la forme est, comme celle de Bercy, demi-cylindrique, et la capacité de la grandeur qui convient à la quantité de pain qu'on veut faire. Un arbre de couche en fer, d'environ 8 pouces de diamètre, a ses tourillons portés par deux collets sur les extrémités latérales du coffre, de manière à se placer parallèlement à son axe; cet arbre est cylindrique et fixé à peu de distance du fond. Comme les collets sont portés aux deux bouts du coffre par des écrous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et des vis perpendiculaires à l'arbre, on peut rapprocher à volonté celui-ci du fond, lorsqu'on veut faire du pain plus léger, et mêler plus exactement les parties. Une planche ou cloison verticale est fixée au-dessus de l'arbre et règne suivant sa longueur, en portant immédiatement sur sa surface. On voit que l'arbre et la planche divisent ainsi la capacité du pétrin en deux chambres longitudinales, qui n'ont de communication entre elles que par le petit espace laissé vide sous l'arbre. Les auteurs ont remarqué que la pâte grippe sur les surfaces qui la pressent, et que par conséquent, en tournant l'arbre, la pâte devra être pressée sur le fond et entraînée d'un côté du pétrin, dans la chambre qui est de l'autre côté; la cloison verticale empêche cette pâte d'y rentrer par-dessus l'arbre.

On fait tourner, par la force d'un homme, l'arbre de couche, à l'aide d'une manivelle et d'un engrenage qui accroît la force motrice, en même temps qu'elle ralentit la rotation de l'arbre. La farine est d'abord répandue dans une des capacités du pétrin, et grossièrement mêlée aux quantités requises d'eau et de levain, selon le poids de la farine employée. (*V.* BOULANGER.) On opère le mélange à l'aide d'une espèce de griffe à manche de bois, car on ne mêle pas la masse avec les mains. On imprime alors un mouvement de rotation à l'arbre horizontal, en même temps qu'avec un racloir on empêche la pâte d'adhérer aux parois du pétrin. La pâte, entraînée par son adhérence avec la surface de l'arbre, passe entièrement dans l'autre capacité du pétrin; on la fait ensuite repasser dans la première, en tournant l'arbre en sens contraire, et ainsi de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet. Vingt-cinq minutes suffisent pour pétrir 600 livres de pâte. On divise ensuite la masse en pains, on pèse, etc.

Lorsque la quantité de farine est trop peu considérable pour la grandeur de la capacité du pétrin, on réduit l'espace en plaçant un diaphragme transversal formé de deux planches verticales; ces planches sont façonnées sur coupe du coffre et du cylindre, et arrondies par un bout, pour suivre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exactement la paroi et intercepter le passage à la matière. Ces planches sont appelées, je ne sais pourquoi, des *fontaines*. Un pétrissoir de 2 pieds et demi de largeur, 1 et demi de profondeur, et 6 pieds de longueur, fabrique 600 livres de pâte, ou un sac et demi de farine de 325 livres.

Cet appareil est très bien imaginé ; mais il est susceptible d'être perfectionné. Il faudrait éviter l'emploi de la griffe à levain, celui du racloir, et la nécessité de faire tourner l'arbre dans des sens successivement opposés ; cependant, on doit le croire d'un usage assez facile pour qu'il triomphe des préjugés et de la routine. Quoi qu'il en soit, il est certain que, sous peu de temps, on renoncera au procédé de pétrissage à bras, et que les mécaniques seront généralement adoptées dans les boulangeries ; le public, dégoûté du travail à bras, refusera de manger le pain fabriqué par les moyens jusqu'ici mis en usage. La machine de M. Gui est trop simple et trop commode pour ne pas être jugée digne d'être préférée.

FR.

PÉTROLE (*Arts chimiques*). Un des trois bitumes liquides qui se trouvent dans la nature, tantôt à une assez grande profondeur dans la terre, tantôt à sa superficie, souvent à la surface de certains lacs, ou découlant des pierres sous l'aspect d'une huile, dernière circonstance d'où il tire son nom, formé des deux mots *oleum* et *petræ, huile de pierre*. Sous le rapport de la pureté, le pétrole tient le milieu entre le naphte et le malthe. Il est moins pur, moins liquide, plus coloré que le premier, et plus pur, moins consistant et moins brun que le second. Il est aussi plus abondant dans la nature, moins transparent, plus pesant et plus épais que le naphte, quoique plus léger que l'eau, qu'il surnage. Sa pesanteur spécifique est de 0,800 à 0,850. Il fournit par la distillation un liquide blanc, tout-à-fait semblable au naphte ; et, d'un autre côté, le naphte sous l'influence de l'air et de la lumière, se colore, perd de sa fluidité, s'épaissit et se rapproche du pétrole par ces caractères ; d'où il est naturel de conclure que le pétrole n'est réellement que du naphte impur. On rencontre le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus souvent le pétrole dans le voisinage des mines de sel gemme et près des sources salées. Des terrains, soit sablonneux, soit calcaires, sont tellement imprégnés de cette substance, qu'il ne faut que les remuer pour qu'elle s'en échappe en abondance. Il suffit d'en approcher un corps en ignition pour qu'elle s'enflamme et continue à brûler plus ou moins long-temps. En creusant ces terrains et en y faisant des puits qui ont de 10 à 50 mètres de profondeur, le pétrole ne tarde pas à se rassembler au fond de ces puits, où l'on n'a qu'à le puiser. On emploie le pétrole comme combustible, au lieu d'huile, sur les bords de la mer Caspienne. Près de Bakou, les habitans s'en servent aussi pour cuire leurs alimens.

Le pétrole ayant été déjà traité à l'article BITUME, nous y renvoyons le lecteur, qui y trouvera l'indication des principales localités où il se rencontre, des moyens de l'extraire et des divers usages auxquels il peut être employé. L*****R.

PÉTUN-ZÉ (*Arts chimiques*). On a donné ce nom à un feldspath quartzeux d'une grande blancheur et solide, que les Chinois emploient avec le *kaolin* dans la composition de la porcelaine dure, et qui lui sert de fondant. Mais, d'après le rapport de quelques voyageurs qui ont parcouru la Chine, il paraîtrait que ce n'est point à la roche elle-même, et telle qu'elle existe dans la nature, que la dénomination de *pétun-zé* est appliquée, mais plutôt à des plaques ou carreaux que l'on prépare avec la roche réduite en poudre, lavée et desséchée, et que l'on livre dans cet état aux fabricans de porcelaine.

Il existe en Daourie, au bord du fleuve Amour, une colline de feldspath qui, au rapport de Patrin, a été anciennement exploitée par les Chinois, et de laquelle ce naturaliste a rapporté des échantillons. Il dit que cette matière est d'un blanc de neige, composée de petites lames, et parsemée de particules de mica blanc et brillant.

On trouve à Saint-Yrieix-la-Perche, près de Limoges, le kaolin et la roche feldspathique, dont on se sert pour fabriquer la porcelaine dure de Sèvres. Le pétun-zé est employé seul pour donner la couverte ou l'émail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'après l'analyse de M. Vauquelin, le feldspath, dit *pétun-zé*, est formé, sur 100 parties, de silice, 74; d'alumine, 14,5, et de chaux, 5,5; perte, 6.

Du mélange convenable du feldspath ou pétun-zé qui est facilement fusible, et du kaolin ou feldspath altéré qui résiste à la plus forte chaleur, dépend la beauté de la porcelaine. La proportion de ces substances doit être telle, que le mélange se ramollisse en cuisant, et donne une pâte fine, compacte, très dure et un peu translucide, mais qu'il ne puisse arriver même à un état voisin de l'état vitreux, dans lequel la porcelaine ne pourrait soutenir, sans se casser, l'alternative du froid et du chaud; ce qui arrive souvent aux porcelaines de mauvaise qualité. Il faut aussi pour que le feldspath pétun-zé soit propre à la composition de la porcelaine, qu'il soit exempt de toute matière capable de colorer la pâte qui, même après l'action du feu, doit conserver une blancheur parfaite. L*****R.

PEUPLIER (*Agriculture*). Arbre d'un port élevé, dont le bois est blanc, léger, tendre, qu'on débite en planches pour faire des coffres d'emballage, des armoires, et diverses parties de menuiserie et d'ébénisterie. Les jeunes pousses et les feuilles sont du goût de tous les bestiaux; le suc gommo-résineux qui suinte de ses bourgeons est appelé *baume* ou *onguent populeum*, et est réputé utile pour guérir les blessures et certaines affections. Le baume *focot*, qui découle du *tamahaca*, est surtout renommé au Canada, pour ses vertus curatives.

Les peupliers se multiplient de boutures, ou par éclat des racines qui sont traçantes; ils croissent rapidement dans les terres humides. On en distingue de plusieurs espèces, dont voici les principales:

Le *peuplier blanc*, ou *blanc de Hollande et de Bourgogne*, ou *ypréau* (*populus alba* et *canescens*), s'accommode des terrains les plus arides ou des plus fangeux; le bois, en séchant, se retire de 10 lignes sur chaque face d'un pied de largeur; le pied cube de bois sec pèse $38^{liv},4922$, ou $5^{hectog},407$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le décimètre cube. Il est un peu plus dense que les autres espèces de peupliers; son port est superbe; ses feuilles, blanches et cotonneuses en dessous, sont brun foncé en dessus. C'est presque toujours avec ce bois que se font les carcasses des plaqués d'acajou : on en fait aussi des planches, des portes, des panneaux, de la volige, des sabots et des poutres. Il fournit, avec le tremble, presque tout le *bois blanc* qui sert à chauffer les fours des boulangers de Paris. Les lanières de ce bois, enlevées à la varlope, se tissent au métier et font des ouvrages de SPARTERIE. Il y a des forêts entières où cet arbre domine.

Le *tremble* (*populus tremula*) est moins élevé, a le bois moins dense, et s'emploie aussi à faire des planches et des menus ouvrages; son feuillage est glauque et dans une agitation perpétuelle, à cause de l'aplatissement singulier des pétioles.

Le *peuplier noir* (*populus nigra*) a les feuilles triangulaires et glabres; son bois est jaunâtre, plus dur et plus nerveux que les bois précédens. On en fait des sabots, des voliges, des solives de chaumières, de jolis coffrets qui nous viennent de Pologne, etc. Ses jeunes pousses suppléent à l'osier; on l'appelle *osier blanc*. Son port est des plus élevés : il vit long temps, mais atteint toute sa taille à trente ou quarante ans.

Le *peuplier d'Italie* (*populus dilatata*). C'est un arbre dont les branches poussent presque verticales et rapprochées du tronc, ce qui lui donne une forme pyramidale élancée. On en fait des avenues, où les tiges sont rapprochées, et qui ont l'apparence de murailles en verdure; son bois est susceptible de poli, propre à la sculpture, au tour, etc. On en fait des lambris, des meubles communs, des solives légères, des pièces pour recevoir le placage; il est très propre à chauffer le four et à cuire la chaux et le plâtre, parce qu'il donne beaucoup de flamme, quoique avec peu de chaleur. Il est encore moins dense que les précédens, car c'est le plus léger des bois propres à l'emballage; le pied cube pèse $25^{liv},179$ et le décimètre cube $3^{hectog},5959$. Aucun arbre ne croît aussi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vite; il peut être déplanté, même quand il a déjà plus de 25 pieds de hauteur.

Le *peuplier de la Caroline* a les feuilles larges de 4 pouces et plus, d'un beau vert; il croît vite, et devient très élevé. Comme il ne vient pas facilement par boutures, on le greffe sur le peuplier d'Italie. La culture de cet arbre s'est beaucoup répandue, parce qu'il est d'un beau port et d'un bon produit, dans les terrains humides; mais il craint les fortes gelées, et ne se plaît pas beaucoup à la latitude de Paris.

Le peuplier suisse ou de Virginie, l'argenté, celui du Maryland et quelques autres sont aussi cultivés, et donnent un bois dont l'usage est à peu près le même que celui des précédens. FR.

PHANTASMAGORIE (*Arts physiques*). L'effet de lumière dont nous avons expliqué la théorie à l'article LANTERNE MAGIQUE a donné l'idée de présenter, dans l'obscurité, des figures ou fantômes qui semblent venir de loin et s'approcher de plus en plus; de là, des jeux d'optique dont on se plaît à effrayer les imaginations faibles. (*V.* l'article cité.) FR.

PHARE (*Arts physiques*). Édifice élevé près de la mer, d'où l'on fait, pendant la nuit, des signaux de feux pour avertir les navires du voisinage de la côte. (*V.* FANAL, où ces effets ont été expliqués.) FR.

PHARMACIE. Lieu où se trouvent réunis tous les médicamens officinaux. (*V.* OFFICINE.) R.

PHOSPHATES (*Arts chimiques*). Sels formés par la combinaison de l'acide phosphorique et des bases. D'après MM. Dulong et Berzélius, dans les phosphates neutres, la quantité d'oxigène de l'acide est à celle de la base comme 5 est à 2. Il existe des phosphates qui renferment une fois et demie ou deux fois autant de base que les phosphates neutres; on nomme les premiers *sesqui-sous-phosphates*, et les seconds *sous-phosphates*. On connaît aussi des phosphates qui contiennent deux fois ou une fois et demie seulement autant d'acide que les phosphates neutres; ils portent le nom de *sur* ou de *bi-phosphates*, et de *sesqui-sur-phosphates*. Les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

phosphates neutres, excepté celui d'ammoniaque, sont indécomposables par la chaleur ; quelques-uns sont plus ou moins fusibles. A l'exception de ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque, les phosphates sont insolubles dans l'eau. Les phosphates métalliques sont tous plus ou moins décomposables en phosphures, lorsqu'on les fait rougir avec du charbon, et les sur-phosphates donnent du phosphore qui provient de la portion d'acide en excès que ces derniers sels renferment.

On a trouvé dans la nature huit phosphates métalliques, savoir : les phosphates de fer, de manganèse ferrifère, de cuivre, de plomb, d'urane, de chaux, de magnésie et d'alumine.

Phosphate de fer. En prisme rectangulaire oblique ; poussière d'un bleu pâle.

	Phosphate laminaire de l'Ile-de-France, par Laugier.	Phosphate laminaire de Bodenmaïs, par Vogel.	Phosphate de fer terreux, par Klaproth.
Acide phosphorique.	19,25	26,4	32
Oxide de fer.....	41,25	41	47,5
Eau.....	31,25	31	20.

Phosphate de manganèse ferrifère. Prisme à quatre pans, droit, rectangulaire ; couleur d'un brun rougeâtre ; de Limoges.

	M. Vauquelin.	M. Berzélius.
Acide phosphorique.....	27	34
Deutoxide de manganèse. .	42	34
Deutoxide de fer.....	31	32.

Phosphate de cuivre. Octaèdre rectangulaire ; couleur verte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à l'intérieur, noirâtre à la surface. Phosphate de cuivre du duché de Berg; par Klaproth.

Oxîde de cuivre.....	68,13
Acide phosphorique.....	30,95.

Phosphate de plomb. Rhomboïde obtus; couleur verte ou jaune.

	Phosphate de plomb vert du Brisgaw, par Klaproth.	Phosphate de plomb jaune de Joanngeorgenstadt, par Laugier.	Le même phosphate, par Rose.
Oxide de plomb.	77,10	76,8	77,5
Acide phosphorique...	19	9	7,5
Acide arsenique.....	»	4	12,5
Eau.	»	7	» »
Acide hydrochlorique..	1,54	»	1,5.

Phosphate d'urane. Uranite, jaune ou verte; mica vert; cristaux dérivant d'un prisme à bases carrées.

Analyse de l'uranite jaune d'Autun, par Laugier.

Oxide d'urane.....	55
Acide phosphorique.....	14,5
Eau.....	21
Chaux.	4,6
Oxide de fer et silice.....	3.

Phosphate de chaux. Opalite de Verner; en prismes hexaèdres réguliers, souvent tronqués.

Analyse par Klaproth.

Chaux.	54,28
Acide phosphorique.....	45,72.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a, plus récemment, rencontré la magnésie et l'alumine combinées séparément à l'acide phosphorique. L'un de ces sels natifs, nommé *wagnérite*, est formé de 63 parties d'acide phosphorique et de 37 de magnésie, et l'autre, appelé *wavellite*, est composé de 41 d'acide phosphorique, de 39 d'alumine et de 20 parties d'eau.

Nous nous bornerons à cet exposé sur les phosphates natifs, qui ne sont d'aucun usage dans les Arts; mais nous insisterons sur les phosphates alcalins usités en Médecine ou en Chimie, et particulièrement sur le phosphate de chaux.

Phosphate de chaux. On distingue plusieurs phosphates de cette base, qui diffèrent les uns des autres par leur composition et par leurs propriétés : 1°. le phosphate de chaux neutre, qu'on peut se procurer en mettant une solution de phosphate de soude cristallisé dans une solution d'hydrochlorate de chaux neutre. Le précipité que l'on obtient a l'aspect cristallin, on en sépare de l'eau par la calcination. Ce sel, privé d'eau, est composé de 100 parties d'acide et de 84,77 de chaux. 2°. Le *sous-phosphate de chaux*, renfermant une quantité de chaux d'un tiers plus considérable que le phosphate neutre, et que l'on peut préparer, d'après M. Berzélius, par le mélange des mêmes sels que ci-dessus, mais opéré d'une manière inverse, c'est-à-dire en versant de l'hydrochlorate de chaux dans un excès de phosphate de soude, et en le faisant digérer avec ce dernier, pour empêcher qu'il ne se développe de l'acidité dans le liquide. Ce sel, séparé, desséché et pesé, est composé de 100 parties d'acide et de 106 de chaux; on y retrouve les mêmes proportions, lorsqu'il a été dissous dans l'acide hydrochlorique et précipité par l'ammoniaque. Il est très remarquable que ce sel artificiel ait exactement la même composition que celui qui existe dans les os des animaux. Ces deux sous-phosphates ont les mêmes propriétés; ils sont blancs, pulvérulens, insipides et inodores quand ils sont secs; chauffés fortement, ils se réduisent en une sorte d'émail blanc; ils ont l'aspect gélatineux au moment où ils sont précipités de leur dissolution dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les acides, et ils le conservent tant qu'ils retiennent une suffisante quantité d'eau ; ils sont insolubles dans l'eau, mais très solubles dans les acides nitrique et hydrochlorique, ainsi que dans leur acide, avec lequel, dans ce cas, ils constituent un troisième phosphate avec excès d'acide, ou sur-phosphate, que l'on prépare également en décomposant les os calcinés par un excès d'acide sulfurique concentré. Ce sel, obtenu et examiné soigneusement par MM. Fourcroy et Vauquelin, se présente, après une évaporation ménagée, sous la forme de paillettes soyeuses et nacrées : des trois phosphates de chaux, c'est sans doute le plus utile, et nous allons en examiner les propriétés. Comme il renferme une quantité d'acide double de celle qui est contenue dans le phosphate neutre, on lui a aussi donné le nom de *bi-phosphate de chaux*. Quand on n'a pour but que de séparer des os le sous-phosphate de chaux qu'ils contiennent, on les calcine après les avoir placés sur des grilles de fer, au-dessous desquelles on allume un feu clair dont la flamme les recouvre de toutes parts : on ne les retire que quand ils sont blancs jusqu'à l'intérieur, ce qui annonce que la matière animale est complètement brûlée. On pulvérise aisément le résidu, et on le traite par l'acide hydrochlorique, qui en dissout la totalité. Après avoir filtré la dissolution, on la sursature avec de l'ammoniaque, qui précipite le phosphate de chaux, tandis que la chaux provenant du carbonate de cette base reste dissoute. On obtient par la filtration le phosphate de chaux sous forme gélatineuse; on le lave avec soin et on le fait sécher ; il est alors sous forme de poudre blanche, insipide, insoluble dans l'eau, fusible en fritte semblable à la porcelaine ; mais si l'on veut convertir le phosphate des os en phosphate acide de chaux, avec lequel on prépare les phosphates alcalins, tels que ceux de soude et d'ammoniaque, on procède différemment. Après avoir calciné les os à blanc, on les réduit en poudre; on délaie celle-ci avec une quantité d'eau suffisante pour en former une pâte épaisse;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on verse dessus un peu moins que partie égale de son poids d'acide sulfurique concentré; on ajoute cet acide par portions, et avec la précaution d'attendre pour verser la seconde que l'effervescence occasionée par la première ait totalement cessé. Le mélange opéré, on l'agite souvent pour renouveler les surfaces et faciliter leur action. Au bout de trente-six heures, pendant lesquelles l'acide sulfurique, en s'emparant d'une partie de la chaux, amène le sous-phosphate de cette base à l'état de bi ou de sur-phosphate, on délaie le mélange avec une grande quantité d'eau qui dissout le phosphate acide de chaux et une petite quantité de sulfate de chaux. On jette le liquide sur un torchon fixé sur un carré et recouvert d'une feuille de papier gris; la liqueur acide s'écoule, et le sulfate de chaux reste sur le filtre. On verse de nouvelles quantités d'eau sur le résidu insoluble, et jusqu'à ce que celle-ci n'ait plus de saveur acide. La première liqueur et les eaux de lavage réunies sont évaporées dans les chaudières de plomb; à mesure qu'elles se concentrent, on voit nager dans la liqueur et se déposer une matière blanche en petits cristaux aiguillés, blancs et soyeux; c'est le sulfate de chaux que l'eau avait entraîné. On laisse refroidir la liqueur, et l'on en sépare le dépôt, puis on continue l'évaporation et la décantation du liquide jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de dépôt. A cette époque, on concentre la liqueur acide en consistance mielleuse. Cette matière, qui se prend en masse par le refroidissement, est du phosphate acide ou du bi-phosphate de chaux. C'est ce sel dont on fait usage, après l'avoir mêlé à du charbon et desséché au rouge, pour la préparation du PHOSPHORE. (*V.* ce mot.) Ce bi-phosphate est également employé avec avantage pour préparer tous les phosphates alcalins; il est formé de petites lames blanches et nacrées; sa consistance est celle d'un miel épais; exposé à l'air, il en attire l'humidité. Sa saveur est fortement acide sans causticité; il rougit la teinture de tournesol; soumis à l'action de la chaleur dans un creuset de platine, il se boursoufle en perdant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'eau; il se fond en un liquide incolore, épais, visqueux, qui, par le refroidissement, se fige en une matière vitreuse, semblable au verre, d'une transparence parfaite, mais présentant à l'intérieur une foule de bulles dues à l'interposition de l'air. Il faut bien se garder d'opérer la fusion du bi-phosphate de chaux dans un creuset de porcelaine ou de terre, que ce sel décomposerait en s'emparant de la silice et de l'alumine qui le composent, au moyen de l'excès d'acide qu'il contient. Le bi-phosphate est très soluble dans l'eau. Lorsqu'on veut préparer un sel alcalin, on verse dans la dissolution aqueuse du bi-phosphate de chaux, l'alcali liquide ou à l'état de carbonate qu'on veut y combiner. Au moment même du contact, l'alcali ou son carbonate s'empare de l'acide en excès, l'acide carbonique se dégage, et le phosphate de chaux, privé de la proportion d'acide phosphorique qui le rendait soluble dans l'eau, reprend son insolubilité naturelle et se précipite. Le phosphate alcalin reste en dissolution.

Phosphate de soude. Depuis une vingtaine d'années, beaucoup de praticiens ont substitué ce sel au sulfate de soude ou *sel de Glaubert*. Sa saveur légèrement salée n'a rien de désagréable; son action purgative, moins énergique que celle du sulfate de soude, mais suffisante, n'a point l'inconvénient de porter sur les intestins une irritation souvent dangereuse. A la dose de 2 onces, il purge bien et sans douleur. On le prépare en ajoutant dans une dissolution de bi-phosphate de chaux, un excès de carbonate de soude solide ou dissous dans l'eau; à chaque addition de ce dernier sel, il se fait une effervescence due au dégagement de l'acide carbonique. Le phosphate de chaux résultant de la décomposition du bi-phosphate se précipite, et le phosphate de soude formé reste en dissolution; on filtre le mélange, et l'on soumet le liquide à une évaporation ménagée pour opérer la cristallisation du phosphate de soude. Ce sel cristallise en rhomboïdes; on obtient ces cristaux d'autant plus facilement, que la solution saline contient un excès de base; aussi ce sel a-t-il la réaction alcaline, et verdit-il le sirop de violettes, à l'instar des alcalis. Il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est formé de deux atomes de soude et d'un atome d'acide phosphorique. Aucun sel à base de soude ne s'effleurit plus promptement au contact de l'air que le phosphate de soude; il perd en peu de temps sa transparence; il devient blanc et opaque; il renferme plus des six dixièmes de son poids d'eau; chauffé doucement, il se liquéfie à la faveur de son eau de cristallisation; il éprouve donc la fusion aqueuse; si on lui applique une chaleur plus forte, il se fond en une matière vitreuse qui se fige et prend en se refroidissant une couleur blanche, laiteuse, et une forme polyédrique. Pelletier père, à cause de la propriété que possède ce sel de se fondre, de faciliter la fusion des métaux et de se colorer diversement en se combinant avec ces corps, a proposé de le substituer au borax, soit pour les soudures d'argent, soit pour reconnaître la nature d'un certain nombre de métaux. Le phosphate de soude est très soluble dans l'eau; il existe naturellement dans l'urine.

Phosphate d'ammoniaque. Ce sel se trouve aussi dans les urines de l'homme et des animaux carnivores; son mélange avec le phosphate de soude porte le nom de *sel fusible de l'urine*. On le forme de toutes pièces en ajoutant de l'ammoniaque ou du carbonate de cette base dans une dissolution de bi-phosphate de chaux. On observe les mêmes phénomènes que dans la préparation du phosphate de soude; on sépare, par la filtration, le phosphate de chaux déposé, et l'on évapore à une douce chaleur la liqueur qui contient le phosphate d'ammoniaque. Ce sel cristallise en prismes tétraèdres réguliers, terminés par des pyramides à quatre faces; ces cristaux ne sont point altérés, comme ceux de phosphate de soude, par le contact de l'air; leur saveur est légèrement salée; ils sont très solubles dans l'eau; ils se fondent aisément lorsqu'on les chauffe, et sont bientôt décomposés par une chaleur plus intense. Cette propriété offre un moyen prompt et facile d'obtenir l'acide phosphorique pur hydraté, surtout lorsqu'on a soin d'ajouter un peu d'acide nitrique qui facilite la séparation des dernières portions d'ammoniaque, et de porter en-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suite le mélange à la chaleur rouge. Il est indispensable de faire usage pour cette préparation d'une capsule ou d'un creuset de platine, que l'acide phosphorique n'attaque point. Le phosphate d'ammoniaque a, comme celui de soude, la réaction alcaline; il verdit le sirop de violettes; il est formé de deux atomes d'ammoniaque et d'un atome d'acide. Dans les essais au chalumeau, on fait journellement usage, pour le traitement des corps, du mélange artificiel des phosphates de soude et d'ammoniaque. On prépare ce sel double en dissolvant 16 parties de sel ammoniac dans une petite quantité d'eau bouillante, à laquelle on ajoute 100 parties de phosphate de soude cristallisé; on fait chauffer le mélange, on le filtre bouillant, et par le refroidissement du liquide le phosphate double se cristallise. Ses cristaux placés sur un charbon et soumis à l'action du chalumeau, bouillonnent, se boursouflent et dégagent de l'ammoniaque; le résidu est du phosphate acide de soude qui, par le refroidissement, se convertit en un verre transparent et incolore. C'est au moyen de son excès d'acide que ce dernier sel agit sur les substances, qu'il se combine aux bases, spécialement aux oxides métalliques, dont il développe les couleurs caractéristiques mieux encore que le borax.

On prépare avec l'hydrate d'alumine et le phosphate de cobalt obtenu par le mélange des dissolutions de phosphate de soude et de nitrate de cobalt, une composition qui porte dans le commerce le nom de BLEU DE COBALT ou de BLEU-THÉNARD. (*V.* ces mots.) L*****R.

PHOSPHITES (*Arts chimiques*). Sels formés par la combinaison des bases avec l'acide *phosphoreux*, découvert par H. Davy en décomposant le proto-chlorure de phosphore par l'eau. Il ne faut pas le confondre avec la combinaison des acides phosphorique et phosphoreux résultant de la combustion lente du phosphore au contact de l'air, combinaison que M. Dulong a nommée *acide phosphatique*, et qui, par son contact avec les bases, donne lieu à des phosphates et à des phosphites. L*****R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PHOSPHITES (Hypo-). Sels résultant de la combinaison des bases avec l'acide *hypophosphoreux*, découvert par M. Dulong en décomposant par l'eau le phosphure de baryte. Les phosphites et les hypophosphites n'étant d'aucun usage dans les Arts, nous n'entrerons dans aucun détail sur ces sels, dont les propriétés ne sont encore que très peu connues.

L*****R.

PHOSPHORE. Corps combustible, rangé par les chimistes au nombre des substances simples, bien que le célèbre Davy y ait admis la présence d'une certaine proportion d'oxigène. Mais MM. Thénard et Gay-Lussac, en répétant les expériences sur lesquelles ce physicien s'était appuyé, ont démontré qu'il avait fait erreur. Plusieurs chimistes regardent encore comme très probable que le phosphore le plus pur qu'on puisse obtenir retient un peu d'hydrogène; mais ils pensent aussi que ce corps doit y être considéré comme accidentel. Ce qu'il y a de certain, c'est qu'en soumettant dans le vide, comme l'a fait Davy, le phosphore fondu à l'action d'un courant galvanique, il y a dégagement d'hydrogène phosphoré.

Le phosphore jouit de propriétés si particulières et si remarquables, que sa découverte n'a pu manquer d'exciter un bien vif intérêt et de faire époque dans la science; car cette découverte remonte jusqu'en 1669, et alors la Chimie était encore dans l'enfance. La plupart de ses adeptes ne la cultivaient que pour poursuivre avec plus d'ardeur leur monomanie chimérique de la transmutation des métaux, et peu d'entre eux cherchaient véritablement à reculer les limites des connaissances humaines. Ce n'était, pour ainsi dire, que malgré eux qu'ils arrivaient parfois à des découvertes qui, tout en étant fortuites, n'en devenaient pas moins précieuses pour la science. Telle fut celle du phosphore, que nous devons uniquement à la recherche de la pierre philosophale. Elle est généralement attribuée à l'alchimiste Brandt, de Hambourg qui, dans l'espérance de réussir au grand œuvre, essaya, après mille tentatives infructueuses, d'ajouter de l'extrait d'urine à ce qu'on nommait alors un métal imparfait, et de soumettre le tout à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distillation. Mais quelle fut sa surprise, lorsqu'au lieu d'obtenir de l'or, objet de tous ses vœux, il recucillit dans son récipient une substance demi-transparente, d'un blanc jaunâtre, fusible à une très basse température, et s'enflammant avec la plus grande rapidité au contact de l'air chaud. Ne sachant que penser de ce singulier produit, il en envoya un échantillon au chimiste Kunckel, qui le montra confidentiellement à Kraft de Dresde. Celui-ci fut tellement émerveillé de cette étonnante découverte, qu'il se rendit immédiatement auprès de Brandt pour lui acheter son secret. Il l'obtint en effet moyennant 200 dollars, mais à la condition expresse qu'il ne le communiquerait à qui que ce soit. Kunckel, piqué de se trouver ainsi exclu d'une communication qui s'était faite par son entremise, résolut de s'en venger d'une manière digne de lui. Il se mit au travail, et, après plusieurs années de recherches non interrompues, il réussit enfin en 1674 à obtenir le phosphore. Certes, cette deuxième découverte, fruit de la persévérance et de la sagacité de Kunckel, fut plus méritoire que celle de l'aveugle alchimiste. Un fait bien propre à démontrer la différence de cette époque avec la nôtre, c'est que plus de soixante années s'écoulèrent avant qu'on connût en France le moyen de se procurer le phosphore; car ce ne fut qu'en 1737 qu'un étranger en fit à Paris devant quatre commissaires de l'Académie, et que le procédé fut publié dans les Mémoires de cette illustre assemblée. Ce premier procédé consistait à faire évaporer à siccité de l'urine putréfiée, puis à distiller le résidu dans une cornue de grès, à laquelle était adaptée une allonge courbe plongeant dans l'eau.

Tant qu'on a extrait le phosphore de l'urine, ce corps a été peu connu et peu étudié, parce qu'on n'en obtient ainsi que de petites quantités. Mais lorsque Gahn et Scheele eurent découvert qu'il existait aussi dans les os des animaux, et qu'ils eurent fait connaître par quel procédé on pouvait l'en isoler, alors cette préparation, devenue plus facile et moins dispendieuse, mit chacun à même de se procurer et d'examiner ce nouveau combustible qui, jusque là, n'avait figuré que dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelques cabinets de curieux. Je n'indiquerai pas ici les nombreuses propriétés du phosphore; je citerai seulement les plus saillantes; mais je traiterai, avec tout le détail nécessaire, du procédé d'extraction, parce que ce corps est maintenant d'une consommation assez considérable pour être devenu l'objet d'une fabrication en grand.

Le phosphore, dans son état de pureté, est incolore, transparent; sa consistance, à la température habituelle de notre atmosphère, est à peu près celle de la cire vierge; ainsi il est flexible et l'on peut le contourner, sans le briser, en différens sens. Exposé au contact de l'air libre, il répand une sorte de vapeur d'autant plus abondante que la température est plus élevée; cette vapeur est lumineuse dans l'obscurité, et de là le nom de *phosphore* ou *porte-lumière*. Ce phénomène est dû à une combustion lente, et l'on est obligé pour la prévenir de maintenir le phosphore dans l'eau. Sans cette précaution, on ne pourrait le conserver, même à une basse température, surtout s'il était en masse un peu considérable, parce qu'il ne tarde point alors à s'échauffer et à s'enflammer. Comme cette combustion, soit lente, soit rapide, n'a lieu qu'aux dépens de l'oxigène atmosphérique, on en a tiré un parti fort avantageux pour l'analyse de l'air. (*V.* EUDIOMÉTRIE.)

Le phosphore exposé à une température de 43° se liquéfie, et quelque précaution qu'on prenne pour le refroidissement, on n'aperçoit aucune tendance à la cristallisation. Cependant, lorsque le phosphore est dissous dans certains véhicules, il s'en dépose souvent sous forme cristalline. M. Thénard dit que le phosphore soumis à une chaleur de 60 à 70° et refroidi subitement, devient noir; qu'en le laissant au contraire refroidir lentement, il reste transparent et sans couleur, et qu'un refroidissement modéré lui donne quelquefois l'aspect corné. Ce célèbre académicien avait d'abord cru que cette propriété était inhérente à toute espèce de phosphore, mais il a reconnu ensuite qu'il n'en était point ainsi, et que cela n'avait lieu que pour du phosphore qui avait distillé un certain nombre de fois; ce qui donnerait lieu de croire qu'il faut que le phos-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

phore soit très pur pour présenter ce phénomène. Cependant, M. Thénard présume qu'il pourrait bien résulter de la présence d'un peu d'hydrogène. Je ne partage pas cette opinion, parce que, dans le grand nombre de fois que j'ai fabriqué et purifié du phosphore, je n'en ai obtenu qu'une venue qui m'ait présenté cette singularité; et ce phosphore n'avait été soumis qu'à la purification ordinaire, c'est-à-dire qu'on l'avait tout simplement passé à la peau de chamois : il ne serait donc pas nécessaire qu'il soit distillé pour noircir par refroidissement subit. Il me paraît que cette anomalie ne peut résulter que de quelque substance étrangère qui ne se rencontre que bien rarement dans le phosphore, et je croirais volontiers que les vases métalliques dont on se sert pour cette opération y contribuent; ainsi, à mon avis, elle serait due à la présence d'un peu de phosphure de cuivre ou d'étain; et ce qu'il y a de bien certain, c'est que le phosphore ordinaire ne présente point ces différences de coloration, quel que soit le mode de refroidissement auquel on ait recours, lorsqu'il a été primitivement tout-à-fait incolore et transparent. Celui qui est susceptible de noircir conserve toujours un aspect terne, quelque lenteur qu'on mette à son refroidissement, et au bout d'un certain temps il devient corné.

Lorsqu'on élève la température du phosphore à environ 200 degrés, il entre en ébullition et se distille; mais cette opération ne laisse pas d'être dangereuse, en raison de la grande combustibilité du phosphore, et de la difficulté qu'on éprouve à chasser complètement l'air atmosphérique des appareils, pour le remplacer par un gaz non comburant, tel que l'azote ou l'acide carbonique. Il convient donc de ne tenter cette expérience, qui n'est que curieuse, que sur de petites quantités à la fois.

Une des propriétés les plus remarquables du phosphore, c'est celle qu'il a de se colorer en rouge presque instantanément, par la seule influence des rayons solaires, ainsi que l'a bien constaté M. Vogel.

Le phosphore, comme tous les corps combustibles, se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

combine avec l'oxigène en différentes proportions, pour former ou des oxides ou des acides. Cependant il résulte d'observations dues à M. Bellani, que cette combinaison, malgré la grande combustibilité de ce corps, ne peut s'effectuer que sous certaines conditions. Ainsi, par exemple, l'action est nulle ou presque nulle lorsqu'on met en contact direct le phosphore avec de l'oxigène, à la pression ordinaire de l'atmosphère (76 centimètres), si la température ne dépasse pas 27°; mais si, par un moyen quelconque, on réduit la pression jusqu'à 10 centimètres ou moins, alors la combustion lente a lieu avec les phénomènes ordinaires de vapeurs et de lumière. La même chose arrive si, au lieu de diminuer la pression, on ajoute à l'oxigène un certain volume d'azote, d'hydrogène ou d'acide carbonique. M. Bellani prétend qu'il n'est pas exact de dire que les molécules d'un gaz n'exercent entre elles aucune affinité réciproque, et que c'est cette affinité qui, à la température et sous la pression indiquées, empêche l'oxigène de se combiner au phosphore, et qu'il faut, pour que ces deux corps puissent s'unir, que cette sorte de cohésion soit diminuée en éloignant les molécules les unes des autres, soit par une diminution de pression, soit par l'interposition des molécules d'un autre gaz, soit enfin par un accroissement de température.

Si le phosphore ne se combine point à l'oxigène sous la pression et à la température ordinaires, il en est tout autrement lorsqu'on le chauffe assez pour le fondre; car alors la réaction est si vive, qu'il y a un dégagement de lumière d'une telle intensité, que l'œil n'en peut soutenir l'éclat.

J'ai dit qu'il résultait de la combinaison de ces deux corps, soit des oxides, soit des acides; j'ajouterai qu'on n'en compte pas moins de six en tout, savoir: deux oxides et quatre acides; mais comme en général ils n'ont été l'objet d'aucune application dans les Arts, nous ne devons que les indiquer. L'acide phosphorique est le seul qui soit de quelque utilité, et déjà on en a parlé à l'article des Acides.

Le phosphore se combine à la plupart des autres corps

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simples, et constitue ce qu'on nomme *phosphures*, combinaisons qui feront l'objet d'un article particulier.

Préparation du phosphore. On prend 50 kilogrammes d'os calcinés à blanc, pulvérisés et passés au tamis fin (1); on met cette poudre dans un baquet, on en fait une bouillie claire, en la délayant avec environ 2 parties d'eau, puis on y ajoute par portions 35 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°. Deux personnes sont nécessaires pour cette manipulation, parce qu'elle est d'autant mieux faite qu'elle marche plus rapidement. Ainsi, tandis qu'un ouvrier verse l'acide presque sans interruption, mais à petit filet, un autre brasse vigoureusement le mélange, à l'aide d'un long bâton. En opérant ainsi, la chaleur qui se dégage est plus intense, parce qu'elle résulte non-seulement du mélange de l'acide avec l'eau, mais aussi de la réaction de l'acide et du phosphate; réaction qui sera elle-même d'autant plus énergique que la chaleur dégagée sera plus grande, et c'est précisément un des motifs qui nécessitent de faire ce mélange très promptement. La cohésion qui résulte de la nouvelle combinaison qui se produit oblige aussi à accélérer cette décomposition. Le sulfate de chaux a, comme on sait, une grande affinité pour l'eau; il se solidifie avec elle, et forme des masses très dures, qu'il faut s'empresser de détruire : il est même souvent nécessaire d'ajouter un peu d'eau pour diviser ces masses, qui plus tard refuseraient de se délayer.

Il est convenable de faire ce mélange dans un lieu très aéré, parce que le carbonate de chaux qui existe dans les os en assez forte proportion, produit un grand dégagement d'acide carbonique, et que ce gaz entraîne probablement quelque autre corps; car la vapeur qui s'élève est très piquante et fort incommode, lorsqu'on agit sur une certaine quantité et dans un endroit clos. On ne peut guère opérer que sur 100 livres à la fois, pour que le mélange soit bien fait; et lorsqu'on

(1) On donne la préférence aux os durs, comme étant plus riches en phosphate calcaire que les os spongieux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en a besoin d'une plus grande quantité, il est préférable de faire successivement plusieurs mélanges de 100 livres chaque. On laisse ordinairement l'acide réagir pendant vingt-quatre heures environ, puis on délaie dans une certaine quantité d'eau; et il est bon, quand on le peut, de chauffer le mélange ainsi délayé dans une chaudière en plomb (1), parce que cela complète pour ainsi dire la décomposition du phosphate calcaire; car le plus ordinairement ce sel a subi, par la calcination, une sorte de vitrification qui le fait résister long-temps à l'action de l'acide sulfurique. Toutefois, quand on a recours à ce moyen, il faut avoir bien soin de chauffer avec beaucoup de précaution, et de faire brasser continuellement avec une espèce de râteau plein ou râble en bois, parce que les portions de ce magma qui touchent au fond de la chaudière s'y dessécheraient, et que la chaleur ne pouvant plus être modérée par le liquide, le plomb fondrait. Quand on voit que le précipité insoluble n'est plus grenu, mais au contraire floconneux et bien homogène, alors on retire tout le feu, puis on ajoute encore une nouvelle quantité d'eau, et l'on transvase le tout dans des tonneaux longs et étroits. On se sert ordinairement, pour cet objet, de petits barils à huile, après les avoir toutefois parfaitement nettoyés. On laisse en repos jusqu'au lendemain.

Il ne résulte pas, comme on sait, de la réaction de l'acide sulfurique sur le phosphate calcaire, du sulfate de chaux et de l'acide phosphorique, mais bien du sulfate et du phosphate acide de chaux: celui-ci étant soluble, reste dans la liqueur, tandis que le sulfate se précipite. Cependant on peut, ainsi que l'a démontré M. Vauquelin, obtenir une décomposition complète du phosphate calcaire, en forçant la proportion de l'acide sulfurique, en en mettant, par exemple, parties égales; mais, outre l'inconvénient que produirait la présence de ce grand excès d'acide sulfurique, on en éprouve un

(1) Ces chaudières sont ordinairement formées par une simple feuille de plomb, relevée sur ses bords comme un papier à biscuit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre qui résulte de la nature même de l'acide phosphorique, c'est que, quand il est ainsi séparé de tout le phosphate calcaire, il devient impossible de le dessécher. J'ai tenu pendant deux jours consécutifs un mélange d'acide semblable et de charbon, sur un feu capable de rougir le fond de la chaudière, sans pouvoir le dessécher complètement; aussitôt qu'on l'enlevait de dessus le feu, il s'humectait à tel point, qu'il eût été très difficile de l'introduire dans la cornue, et y eût-on réussi, qu'on eût tombé dans un inconvénient plus grave encore, celui de ne pouvoir chauffer la cornue sans tuméfier le mélange, c'est-à-dire sans en rejeter une partie au dehors, et se voir obligé de démonter l'appareil. Je me suis trouvé dans la nécessité d'ajouter un sel calcaire au mélange, pour en obtenir une complète dessiccation par la chaleur. On voit donc qu'il y a plus d'avantage à employer moins d'acide sulfurique qu'il n'en est nécessaire pour déterminer l'entière décomposition du phosphate calcaire, parce que le phosphate acide de chaux qui en résulte est plus facile à gouverner pour le reste de l'opération, que l'acide phosphorique lui-même. Cela posé, je reviens à notre lessivage.

En supposant qu'on ait divisé le tout en six barils, on fera sur chacun d'eux une première décantation au siphon, c'est-à-dire qu'on enlèvera tout le liquide clair pour le mettre de côté, puis on ajoutera de l'eau sur les deux premiers seulement, et l'on brassera de manière à bien laver le dépôt; on laissera vingt-quatre heures en repos, après quoi on décantera de nouveau, et le produit de la décantation sera employé au lessivage des deux tonneaux subséquens. On renouvellera de même l'eau sur les deux premiers tonneaux, puis le jour suivant on siphonera d'abord le troisième et le quatrième tonneau, dont on réunira les produits avec le premier lessivage; on passera ensuite aux deux premiers, et le liquide qui en proviendra sera également employé au lessivage des troisième et quatrième; et comme celui-ci deviendra trop faible, on s'en servira pour le cinquième et le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sixième tonneau. Enfin, on voit que le but de cette manœuvre est, comme dans tous les cas analogues, de n'obtenir que des lessives assez concentrées, et par conséquent, d'avoir moins d'eau à évaporer. Les derniers lavages, c'est-à-dire ceux dont l'acidité est peu prononcée, sont mis de côté pour une autre opération.

Quand on a ainsi réuni tous les lavages, on procède à l'évaporation, qui se fait ordinairement dans une bassine de plomb, quelquefois aussi dans des vases de cuivre, qui sont peu attaqués par cet acide, et qui permettent d'aller beaucoup plus vite, parce qu'on ne craint pas de les fondre. On ajoute du liquide à mesure que l'évaporation a lieu, et l'on suspend quand on a réduit à peu près des deux tiers. Il est même bon de ne pas laisser refroidir dans les vases évaporatoires, parce que le sulfate de chaux qui se dépose les encroûte tellement, qu'il est très difficile de les en débarrasser, et que c'est là la cause la plus ordinaire de la destruction des chaudières de plomb, attendu que cette croûte empêche que l'équilibre de température s'établisse entre le liquide et la surface métallique. L'inconvénient n'est pas aussi grave pour les vases de cuivre; il y a même quelque avantage à ce qu'ils soient recouverts d'une légère couche de sulfate de chaux, parce que cela les préserve de l'action de l'acide. Quoi qu'il en soit, on laisse refroidir du soir au lendemain, on décante, ou l'on jette sur une toile, pour séparer le sulfate de chaux; on lave le dépôt avec une petite quantité d'eau froide, puis on soumet de nouveau à l'évaporation, et on la continue jusqu'à ce que le liquide ait acquis la consistance de miel: alors on pèse le produit, qui forme ordinairement les trente-trois centièmes des os employés; on y ajoute un quart de son poids de charbon en poudre fine, on mélange bien le tout, on transvase dans une bassine en fonte, et l'on chauffe jusqu'à dessiccation complète. Il se dégage avec la vapeur d'eau, dans le commencement, beaucoup d'acide sulfureux provenant de la réaction de l'excès d'acide sulfurique sur le charbon, puis de l'hydrogène sulfuré. Quand le mélange est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parfaitement sec, et qu'on a pu faire rougir le fond de la chaudière, on serre le produit dans des cruches bien sèches et bien bouchées, si l'on ne peut monter son appareil immédiatement.

L'appareil dont on se sert pour cette opération consiste simplement dans une cornue en grès et un récipient de cuivre d'une forme particulière, dont nous donnerons la description tout à l'heure. Il faut bien se donner de garde de prendre une cornue au hasard, car il arrive trop fréquemment qu'elles aient de petites bulles ou gerçures imperceptibles, qui cependant suffiraient pour perdre tout le produit. Il est donc indispensable, et alors même qu'on n'apercevrait rien à l'extérieur de la cornue, de s'assurer si elle n'a aucun défaut, et pour cela, on la plonge entièrement dans l'eau, sauf l'orifice du col, sur lequel on applique la bouche, et l'on souffle dans l'intérieur avec le plus de force possible. Si l'air se fait jour, et qu'on voie l'eau bouillonner en quelque point de sa surface, on peut être certain que la cornue a des défectuosités, et l'on doit la mettre au rebut. Dans le cas contraire, on peut s'en servir en toute sûreté, si d'ailleurs elle offre l'aspect d'un grès bien cuit; mais il faut, avant d'y introduire le mélange, qu'elle soit recouverte extérieurement d'une couche de lut terreux, afin de la rendre moins sensible aux variations de température. Ce lut se compose ordinairement d'argile jaune ou terre à four criblée, et de crottin de cheval; quelques praticiens y ajoutent de la chaux éteinte à l'air; on fait du tout une pâte assez consistante, qu'on applique à la main par portions sur la surface de la cornue, et pour pouvoir manœuvrer plus facilement autour, on fiche un pieu dans le sol, sous un hangar aéré, et l'on introduit le haut de ce pieu dans le col de la cornue. Il faut avoir soin que ce lut soit étendu assez également partout; car on prévoit que trop l'empêcherait de chauffer, et que trop peu ne la garantirait pas suffisamment. Pour y mieux réussir, on a un petit bâton, à l'extrémité duquel est implantée une pointe en fer d'environ une ligne de longueur, et l'on pique cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pointe çà et là dans le lut, pour en reconnaître les inégalités d'épaisseur et les corriger. Lorsque la quantité de lut nécessaire est appliquée, on passe la main bien mouillée sur toute la surface, afin de l'unir parfaitement, puis on la saupoudre de sable, qu'on projette uniformément avec un tamis. Un aide soulève la cornue par la portion du col qui n'est pas lutée, puis il la retourne sous le tamis en différens sens, et quand toute la surface est également revêtue de sable, il replace la cornue sur son pieu, où on la laisse sécher. De temps à autre on la visite, et s'il se forme quelques fissures dans le lut, on en rapproche les bords en les frappant légèrement à l'aide d'une petite batte en bois. On lute ordinairement un grand nombre de cornues à la fois; et comme la dessiccation est beaucoup plus prompte en été, c'est cette époque qu'on choisit de préférence pour cette manipulation accessoire.

En supposant toutes choses bien disposées comme nous l'avons indiqué, il ne s'agit plus que de procéder à l'opération définitive; cependant, il est essentiel de faire observer que le choix du fourneau et même du récipient dépendront de la capacité de la cornue, c'est-à-dire de la quantité sur laquelle on voudra opérer. Ainsi, lorsqu'il n'est question que d'une opération de cours, par exemple, les fourneaux à réverbère ordinaires suffisent, et un récipient en verre est préférable à celui de cuivre, parce que les spectateurs peuvent facilement suivre tous les progrès de l'opération. S'il s'agit, au contraire, d'une préparation en grand, comme alors on se trouve dans la nécessité d'apporter toute l'économie possible, on est contraint d'avoir recours à un fourneau dont la construction permet d'employer un combustible à meilleur marché que le charbon de bois; et, sous ce point de vue, c'est celui dit à *alandier* qui convient le mieux, non-seulement parce que la chaleur dégagée y est mise plus à profit, mais encore parce que les cornues n'y sont exposées qu'à un feu de flamme, dont la continuité permet d'élever davantage la température. On peut aussi varier la forme de ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

genre de fourneau, suivant le nombre de cornues qu'on veut chauffer à la fois. Nous allons indiquer les modifications que l'on doit apporter dans ces diverses circonstances.

Dans le premier cas, c'est-à-dire pour une opération de cours, on ne saurait mieux faire que d'adopter l'appareil qui a été décrit par M. Baget, dans le T. LXXIII des Annales de Chimie, et qui consiste (Pl. 52 des *Arts chimiques*, fig. 1) en un fourneau ordinaire ABCD, mais construit en briques, et dans l'intérieur duquel sont disposées, à une hauteur et à des distances convenables, trois briques taillées qui font saillie et forment une espèce de trépied destiné à servir de support à la cornue. Ce fourneau est terminé par un dôme en terre cuite E, dans lequel on a ménagé une ouverture bouchée par le tampon mobile F, afin de pouvoir examiner de temps à autre s'il n'est survenu aucun accident à la cornue. On ajoute au dôme 4 ou 5 pieds de tuyaux en tôle, qui servent à allonger la cheminée et à donner plus de tirage. On recouvre une grande partie du dôme avec un mortier de terre franche, afin d'occasioner une moindre déperdition de chaleur. Lorsque la cornue est placée, qu'elle est recouverte du dôme, et qu'on a luté exactement le passage du col, on y adapte une allonge en cuivre G, qui traverse en H le bouchon du bocal I, et plonge de quelques lignes dans l'eau, dont le niveau est en IK. On lute fort exactement la jointure de l'allonge et du col de la cornue avec du lut gras, qu'on recouvre ensuite avec des bandelettes imprégnées de chaux et de blanc d'œuf. On adapte à ce même bouchon HH une tige en fer L, recourbée en forme de T à son extrémité M, de manière à pouvoir être introduite de temps en temps dans l'allonge en cuivre, et en détacher le phosphore qui s'y serait figé. Sans cette précaution, l'allonge ne tarderait point à s'obstruer, et les gaz se feraient jour au travers des luts, où viendrait aussi brûler le phosphore. Deux tubes sont encore adaptés au bouchon de liége : l'un N, de 6 à 7 lignes de diamètre et 2 pieds $\frac{1}{2}$ de haut, qui ne plonge pas dans le liquide, et qui est destiné à conduire les gaz jusqu'à la flamme d'une lampe O

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui se trouve située à l'orifice de ce tube, pour les brûler à mesure qu'ils se dégagent. Un fil de fer P tourné en spirale à son extrémité, sert à déboucher ce tube lorsqu'il est obstrué. L'autre tube n'a que 4 ou 5 pouces de hauteur; on bouche l'orifice supérieur avec un bouchon de liége. Ce tube sert à décanter l'eau du récipient au moyen d'un siphon, ou à en introduire de nouvelle quand cela est nécessaire. M. Baget recommande de placer le récipient en verre dans une cuvette en faïence R, afin de pouvoir rafraîchir à volonté.

Le fourneau à alandier et à une seule cornue se compose d'un massif en maçonnerie AA, A'A' (fig. 2), sur lequel est élevée une partie circulaire ABCD, construite en briques cintrées, destinées à recevoir la cornue E. Le foyer, au lieu d'être placé immédiatement au-dessous de la cornue, est situé à une certaine distance F, et la flamme parcourt le canal horizontal ou oblique GD, pour venir circuler dans l'espace vide autour de la cornue, et s'échapper par le dôme H, qui est fait en terre cuite, et qui ne se superpose que quand la cornue est en place. On substitue au récipient fragile de M. Baget, celui en cuivre H de Pelletier père. Ce récipient, beaucoup plus commode pour des opérations de fabrique, se compose d'un seau en cuivre K, portant à sa partie inférieure L une douille LI disposée en col de cigne, et qui vient recevoir le col de la cornue au moyen d'une petite allonge M également en cuivre, qui est détachée à dessein, parce que, recevant les vapeurs les plus chaudes, elle s'altère facilement, et qu'on est obligé de la renouveler après quelques opérations. Si l'on supprimait cette allonge, et qu'on adaptât le récipient immédiatement à la cornue, on serait obligé d'y faire faire fréquemment des réparations, ce qui deviendrait beaucoup plus dispendieux. La partie inférieure du récipient est destinée à recevoir de l'eau destinée à condenser le phosphore; mais il faut avoir soin que le liquide ne dépasse que de fort peu le point extrême L : il n'en faut précisément que la quantité nécessaire pour intercepter le contact de l'air extérieur; si l'on en mettait davantage, on exercerait inutilement une pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nuisible sur les gaz qui se dégagent, et l'on s'exposerait à les voir se faire jour par les luts. Ce même récipient porte en N une très petite douille qui sert à donner issue au gaz de l'intérieur, et à laquelle on peut adapter un tube O si l'on veut les recueillir ; mais ordinairement on les laisse libres. Une autre ouverture assez large pour y passer le bras est placée en P, et maintenue bouchée pendant le cours de l'opération, au moyen du couvercle Q. On peut placer ce récipient dans un baquet, afin de pouvoir le maintenir dans l'eau fraîche ; mais cela n'est pas indispensable. Il y a même, quand on est bien habitué à conduire cette opération, quelque avantage à ne le pas faire ; ainsi, par exemple, en ayant soin au contraire d'y entretenir l'eau à un certain degré de chaleur, on court beaucoup moins de risque de voir obstruer en L l'extrémité du col de cigne, parce que le phosphore n'y est pas immédiatement figé et qu'il s'écoule plus avant.

Comme on est obligé, pour cet appareil d'une plus grande capacité, de soutenir plus long-temps la chaleur et de l'élever à un plus haut degré, il est nécessaire de consolider les luts autant que possible ; ainsi, au lieu de se contenter d'appliquer aux jointures de la cornue du lut gras et des bandelettes de linge imprégnées de chaux et de blanc d'œuf, on couvre le tout avec des bandes de vessie mouillée qu'on assujettit à l'aide de petite ficelle qu'on croise en différens sens, puis on ajoute encore une large bande de toile plus forte, sur laquelle on a étendu une couche un peu épaisse de plâtre gâché clair. On assujettit également cette bande avec une ficelle plus forte ; enfin, on couvre le linge lui-même avec du plâtre. Du reste, on prend toutes les autres précautions déjà indiquées.

Le fourneau à deux cornues est construit sur un tout autre plan ; c'est un parallélépipède allongé AAAA (fig. 3), dans lequel est établie vers le milieu de son élévation une rainure en briques BB (fig. 4) de 4 pouces 6 lignes de largeur et 2 pieds 3 lignes de hauteur, qui communique avec la partie supérieure du foyer et qui sert à introduire la flamme dans toute la capacité C,C,C, où se trouvent placées les cornues. Cette capacité, qui s'élève

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord carrément sur la sole du fourneau dont les dimensions sont ordinairement de 1 pied 4 pouces de largeur sur 2 pieds 9 pouces de longueur, est ensuite disposée en voûte sur l'un des côtés du fourneau, à partir des deux tiers de son élévation, et de manière à venir recouvrir les cornues, du moins en grande partie. Cette voûte, dont le sommet est distant de 1 pied 5 pouces de la sole du fourneau dans le point le plus élevé, est close à chaque extrémité D, D′ du fourneau (fig. 3); mais on laisse dans le milieu un espace vide EE, et suffisant pour introduire les cornues et pouvoir les espacer convenablement. Lorsque les cornues sont placées, on ferme le fourneau au moyen de quelques briques et d'un peu de mortier de terre franche, puis on achève de monter l'appareil comme précédemment.

Si l'on veut mener quatre cornues à la fois, on établit un deuxième fourneau semblable sur le revers du premier, comme le représente la fig. 3, mais de manière à ce que chacun d'eux ait son foyer séparé et puisse s'arrêter indépendamment de l'autre, parce que si l'une des cornues éprouve quelque accident, cela n'empêche pas de continuer les deux autres, et que si l'on n'avait qu'un foyer commun, il faudrait les arrêter toutes les quatre.

Conduite de l'opération. Quel que soit l'appareil qu'on ait adopté, les précautions à prendre pour la diriger sont toujours les mêmes; et la première de toutes, c'est d'acclimater bien graduellement les cornues à une température élevée, parce que le grès est d'une pâte si serrée et si peu conductrice, qu'une chaleur un peu brusquée en déterminerait infailliblement la rupture. On commence donc par mettre dans le foyer quelques charbons allumés, et moins encore dans le fourneau ordinaire que dans celui à alandier, parce que le foyer y est plus rapproché de la cornue. Pendant toute la première heure, on se contente de soutenir cette douce température, pour donner le temps à la chaleur de pénétrer uniformément dans toute la masse du vase; puis on l'accroît insensiblement en augmentant un peu chaque quart d'heure la masse de combustible; et plus on va ensuite, plus on rapproche les intervalles,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en faisant toujours en sorte que chaque nouvelle charge de combustible ne dépasse que de fort peu la précédente. Après trois ou quatre heures de chaleur progressive bien conduite, on commence à recueillir du gaz acide carbonique et du gaz sulfureux qui se dégagent en d'autant plus grande abondance, que le mélange aura été moins chauffé dans la bassine de fonte; puis l'acide carbonique est accompagné de gaz hydrogène sulfuré, et enfin de gaz hydrogène phosphoré qui ne doit plus cesser qu'avec l'opération. C'est même le dégagement de ce gaz qui doit servir de régulateur pour la direction du feu. On reconnaît qu'il est au degré convenable, lorsqu'il se dégage à peu près deux bulles par seconde. Si le dégagement du gaz est interrompu, cela ne peut provenir que d'une température trop basse, ou de ce que la cornue est fendue; et il n'y a pas d'autre moyen pour s'en assurer que de remonter peu à peu le feu; et si, lorsqu'il a atteint son *maximum*, il ne se manifeste aucun dégagement, c'est un signe certain qu'il s'est formé quelques fissures et qu'il est inutile de poursuivre. L'unique difficulté de cette opération, comme de toutes celles du même genre, gît dans la régularité presque machinale de la conduite du feu. Il faut, une fois qu'il est élevé à son point, l'y maintenir par une addition constante, à intervalles égaux, de combustible en même proportion. La moindre négligence, sous ce rapport, est nécessairement suivie de quelques désordres dans l'opération. Ainsi, l'ouvrier qui en est chargé ne doit avoir rien autre chose à soigner; il est même nécessaire qu'il ait à sa portée une provision suffisante de charbon de terre et de bois débité en petites billettes; et comme il est essentiel que ce bois soit très sec, afin qu'il ne refroidisse pas le fourneau quand on le projette dans le foyer, il faut que l'ouvrier ait l'attention d'en mettre toujours à sécher sur le dessus du fourneau, et d'employer à mesure du besoin le plus anciennement placé. En s'y prenant de cette façon, le bois s'enflamme dans l'instant même où il est projeté; et alors la flamme n'éprouve aucune intermittence.

Il se peut aussi que le ralentissement ou l'interruption du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dégagement de gaz soit dû à l'obstruction de l'allonge ou du col de cygne, et dans ce cas il faut nécessairement dégorger. Pour l'appareil de M. Baget, il suffit de donner un mouvement de va-et-vient à la tige de fer L, fig. 1; mais pour le récipient de Pelletier, cela exige d'autres précautions, et comme il y a quelques risques, il est bon, pour plus de sûreté, d'être deux. On commence par boucher la petite tubulure N (fig. 4), puis l'aide environne, d'une toile mouillée et souple, l'ouverture P qu'il embrasse de ses deux mains, tandis que l'opérateur, ayant la main droite armée d'une petite lame de bois en forme de spatule, et le bras entièrement nu, soulève doucement de la main gauche le couvercle O pour introduire son bras droit dans le récipient, et aussitôt l'aide comprime légèrement de ses deux mains la toile mouillée sur le bras, et de manière à ne point laisser de passage à l'air. Lorsque l'ouvrier a détaché tout le phosphore qui s'était figé à l'entrée du col, il profite de l'occasion pour ramasser et pétrir les masses spongieuses de phosphore un peu oxidé qui surnagent à la surface du liquide, et qui, devenues plus pesantes par ce moyen, tombent au fond. L'opérateur se retire sans faire aucun mouvement brusque, mais assez vivement, tandis que l'aide maintient toujours la toile mouillée, puis il replace le couvercle, débouche la douille, et se lave le bras avec beaucoup de soin en le frottant avec un peu de terre à four en bouillie, pour bien enlever toutes les parcelles de phosphore qui auraient pu se fixer sur la peau. Lorsque cette opération du dégagement est faite avec prudence, elle n'offre aucun danger; mais la moindre étourderie peut donner lieu à des accidens plus ou moins graves, surtout lorsque le feu a été bien soutenu et que l'eau du récipient est un peu chaude; car alors, si on laisse introduire de l'air, les gaz contenus dans le récipient s'enflamment et brûlent plus ou moins fortement le bras de l'ouvrier; et si celui-ci, effrayé par la détonation, n'a pas la présence d'esprit de boucher aussitôt l'ouverture P, alors le phosphore spongieux qui surnage s'enflamme, échauffe l'eau, volatilise le phosphore, et peut enfin produire un in-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cendie sérieux. Il convient donc de ne réitérer cette manœuvre que le moins possible, et de ne la laisser pratiquer que par ceux qui en ont l'habitude.

On s'aperçoit que l'opération tire vers sa fin lorsque les bulles se ralentissent de plus en plus, bien que le feu soit toujours également soutenu; et enfin tout dégagement cesse lorsque l'opération est entièrement terminée. Sa durée ordinaire est de vingt-quatre à trente heures, quelquefois davantage si le feu n'a pas été bien soigné. Quand on juge que tout est fini, on colle des bandes de papier sur toutes les jointures du récipient, et l'on bouche les issues du fourneau, puis on laisse ainsi refroidir jusqu'au lendemain.

La théorie de cette opération est si simple, que nous ne croyons pas nécessaire d'y insister beaucoup. Il est clair que le résultat définitif dépend de l'action désoxigénante du charbon sur l'acide phosphorique, et que si ces deux corps étaient employés dans leur état de pureté, on ne recueillerait que du gaz acide carbonique ou oxide de carbone, et du phosphore; mais comme le charbon qu'on emploie renferme beaucoup d'hydrogène, et que le mélange contient de l'acide sulfurique, et de là proviennent les hydrogènes sulfuré, carboné, et phosphoré qui se dégagent successivement.

Pour procéder à la purification du phosphore, on commence par vider les récipiens dans une terrine en grès; on passe de l'eau à plusieurs reprises dans chacun d'eux. On réunit et l'on malaxe un peu toutes les petites masses de phosphore qui surnagent, puis on lave le produit en faisant arriver un filet d'eau dans la terrine. On agite légèrement avec la main, et l'on continue cette irrigation jusqu'à ce que l'eau de la terrine devienne parfaitement claire; alors on laisse déposer; on décante la majeure partie de l'eau, puis on distribue le phosphore dans des nouets de peau de chamois, et de manière à mettre dans chacun d'eux un peu du plus brut, parce que seul sa fusion serait plus difficile, et il offrirait trop de résistance à la pression.

Pour faire ces nouets de phosphore, on a une terrine pleine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'eau ; on étale sur la surface du liquide une peau de chamois qu'on a bien eu soin de vérifier préalablement, pour s'assurer si elle n'a aucun défaut ; car le plus petit trou pourrait occasioner de graves accidens, parce qu'au moment de la pression le phosphore jaillirait par ces ouvertures avec trop d'abondance et pourrait être projeté au dehors. Quand on en a mis sur la peau une quantité suffisante pour faire un nouet, tout au plus de la grosseur des deux poings, alors on réunit dans la main gauche tous les bords de la peau, et toujours en maintenant le phosphore dans l'eau, puis de la main droite on ramasse, dans le plus petit espace possible, tous les morceaux de phosphore; et quand on les tient ainsi bien serrés, un aide, muni d'une grosse ficelle dite *fouet*, vient passer un nœud coulant le plus près que faire se peut de la masse du phosphore, et en évitant bien soigneusement qu'il n'en reste aucun fragment de pris sous le nœud, car il en résulterait évidemment les mêmes inconvéniens qu'un trou dans la peau. L'aide attache l'extrémité de sa ficelle à une clef de porte, ou à un anneau fiché dans le mur; puis l'opérateur, qui tient alors le nouet hors de l'eau, la tend fortement et l'enroule sur le nouet en tirant toujours la corde à lui. Quand il a fait ainsi quatre ou cinq tours bien serrés, il arrête sa corde en réunissant les deux extrémités et faisant un double nœud ; et pour que ce nœud soit plus solide, chacun des deux opérateurs enroule une extrémité de la corde sur le milieu d'un petit bâtonnet, qu'il saisit de ses deux mains, et tire vigoureusement à lui en sens opposé de son collaborateur. Ce premier nœud étant arrêté, on retourne le nouet, on en fait un deuxième sur le côté opposé ; puis, d'une part, on noue ensemble les deux extrémités de la corde à 2 pouces de longueur environ, pour en faire une boucle, et de l'autre, à l'aide d'un couteau bien tranchant, on coupe la peau à quelques lignes au-dessus du dernier tour de corde. Aussitôt que le nouet est achevé, on le replonge dans l'eau.

Lorsqu'on a ainsi distribué tout son phosphore dans des nouets, on fait chauffer de l'eau dans une bassine de cuivre, ou mieux d'argent; on passe par les boucles quatre ou cinq

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nouets sur un bâton, et l'on pose le bâton sur les bords de la bassine, et de manière à ce que les nouets plongent entièrement dans l'eau. Quand la température est élevée à environ 60°, on retient un nouet dans le milieu de la bassine, et l'on range les autres sur le côté; puis l'opérateur, armé d'une presse en bois (fig.), formée de deux simples planches ou douves qui sont étroitement liées à leur extrémité la plus large au moyen de charnières en corde, et qui sont évidées au côté opposé pour faire poignée; l'opérateur, dis-je, muni de cet instrument, saisit le nouet sous l'eau et le comprime par degrés. De temps à autre, il ouvre sa presse et l'aide change le nouet de place, afin de pouvoir le comprimer dans tous les sens; quand il ne sort plus rien, on passe à un autre, et ainsi successivement; puis on les reprend deux à deux ou trois à trois, pour déterminer une compression plus forte et obtenir les dernières portions.

Moulage du phosphore. On a proposé plusieurs méthodes différentes pour exécuter cette opération ; mais la seule adoptée dans les fabriques, comme étant la plus expéditive et la plus commode, est celle que nous allons décrire. On commence par faire choix d'une douzaine de tubes en verre de 2 pieds à 2 pieds $\frac{1}{2}$ de longueur et du diamètre qu'on veut donner au phosphore. Ce choix, qui est des plus essentiels, consiste en ce qu'ils soient bien droits, sans bulles, stries ni défauts intérieurs, et surtout à ce qu'ils soient légèrement coniques, c'est-à-dire que l'une des extrémités ait son diamètre sensiblement plus grand que l'autre. Cela fait, on dispose un fourneau près d'une table, et de l'autre côté du fourneau l'on place un bain-marie d'alambic rempli d'eau, et qui soit à peu près de la hauteur des tubes. On met sur le fourneau une bassine sans anses, contenant le phosphore et de l'eau ; on chauffe ; on range les tubes sur la table près de la bassine, et de manière à ce que tous les grands diamètres soient du même côté. Quand le phosphore est bien liquéfié et que la température de l'eau n'est pas assez élevée pour que la main ne puisse la supporter, on prend un tube que l'on plonge dans l'eau par son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus grand diamètre; par l'autre extrémité, on aspire avec la bouche, et à deux ou trois reprises différentes, de l'eau dans le tube, afin de l'échauffer et d'éviter par là que le phosphore se fige aussitôt son entrée, ce qui produit le très grave inconvénient d'avoir des cylindres creux de phosphore. Je dis grave, parce que les fabricans de briquets phosphoriques, qui sont aujourd'hui les grands consommateurs de ce produit, l'enfoncent dans les petits flacons en plomb au moyen d'un mandrin en fer, et que quand le cylindre est creux, le mandrin s'introduit brusquement dans l'intérieur, et que le frottement qui en résulte détermine l'inflammation, et par suite d'autres accidens. La précaution indiquée étant prise, on plonge le tube, qu'on tient de la main droite, dans le phosphore; puis on aspire doucement, et jusqu'à ce que l'eau soit près d'entrer dans la bouche, alors on applique le bout de la langue sur l'orifice du tube, afin que le phosphore ne puisse ni monter ni descendre. On soulève ainsi le tube, et aussitôt qu'il est hors du phosphore, on passe l'index de la main gauche sur l'orifice inférieur du tube, et on le sort de la bouche, puis on l'enlève de la bassine, et on le plonge immédiatement dans le vase plein d'eau froide, en ayant soin de ne retirer l'index gauche que quand on a ressenti une petite secousse qui se produit dans le tube lorsque le phosphore se fige. Si le tube est bien choisi, le cylindre de phosphore doit tomber aussitôt qu'on a retiré l'index. Si la différence de diamètre est assez peu sensible pour que le phosphore ne se détache pas de lui-même, alors il faut en aider la sortie en introduisant par l'extrémité supérieure un petit mandrin en fer qui le pousse devant lui. Quelquefois, on est obligé de saisir le bâton de phosphore, quand il est déjà un peu sorti, pour en achever l'extraction. Si le tube de verre a quelques renflemens dans son intérieur, alors on éprouve trop de difficultés pour la sortie du bâton de phosphore, et il faut nécessairement mettre ce tube au rebut, parce qu'en continuant de s'en servir on finirait par éprouver quelques accidens. On opère ainsi successivement jusqu'à ce que tout le phosphore soit moulé. En

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

général, cette manipulation doit être faite dans un lieu tranquille et où rien ne puisse détourner l'attention de l'opérateur, car les moindres distractions lui coûtent quelquefois bien cher : il peut ou aspirer du phosphore dans la bouche, ou se mouler du phosphore sur la main gauche, s'il n'y a pas assez de feu sous la bassine et que la main soit elle-même un peu froide, ou bien encore accrocher l'index et laisser échapper le phosphore du tube, en passant de la bassine dans le bain-marie, etc. Je cite ces accidens parce que je les ai vus arriver.

Lorsqu'on a terminé le moulage, il ne s'agit plus que de couper, à l'aide de ciseaux, les bâtons de phosphore de la longueur voulue, pour qu'ils puissent tenir dans les flacons où on veut les déposer.

On a prétendu que le phosphore se conservait mieux dans de l'eau distillée bouillie, que dans de l'eau aérée. Je ne me suis aperçu d'aucune différence sous ce rapport; avec le temps, le phosphore se recouvre d'une pellicule blanche et matte dans l'une comme dans l'autre.

Le meilleur moyen d'expédier le phosphore est de le mettre avec de l'eau dans des flacons forts et bien bouchés à l'émeri; puis d'enfermer ces flacons individuellement dans des étuis de fer-blanc avec quelques garnitures en papier de soie, et de souder la jointure du couvercle avec l'étui. On évite par ce moyen les accidens qui pourraient résulter de la rupture du flacon, parce que, dans ce cas, l'eau ne pourrait que se répandre dans l'étui de fer-blanc, et continuerait d'envelopper assez le phosphore pour qu'il ne puisse brûler. R.

PHOSPHURES. Combinaisons du phosphore avec un métal, un oxide, ou un corps simple non métallique. Ces combinaisons sont très nombreuses; mais elles sont encore assez peu connues, et aucune d'entre elles n'a fait l'objet spécial d'une application aux Arts. Nous ne pensons donc pas qu'il puisse être utile d'en tracer ici l'histoire complète, et nous nous bornerons à quelques mots de généralité.

Le phosphore, comme le soufre, le chlore, etc., paraît

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

susceptible de se combiner aux autres corps en plusieurs proportions. Ainsi, de même qu'on a des *proto* et des *deuto* sulfures, on a des *proto* et des *deuto* phosphures. On conçoit qu'un produit aussi volatil, aussi combustible que le phosphore, ne doit pas s'unir avec une égale facilité à tous les corps qui ont de l'affinité pour lui, parce qu'il en est dans le nombre dont la combinaison ne peut s'opérer qu'à une température de beaucoup supérieure à celle où il se volatilise ou se brûle ; de là la nécessité d'avoir recours à différens procédés pour produire ces combinaisons. Ainsi, tantôt elles peuvent se faire directement et à la température ordinaire, en mettant en contact les deux élémens qui doivent s'unir, comme cela se pratique pour les phosphures de chlore, d'iode, etc., dont l'affinité pour le phosphore est si considérable, que la chaleur développée va jusqu'à déterminer l'inflammation ; tantôt, lorsque la tendance à la combinaison est moins prononcée, il faut liquéfier ces corps par avance, et c'est ce qu'on fait pour l'étain et quelques métaux très fusibles. Quand ils sont fondus, on y introduit, à l'aide d'une pince, le phosphore par petits fragmens, qu'on a eu soin d'enfermer préalablement dans du papier, afin d'éviter que le phosphore s'enflamme avant d'avoir eu le contact du métal. Il est bon de jeter un peu de résine dans le creuset, pour en prévenir l'oxidation.

Un autre procédé consiste à mélanger le métal pulvérisé avec de l'acide phosphorique vitreux et du charbon, puis à chauffer vigoureusement dans un creuset de Hesse. L'acide phosphorique est décomposé par le charbon, et à mesure que le phosphore est mis à nu, il se combine au métal : le phosphure qui en résulte entre en fusion, et forme un culot qui occupe la partie inférieure du creuset. Mais on conçoit que ce procédé ne peut s'appliquer qu'aux métaux dont les phosphures ne sont pas susceptibles d'être décomposés à une température élevée.

On peut aussi obtenir des phosphures en mélangeant certains phosphates métalliques avec une quantité suffisante de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charbon très divisé, et soumettant le tout à une forte calcination. Le charbon réagit tout-à-la-fois et sur l'oxide métallique, quand il est susceptible de se réduire, et sur l'acide phosphorique. De cette double désoxidation résulte du phosphore et un métal qui s'unissent pour former un phosphure.

L'hydrogène phosphoré offre encore un moyen de combiner le phosphore à certains métaux, et principalement à ceux dont les oxides sont de facile réduction. Ainsi, en faisant passer de l'hydrogène phosphoré dans une solution d'un sel d'or, l'hydrogène s'unit à l'oxigène de l'oxide pour former de l'eau, qui reste dans la liqueur; le phosphore s'unit à l'or métallique, et forme un précipité brun-noirâtre, qui n'est autre que du phosphure d'or.

On pourrait aussi appliquer le même moyen à la préparation de quelques phosphures des métaux dont les oxides passent pour être irréductibles; mais alors il faudrait changer le mode d'opérer et supprimer l'intervention de l'eau. Cependant on n'a point recours à ce procédé, parce que, d'une part, l'hydrogène phosphoré s'obtient assez difficilement, et qu'il exige lui-même la préparation préalable d'un phosphure, et que de l'autre, on peut facilement arriver au même résultat en faisant agir directement le phosphore sur ces sortes d'oxides. On prend un tube en verre un peu épais et bouché par l'une de ses extrémités, on introduit dans le fond quelques fragmens de phosphore bien essuyés, puis on recouvre le phosphore avec l'oxide qu'on veut convertir en phosphure; on place ensuite ce tube horizontalement sur une grille en fil de fer, et de manière à laisser dépasser toute la portion du tube qui contient le phosphore; on environne peu à peu le tube de charbons ardens, en ayant soin de commencer par l'extrémité opposée, et quand le tube est rouge, on chauffe graduellement le phosphore; celui-ci se volatilise, sa vapeur passe au travers de l'oxide, en opère la réduction plus ou moins complète, et se combine avec le produit qui en résulte. C'est ainsi qu'on prépare le phosphure de chaux, qui est à peu près le seul dont on fasse quelque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

usage. On reconnaît que le phosphure de chaux est aussi saturé que possible, quand il est d'une couleur rouge-brun foncé, et que la teinte est uniforme jusqu'au centre des fragmens. On atteint d'autant plus facilement ce résultat, que la chaux aura été employée en morceaux plus petits; mais il est essentiel qu'elle ne soit pas en poudre ténue, parce qu'elle présente alors trop d'obstacle au passage de la vapeur du phosphore, et qu'elle est souvent projetée en dehors du tube. Pour éviter cet inconvénient, on concasse de la chaux vive dans un mortier, on la passe dans un tamis fin, pour en ôter la poudre la plus subtile, puis on passe de nouveau dans un tamis plus clair, et l'on obtient ainsi de la chaux granulée de grosseur uniforme, et qui est telle qu'il convient de l'employer.

M. Dulong a recours à un moyen semblable pour faire quelques phosphures métalliques; il remplace la chaux par le métal pulvérisé, ou mieux encore granulé; il le fait chauffer; mais pour que ce métal ne puisse s'oxider pendant son élévation de température, il y entretient, au moyen d'un appareil convenable, un courant de gaz hydrogène sec, puis quand il juge la chaleur assez intense, alors il fait arriver la vapeur de phosphore, et il obtient ainsi directement la combinaison qu'il veut produire.

Enfin, M. Berthier a proposé comme un bon procédé pour obtenir certains phosphures, de faire un mélange de 10 parties phosphate de chaux (os calcinés), 5 de sable quartzeux, et de 5 de carbonate de soude, ou mieux, 10 de phosphate de chaux, 5 de quartz et 5 de borax, puis d'ajouter à 100 parties de ce mélange 30 à 40 parties d'oxide métallique, et de chauffer le tout dans un creuset brasqué, ou dans un creuset ordinaire, mais en ajoutant encore de la poudre de charbon dans la proportion d'environ 10 pour 100 du phosphate de chaux employé. Le charbon serait sans action sur le phosphate calcaire, sans la présence de la silice; mais l'affinité qui existe entre ces oxides terreux détermine l'élimination d'une certaine quantité d'acide phosphorique, qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alors subit la réaction du charbon, se transforme en phosphore et s'unit au métal.

Nous avons déjà dit que les phosphures n'avaient reçu jusqu'alors aucune application utile dans les Arts, et que celui de chaux était le seul dont on fît quelque usage, encore n'est-il guère employé que dans les laboratoires. Il paraît cependant que, depuis quelque temps, les artificiers de marine ou autres ont trouvé moyen d'en tirer parti, probablement en raison de la facilité avec laquelle il développe, lorsqu'on le projette dans l'eau ou dans un lieu humide, de l'hydrogène phosphoré, gaz qui s'enflamme spontanément au contact de l'air, et qui peut lui-même enflammer d'autres corps combustibles. Il se pourrait encore qu'on s'en servît seulement pour faire l'hydrogène phosphoré, et que ce gaz, renfermé dans des flacons, fût ensuite placé au milieu de matière inflammable, pour qu'il puisse y communiquer le feu au moment où son enveloppe viendrait à être brisée. Ce qui nous autorise à émettre cette opinion, c'est que ce phosphure est demandé maintenant, en assez grande quantité, dans les magasins de produits chimiques.

La plupart des phosphures terreux ou alcalins jouissent, comme le phosphure de chaux, de la propriété de donner de l'hydrogène phosphoré quand on les projette dans l'eau. (*V.* HYDROGÈNE PHOSPHORÉ; là nous avons développé la théorie de cette décomposition.) R.

PHYSIONOTRACE (*Technologie*). Ce nom a été donné à un instrument qui sert à dessiner, ou mieux à tracer, de grandeur naturelle ou à peu près, les principaux traits d'une personne. A l'aide de cet instrument, on prend la ressemblance exacte de celui dont on veut faire le portrait. On voit donc que ce mot dérive de deux mots français *physionomie* et *tracer*, dont on a fait *physionotrace*. Ce mot, pris dans notre langue, exprime parfaitement l'objet auquel il est destiné.

Le *physionotrace* fut inventé en 1786, par feu M. Chrétien, musicien attaché à la chapelle du roi, qui habitait alors à Ver-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sailles, où il faisait les portraits et les gravait après les avoir réduits. Il avait déjà donné à cet instrument le nom qu'il porte, et qui n'a pas varié depuis son invention.

Chrétien, sollicité par M. Quéneday pour être son dessinateur à Paris, pendant qu'il continuerait de résider à Versailles, où il gravait les portraits, se décida à donner à Quéneday cette autorisation, sous la condition qu'il se bornerait à prendre le trait au physionotrace. Ce fut en 1788 qu'il donna cette autorisation à Quéneday, qui la conserva pendant un an environ. Chrétien vint ensuite à Paris, et y exerça lui-même l'art qu'il avait inventé.

L'inventeur ne voulut pas prendre de brevet, en se flattant qu'il pourrait conserver son secret, pourvu qu'il ne laissât pas voir son mécanisme, ou du moins qu'il n'en expliquât pas les effets. Il fut trompé dans ses espérances : la théorie sur laquelle il était construit, comme on le verra par la suite, était fondée sur des principes connus, et il suffisait de le voir opérer une fois, pour être parfaitement au fait de sa construction et de ses procédés ; aussi ne tarda-t-il pas long-temps à être contrefait.

« Pour conserver la gloire de l'invention, Chrétien déposa, » en 1812, au Conservatoire des Arts et Métiers le dessin d'un » *physionotrace*, au moyen duquel on peut dessiner des corps » immobiles d'une assez grande dimension, et à peu près de » grandeur naturelle. » Le *Moniteur* de cette année, p. 998, donna la notice que nous venons de transcrire, et ajouta la phrase suivante, par laquelle il décrit assez bien le *physionotrace*. « Cet instrument, dit-il, se fait remarquer par la com- » binaison ingénieuse de deux parallélogrammes dont l'objet » est de maintenir parallèlement à elle-même la règle qui » porte le crayon ainsi que l'objectif. »

Si l'on ajoute à cette note celle que l'auteur a donnée lui-même dans un imprimé qu'il distribuait à tous ceux qui avaient recours à lui pour avoir leur portrait, et qu'un de nos amis nous a communiquée, on aura une connaissance exacte de cet instrument.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Les propriétés et les formes du *physionotrace*, imaginé et » ainsi nommé par moi, dit Chrétien, se reconnaîtront toujours » facilement à un fil très long, au moyen duquel on établit un » rayon visuel factice, afin de pouvoir tracer les objets les » plus compliqués dans leurs détails, grands comme nature, » à peu de chose près, et selon le point de vue et l'angle de » perspective convenable, en allongeant ou raccourcissant ce » fil qui, depuis vingt ans, a constaté mon invention et ma » priorité en ce genre. »

A nos yeux, la priorité est incontestablement acquise à Chrétien. Une lettre écrite à sa veuve par M. Quéneday, qu'on avait cru, pendant long-temps, l'inventeur de cet instrument, dément parfaitement ce bruit populaire : il en attribue lui-même l'invention à Chrétien.

Aujourd'hui c'est M. Bouchardy, peintre à l'huile et en miniature, qui est le successeur de Chrétien ; il demeure au Palais-Royal, n° 82, au-dessus du café de Chartres. C'est à cet artiste distingué que nous devons une entière connaissance de cet instrument, qu'il a eu l'extrême complaisance de nous expliquer dans tous ses détails. Il a plus fait; il a opéré devant moi, il a pris mon profil au crayon. Cela n'a pas duré cinq minutes, et je m'y suis parfaitement reconnu. Il m'a autorisé à décrire son opération, en y mettant la condition que je ne donnerais pas le dessin de son instrument, ce que j'ai promis.

Après avoir placé un fauteuil fait exprès, en face d'une croisée, il a posé le *physionotrace* à deux pieds environ vers la gauche du fauteuil, sur lequel je me suis assis. Mon dos, à la hauteur des épaules, appuyait contre un morceau de bois mobile qu'il a fixé, et mon occiput appuyait aussi contre le bout de deux morceaux de bois qu'il fixa après avoir donné à ma tête la position convenable. Il m'invita à ne pas bouger de cette position, en fixant toujours le même objet; alors il ne me voyait qu'en profil.

Pour se faire une idée du physionotrace, que voient tous ceux qui font faire leur portrait, on n'a qu'à se représenter un châssis en bois dur, d'environ six pieds de hauteur, dont les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux montans sont assemblés avec les deux traverses du haut et du bas, et avec deux autres traverses, dont l'une est placée vers le tiers de la hauteur du vide du châssis, et l'autre environ à la moitié du vide inférieur. Ce châssis ainsi formé est fixé sur un pied qui permet de le placer où l'on veut, en lui conservant toujours une position verticale.

On conçoit que les deux dernières traverses dont nous avons parlé divisent le vide du châssis en trois rectangles verticaux, placés l'un au-dessus de l'autre : celui du haut est vide, celui qui le suit en descendant est rempli par un panneau en menuiserie qui affleure les deux montans et les deux traverses entre lesquelles il est assemblé. C'est lui qui sert de table verticale sur laquelle le peintre trace le portrait sur un papier couleur de chair, fixé par quelques tenons. Sur cette table et sur le rectangle inférieur, sont placés les deux parallélogrammes dont parle le *Moniteur*, qui font l'office d'un PANTOGRAPHE. (*V.* T. XV, page 180.) Nous sommes ici liés par la promesse que nous avons faite à M. Bouchardy, de ne pas nous expliquer sur cette partie qui n'est pas disposée comme un *pantographe* ordinaire, quoiqu'elle en fasse les fonctions.

Le fil dont parle M. Chrétien est très long; il est toujours tendu, quelque position que prenne l'instrument; il sert à régulariser l'opération. Nous sommes fâché de ne pouvoir pas en dire davantage; mais nous en allons dédommager nos lecteurs par ce qu'il nous reste à dire.

A peine les annonces du *Moniteur* et de quelques autres journaux savans eurent-elles donné quelques notes très insignifiantes sur le *physionotrace*, que je conçus la possibilité d'appliquer le *pantographe* à l'art de faire les portraits. J'habitais alors dans un de nos départemens méridionaux; j'avais dans ma chambre une porte vitrée à grand carreau, qui communiquait à une chambre voisine bien éclairée : à l'aide de quatre vis, je plaçai au-dessous du carreau une planche mince bien emboîtée, qui me servait à dessiner, et qui remplissait une grande partie du bas de la porte. J'établis sur cette planche un pantographe ordinaire, et non-seulement je tra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

çais des portraits de grandeur naturelle, mais je les réduisais tout d'un coup à la dimension que je désirais. Il ne s'agissait plus alors que de les terminer au lavis.

Voici comment j'avais disposé mon pantographe. Au bout de la branche mobile qui porte le *calquoir*, et à sa place, j'avais fixé horizontalement un tuyau en métal qui représentait assez bien une lunette qu'on nomme vulgairement *longue-vue*. Ce tuyau avait deux pieds (65 centimètres) de long; il n'avait aucune lentille. Un petit trou remplaçait l'oculaire, deux soies en croix remplaçaient l'objectif et se croisaient au centre du tuyau. On conçoit que, mon œil placé au devant du petit trou de l'oculaire, je dirigeais avec beaucoup de facilité le rayon visuel, en faisant concorder le point d'intersection des soies avec celui que je voulais relever sur la figure que j'avais rendue immuable par des moyens analogues à ceux de Chrétien. Je sens que j'aurais eu beaucoup moins de peine si j'avais pensé à employer le long fil de notre auteur; je réussis cependant avec assez de perfection, et je réduisis, à l'aide de la seconde branche du pantographe, selon l'échelle que je m'étais donnée.

M. Boucher, capitaine au corps royal des ingénieurs-géographes militaires, imagina en 1819 un instrument qui remplace avec avantage le *physionotrace*, et à l'aide duquel on peut copier et réduire, sans savoir dessiner, tous les objets en relief. Il donne, avec la plus grande exactitude, la perspective des objets.

La fig. 4, Pl. 45, représente cet instrument en perspective, placé sur une table à dessiner, que l'on doit supposer être portée par des tréteaux solides. Nous n'avons dessiné ni les trétaux ni la table, pour ne pas rendre la figure trop confuse. Nous allons décrire chaque partie séparément, avant d'en indiquer l'usage.

1°. *Planchette horizontale.* La planchette k, k, e, f, dont on n'aperçoit dans le dessin que le dessus, les autres parties étant cachées par l'entourage du fond de la boîte, se compose d'un cadre dont les côtés, larges de 40 millimètres (18 lignes)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et épais de 13 millimètres (6 lignes), sont assemblés de champ avec onglets, et forment ainsi ceux d'une boîte plate dont le fond en parquet est fixé au quart environ de leur hauteur. Le dessus k, k, e, f, est en trois parties, dont deux sont des règles de 13 millimètres d'épaisseur, mais n'ayant pas la même largeur. L'une k, k, et l'autre e, f, sont posées parallèlement entre elles, et fixées solidement sur les côtés du cadre et le débordent de 13 millimètres; la plus large k, k, reçoit le châssis vertical a, b, c, d, assujetti par trois charnières. Sur la longueur de cette règle, et en avant du châssis vertical, est pratiquée une rainure en forme de T, faite de deux lames de cuivre, dans laquelle glisse la règle verticale g, h, i, garnie à sa base d'un prisme en acier qui est maintenu dans cette rainure par un ressort de même longueur que le prisme. L'autre règle e, f, plus étroite, placée en avant de la planchette horizontale, porte une simple rainure dans laquelle glisse un prisme en bois, placé perpendiculairement à la branche horizontale h', i, et sous la grande poulie y. L'espace qui reste entre ces deux parties est occupé par une tablette de même épaisseur et de même longueur qu'elles; en sorte que par leur assemblage elles doivent former une surface très droite; mais afin que la tablette ne puisse glisser entre ces règles, on a fait deux petits trous sur l'épaisseur du côté m, m, qui se joint à la règle k, k, portant deux goupilles qui entrent dans ces trous; de cette manière, on est certain que dans les différens déplacemens de cette tablette, elle est remise sans tâtonnement dans la même situation. On y place une feuille de papier pour recevoir le dessin.

2°. *Châssis vertical.* La base c', d', c, d, réunie par trois charnières à la règle k, k, est plus large que les trois autres côtés ab, ac, bd, qui sont assemblés avec onglet. C'est contre cette base qu'est adossée la partie h de l'équerre-pinnule g, h, i. Les bords du châssis sont entourés de règles de champ assez épaisses pour pouvoir y pratiquer des rainures en forme de T, le long desquelles glissent les supports qq, qq, du porte-oculaire rr, rr, ss, qu'on arrête au moyen de deux vis de pres-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion 6,6, à la hauteur qu'on veut donner au point de vue. La règle inférieure *cd*, n'a point de rainure ; elle est percée à sa partie postérieure de deux trous qui reçoivent deux vis à tête moletée, destinées à maintenir le châssis dans sa situation verticale. La règle supérieure *a*, *b*, porte également une rainure simple dans laquelle est fixé un ressort engagé derrière la branche *g*, *h* de l'équerre-pinnule, et vers *g*, qui l'empêche de s'écarter du châssis.

3°. *Porte-oculaire.* Nous avons peu de chose à dire de cette partie de l'instrument ; la figure en fait assez voir la disposition et l'usage. Nous ferons observer seulement qu'on peut rapprocher ou éloigner le point de vue du châssis vertical en faisant glisser en avant ou en arrière les deux règles latérales *rr*, *rr*, sur les supports *qq*, *qq*, qui sont fixés par des vis de pression 6,6, aux côtés *ac*, *bd* du châssis vertical. Nous avertirons aussi que sur la face supérieure de ces deux règles, on a tracé des divisions qui indiquent sous quel angle sont vues les diagonales supposées menées des angles antérieurs *a'*, *d'*, *b'*, *c'*, du châssis vertical, l'oculaire *o*, *o*, étant placé au milieu de la traverse *s*, *s*, le long de laquelle il peut glisser. Le dessin ne peut pas faire voir ces divisions, qui sont au nombre de deux sur chaque branche latérale, et qui doivent être amenées et correspondre à la face antérieure des côtés *ac*, *bd* du châssis ; elles indiquent les angles de 60 et 45 degrés. Le porte-oculaire est ici placé de manière à voir ces diagonales sous ce dernier angle.

4°. *Équerre-pinnule.* Cette partie de l'instrument étant la plus importante, et la figure ne présentant pas toutes les pièces qui en constituent le mécanisme, nous allons y suppléer en faisant connaître l'emplacement et les fonctions de ces pièces.

L'équerre-pinnule *g*, *h*, *i*, est formée de deux règles ou branches *gh*, *hi*, percées d'une rainure presque sur toute leur longueur ; ces règles, prises séparément, ressemblent à deux T, réunies par leurs sommets en *h* au moyen de deux charnières qui facilitent la superposition de l'une sur l'autre. A la partie supérieure de la branche *h*, *g*, et sous la corniche qui la ter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mine, est placée une petite poulie verticale garnie d'une chape qu'on peut élever ou abaisser à l'aide de la vis g. Deux autres poulies de renvoi, également verticales, se trouvent à la jonction de deux branches ou têtes de T, l'une à la partie antérieure et au sommet de l'équerre, l'autre un peu plus bas, et dépassant la face postérieure de la branche g, h; une quatrième poulie est fixée vers l'extrémité de la branche horizontale h', i, et au-dessous de la grande poulie y. Ces quatre poulies doivent être de même diamètre et disposées de manière que la corde à boyau qu'elles reçoivent soit toujours parallèle aux faces des branches de l'équerre-pinnule.

Cette description bien comprise, on garnit les poulies d'une corde à boyau de la manière qui suit. Après avoir fait un nœud à l'un des bouts de cette corde, on l'introduit dans une tête de vis fendue assez profondément et fixée au-dessous de la boîte u, portant le crayon x, où elle est arrêtée. On la passe sous la poulie qui se trouve à l'extrémité i, de la branche horizontale h', i, d'où on la ramène sur celle placée antérieurement à la jonction des deux branches, après avoir traversé l'intérieur de la boîte porte-crayon, et l'avoir introduite dans le trou fait sur l'épaisseur de la tête h', de la branche horizontale h', i; de là, elle est remontée le long de la branche verticale h, g, et engagée dans une espèce de pince que porte intérieurement la boîte v; ensuite on la passe successivement sur la poulie fixée sous la corniche et sur celle qui dépasse la face postérieure de la branche verticale g, h; enfin on l'attache à la vis qui a reçu le nœud.

La corde ne doit pas être fortement tendue, mais seulement assez pour que le mouvement donné à la boîte u soit fidèlement répété par la boîte v. Le fil horizontal de la pinnule, faisant corps avec cette boîte, doit être constamment perpendiculaire au fil vertical attaché vers les points g, h, et le dernier toujours parallèle à la branche ou règle verticale g, h, de l'équerre-pinnule.

La boîte u est munie d'un crayon traversant un cylindre et un ressort à boudin qui y est renfermé. En appuyant sur le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

crayon, on peut l'appliquer sur le papier ; on l'en éloigne dans le cas où l'on voudrait tirer des lignes horizontales ou verticales d'un mouvement continu, ou bien déterminer les points extrêmes d'une ligne oblique ou ceux d'une courbe.

Ce que nous venons de dire suffira pour faire connaître le moyen de tracer sur la tablette m, m, n, n, toutes les lignes verticales vues dans l'étendue a', b', c', d', du châssis ; les lignes observées parallèlement à la base c', d', se traceront avec la même facilité en faisant couler l'équerre-pinnule dans la rainure 7, 7. Ce mouvement s'opère à l'aide d'une autre corde à boyau 8, 8, 8, qui, après avoir été fixée au support 2, est passée sur une poulie horizontale que le dessin ne fait pas voir, étant cachée par la tête du T de la branche verticale g, h; cette corde sort par un petit trou percé près de h, est menée le long de la branche horizontale h', i, et enveloppe d'un tour et demi la grande poulie y; ensuite on la fait passer par l'autre petit trou fait de l'autre côté de h, vis-à-vis duquel est placée une seconde petite poulie horizontale correspondant à la première, et on l'attache au support 3, en ne lui donnant qu'une tension moyenne. D'après cette disposition, il suffit de tourner la grande poulie y, au moyen de son axe à tête moletée, pour faire mouvoir l'équerre-pinnule g, h, i, dans la coulisse 7, 7, de gauche à droite ou de droite à gauche. Ce mouvement est facilité par le prisme w, w, en bois, placé au-dessous de la poulie y, à l'extrémité de la branche h', i, à laquelle il doit être perpendiculaire, et glisser dans la rainure l, l, pratiquée sur la longueur de la règle droite e, f, qui est en avant de la planchette horizontale. C'est donc en combinant ces deux mouvemens perpendiculaires l'un à l'autre qu'on obtient, avec autant de précision que de promptitude, les points et les lignes de l'objet qu'on veut copier.

De la chambre noire ou obscure. Cet instrument, à prisme ménisque, qui a été décrit au T. IV, page 390, construit par M. Vincent Chevalier aîné, est de tous les *physionotraces* le plus commode, et celui avec lequel on copie le plus exactement et avec la plus grande facilité les portraits sur telle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

échelle qu'on désire. Non-seulement on y dessine le portrait d'après nature, mais on copie un tableau, un dessin, une mécanique en relief, et l'on réduit tous ces dessins sur une dimension donnée, de la même manière que si l'on calquait une estampe, sans employer d'autre instrument que le crayon. L.

PHYSIQUE. Science qui, dans son acception la plus générale, embrasse l'étude de la nature, mais qu'on réduit, pour faciliter l'intelligence, à l'interprétation des phénomènes où l'action intime et moléculaire des corps les uns sur les autres n'est point prise en considération, ces derniers faits étant plus particulièrement du ressort de la CHIMIE. La Physique, ainsi limitée, est encore une science très vaste et dont les parties plus ou moins distinctes les unes des autres forment autant de sciences séparées. L'Optique, l'Acoustique, la théorie de la chaleur, l'Électricité, la Météorologie, etc., sont en effet des sections de la Physique qui ont peu de ressemblance entre elles, et dont l'étude pourrait, jusqu'à un certain point, être faite dans un ordre arbitraire. Elles ont certainement moins de liaison qu'avec des connaissances qui sont classées dans d'autres branches de sciences. Par exemple, les théories de la chaleur et l'Électricité, qui sont les fondemens de la Chimie, empruntent peu des notions qui sont la base de l'Optique ou de l'Acoustique. Il serait donc convenable de faire dans l'enseignement autant de sciences distinctes de ces sections, qui sont chacune le sujet des recherches spéciales des savans. Il est rare que nos célèbres physiciens embrassent à la fois toutes ces connaissances dans leurs études, et chacun se livre ordinairement, d'une manière exclusive, à l'une de ces divisions, qui est encore assez étendue pour suffire aux travaux de sa vie.

Nous ne donnerons ici aucun détail sur ces sections de la Physique, parce qu'elles sont traitées dans des articles séparés auxquels nous renvoyons.

Dans les arts et métiers, on donne le nom de PHYSICIEN à l'ouvrier qui s'occupe de l'exécution des instrumens de Physique, et aux personnes qui les commandent et les dirigent,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et font de leurs produits un objet de commerce. Les plus renommés de ces artistes physiciens sont : MM. Gambey, les frères Chevallier, Pixii, Lerebours, Fortin, Cauchoix, Bonten, Soleil, Jecker. FR.

PIANO. *V.* FORTÉ-PIANO.

PIASTRE. Monnaie d'argent usitée en divers pays, dont la valeur est à peu près d'une de nos pièces de 5 fr. Celle d'Espagne, qui est en usage en divers lieux, vaut de $5^f,29$ à $5^f,43$. On donne à la piastre le nom de rixdalle, d'écu, etc., selon les pays. L'écu romain vaut $5^f,25$, le dollar des États-Unis vaut $5^f,20$, la rixdalle d'Hollande, $5^f,24$, celle de Prusse $5^f,04$, etc. (*V.* l'art. MONNAIES, t. XIV, pag. 41.) FR.

PICOTIN (*Technologie*). C'est une mesure ancienne, que le nouveau système métrique a fait disparaître : elle servait à mesurer la ration d'avoine qu'on est dans l'usage de donner aux chevaux. Cette mesure était le quart du boisseau, lequel, comparé aux mesures métriques, contient exactement treize litres; par conséquent, le picotin équivaut exactement à $3^{lit},25$, ou trois litres un quart. On se sert encore très souvent de cette expression, *donnez un picotin d'avoine à mon cheval.* Le palfrenier entend que c'est la ration ordinaire. L.

PIED (*Arts de calcul et mécaniques*). Nous allons passer en revue les principales acceptions sous lesquelles le mot *pied* est employé dans les Arts.

Pied de Roi. C'est une mesure de longueur anciennement usitée, formée de 12 pouces, et dont 6 composent la toise. Le pied est à peu près le tiers du mètre, ou 3 décimètres $\frac{1}{4}$; plus exactement

$$1 \text{ pied} = 3,24839 \text{ décimètres, le mètre} = 3^{pi.}\,0^{po.}\,11^{li.},296.$$

(*V.* MESURES.) On trouve, chez les marchands, des pieds divisés en pouces et lignes. On marque ces divisions d'un seul coup, à l'aide de *peignes* d'acier dont les dents coupantes s'impriment sur le bois ou le cuivre par un choc. Ces dents, espacées de la distance voulue, sont formées de petits prismes d'acier accolés et serrés dans une monture, à peu près comme le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont les caractères d'imprimerie lorsqu'on les assemble dans le *composteur*. Lorsqu'une de ces dents vient à casser, elle est facile à remplacer. Le pied, pour pouvoir être porté commodément, est brisé à charnière dans le milieu de sa longueur : on garnit les bouts d'une lame de fer ou de cuivre, pour empêcher qu'ils ne s'usent. On y indique encore les divisions en décimètres, centimètres et millimètres. Les chiffres sont aussi frappés. On remplit ensuite les empreintes du peigne et des chiffres, avec un vernis de cire et de noir de fumée, qu'on y applique à chaud, et qu'on fait entrer par friction.

Le pied est l'un des instrumens les plus simples et les plus utiles; les ouvriers en tout genre en sont pourvus. On les fabrique en grand, à très bon compte, pour les mettre à la portée de toutes les fortunes : on les trouve chez les quincaillers.

Du reste, on varie beaucoup la forme de cette mesure : on la fait à trois brisures, ou en argent, ou en ivoire, etc. Ce sont les fabricans d'instrumens de Mathématiques qui exécutent celles auxquelles on veut donner de l'élégance ou de la précision.

Pied-droit. Terme d'Architecture, pour désigner le jambage d'une baie de porte ou de croisée. Le pied-droit comprend le chambranle, le tableau, la feuillure, l'embrasure et l'écoinçon. Le plombier appelle *pied-droit* une table de plomb qui recouvre la charpente d'une lucarne, pour empêcher le bois de pourrir à la pluie.

Pied-de-chèvre. Les mécaniciens donnent ce nom à une *pince* en fer, recourbée et fendue par un bout, dont on se sert pour remuer les pierres, les bois et autres fardeaux.

Le ferblantier appelle *pied-de-chèvre* un tas en fer peu large et haut monté, dont il fait usage pour plisser diverses parties de la tôle.

Pied-de-biche. Terme d'horlogerie, qui désigne une détente brisée, dont le bout fait bascule dans un sens seulement. Les menuisiers se servent aussi de cette expression pour indiquer les pieds d'une table ou d'un meuble, façonnés comme ceux d'une biche.

Pied d'instrument. Les graphomètres, niveaux, plan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chettes, etc., sont portés par un pied dont la forme varie selon l'usage qu'on veut faire de l'instrument. Nous allons entrer dans quelques détails sur ce sujet.

La Pl. 14 des *Arts physiques* représente les différentes formes qu'on donne aux pieds des microscopes. La fig. 12, Pl. 13, et la fig. 3, Pl. 3, montrent comment on soutient ordinairement la boussole et les lunettes. On voit, dans la fig. 17, Pl. 10 des *Arts de calcul,* l'assemblage des parties. Un fût, qui est cylindrique en haut pour recevoir la douille de l'instrument, se termine en bas par un prisme triangulaire ou une pyramide tronquée ; les trois branches du pied viennent s'y articuler. Chaque branche est un bâton droit, dont le bout inférieur porte une pointe en fer, qu'on fiche dans le sol quand on se sert de l'instrument. Le bout supérieur est aplati sur une face, suivant laquelle il s'applique sur une des faces du prisme dont on a parlé. Là, le bâton est arrêté par une forte vis de pression, dont l'écrou a deux oreilles pour le tourner facilement. On peut écarter les trois branches à volonté, pour se prêter aux dispositions du sol. Lorsqu'on ne fait pas usage de l'instrument, les trois bâtons peuvent être rapprochés en un seul faisceau, qu'on lie avec une ficelle : le plus souvent on serre ces branches l'une contre l'autre, en les faisant entrer de force dans un anneau plat en cuivre. Le frottement sur le système des trois bâtons réunis en cône suffit pour retenir l'assemblage ainsi plié en une sorte de botte. On peut même diriger ces bâtons en sens opposés, de manière que le haut du fût se trouve caché au milieu des trois pieds.

Dans les instrumens de Géodésie construits avec soin, cette espèce de pied n'aurait pas assez de solidité pour la sûreté des observations : on préfère se servir d'un pied qu'on voit dessiné fig. 2, Pl. 8 des *Arts de calcul.* Chaque bâton est fourchu en haut, et reçoit dans cette large fente une languette épaisse et solide, sculptée sur le fût. La vis de pression qui serre ces trois pièces ensemble les empêche de se disjoindre lorsqu'on a donné à chaque pied l'écartement qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'accommode à la figure du sol. L'instrument se pose alors sur un plateau horizontal, fixé sur un cylindre de bois; et pour donner à ce plateau la disposition parallèle à l'horizon, le cylindre est porté sur le fût par une double charnière N et B, dont les axes ont des directions perpendiculaires. La rotation du plateau autour de ces deux axes permet de lui donner la situation voulue, et des vis de pression B, B', servent à arrêter le mouvement des charnières. En jetant les yeux sur la figure, on concevra aisément ce mécanisme, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans plus de détail. On comprend que, dans cet appareil, les pieds J se meuvent en s'écartant de l'axe du fût, par un mouvement dirigé dans le plan vertical de l'axe, tandis que dans les pieds précédemment décrits, cet écartement se fait dans les plans des faces du prisme de ce fût, qui sont parallèles ou obliques à cet axe.

La même planche, et plusieurs autres des *Arts de calcul*, montrent aussi diverses manières de porter les instrumens sur des pieds et de les caler par des vis. Chacun de ces procédés est approprié au but qu'on se propose en se servant des instrumens, et l'infinie variété de ces appareils ne nous permet pas de les décrire tous avec détail.

Dans les instrumens d'Arpentage, de Géodésie et d'Astronomie, un des grands défauts qu'on trouve, est l'espèce de torsion qu'on fait éprouver aux pieds quand on manœuvre les lunettes ou les alidades; car l'élasticité des parties, qui les fait céder à cet effort latéral, ne les ramène pas rigoureusement à leur position primitive, quand on a cessé de les pousser. Alors les lunettes se trouvent avoir plus ou moins cheminé, contre l'intention de l'observateur, et souvent même à son inçu. C'est ce qui a fait imaginer les pieds doubles, qui, je crois, sont dus à Lenoir. Chacun des trois pieds qui portent l'instrument est ouvert dans sa longueur en forme de V très allongé, ou plutôt il est fait de deux bâtons réunis par un bout en angle très aigu; le sommet de cet angle porte sur le sol, où, comme dans les pieds ci-dessus décrits, il est implanté par une pointe de fer ou de cuivre, entrée et rivée à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une virole, qui consolide ces deux bois ensemble. Quant aux bouts supérieurs, ils vont saisir dans leur fourche les deux bords d'une encoche pratiquée au plateau de bois qui, disposé horizontalement, porte l'instrument. Il y a réellement six pieds, dont les bouts inférieurs sont réunis deux à deux. Il y a trois vis de pression qui permettent de saisir plus ou moins fortement le plateau, en rapprochant ou éloignant les branches supérieures de chaque pied : ces vis sont destinées à serrer plus ou moins les bords de l'encoche du plateau. La fig. 12, Pl. 13 des *Arts de calcul*, montre la disposition des parties, et rend inutile une plus longue description.

Les pieds qui servent à porter les longues lunettes sont composés de trois branches à l'ordinaire; pour plus de solidité, on ne les rend pas mobiles; au contraire, elles sont arc-boutées et unies ensemble par des traverses. Comme l'appareil ne doit pas être transporté à de grandes distances, on préfère la solidité du pied à l'avantage de le rendre portatif. Le fût du pied est creux, et l'on y entre une tige qui peut tourner sur son axe vertical, afin de donner à la lunette un mouvement azimutal : cette tige peut saillir plus ou moins, à volonté, pour monter ou descendre la lunette. Une vis de pression arrête, quand on veut, la tige dans sa douille. Le haut de la tige porte une gouttière, sur laquelle la lunette est posée et attachée, soit par des courroies en cuir, soit par des colliers. Pour donner à la lunette un mouvement vertical, la gouttière peut basculer autour d'un axe horizontal; ce mouvement est produit à l'aide d'un cercle vertical qui est maintenu dans une fente pratiquée au bout de la tige. Quant au mouvement de rotation de ce cercle, on l'arrête par une vis de pression. Ainsi, la lunette peut être dirigée en tous sens et à toute hauteur.

Dans les observations, ces mouvemens se donnent à l'aide de pignons et de roues d'engrenage; ces pignons sont manœuvrés par l'astronome, à l'aide de poignées qu'il tient en main et fait tourner comme il convient. Cet engrenage permet de faire cheminer la lunette aussi lentement qu'on veut, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tous sens, et l'on peut suivre, dans toutes ses positions, l'astre qu'on observe, à mesure qu'il marche avec le mouvement diurne du ciel.

Comme les lunettes astronomiques sont lourdes, le mouvement de bascule de la gouttière est assez difficile; d'ailleurs dès que, par la rotation autour de l'axe, dans le sens vertical, le centre de gravité de la lunette cesse d'être exactement au-dessus de cet axe, le poids tend sans cesse à tomber, soit en avant, soit en arrière, ce qui rend le pointé très gênant. M. Cauchoix a imaginé un nouveau pied, qui remplit parfaitement toutes les conditions voulues. La lunette est portée sur une tablette qu'on peut incliner à volonté, et qui tourne dans le sens azimutal. Nous ne pourrions, sans donner à notre description une étendue trop grande, exposer ici les détails de ce pied, qui est assez compliqué, mais très ingénieusement conçu. FR.

PIÉDESTAL (*Architecture*). Construction carrée, ayant une *base*, une *corniche*, et admettant divers ornemens sculptés, qui sert de support à une colonne, une pyramide, une statue. La partie intermédiaire entre la base et la corniche est le *dez*. Le plus souvent on supprime le piédestal des colonnes; mais quand on le conserve, on lui donne en hauteur le tiers de la hauteur totale de la colonne, en y comprenant sa base, son fût et son chapiteau. (*V.* ARCHITECTURE.) FR.

PIÉDOUCHE (*Architecture*). Petite base ronde ou carrée, qui sert à porter une figure ou un buste. Ce qui caractérise la forme de ce support, c'est que sa surface est disposée en courbe concave, de manière que la partie supérieure de la base soit plus étroite que l'inférieure, pour que la figure supportée ait plus de *stabilité* et d'élégance. FR.

PIERRE. Substance minérale, solide, non combustible, qui n'a pas l'éclat métallique et n'est point soluble dans l'eau. Nous renvoyons aux traités d'Histoire naturelle et de Chimie la description et les propriétés de la multitude de corps renfermés dans cette définition assez vague; nous nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contenterons de distinguer ici quelques espèces qui sont d'un usage fréquent dans les Arts.

La *pierre à bâtir* est celle qu'on trouve en grandes masses, et qui peut résister aux chocs et à l'action des pluies; tels sont la pierre calcaire, la meulière, le granite, les grès, les laves, etc. En général, les édifices se construisent avec toute espèce de pierre qu'on peut se procurer à peu de frais sur les lieux; mais la plus légère, celle qui se lie le mieux avec les mortiers, comme la meulière, ou celle qui présente à l'air moins de pores, comme la pierre de taille, sont préférées. Les fondations acquièrent une grande solidité lorsqu'on les fait en pierres très dures et très pesantes, comme les grès, les caillouasses, etc.

La *pierre à chaux* est la chaux carbonatée, ou calcaire grossier, si fréquemment employé dans les bâtisses. (*V.* CHAUX.)

La *pierre à feu, à fusil*, etc., est un silex qu'on a surnommé *pyromaque*, ou une espèce d'*agate*. (*V.* ci-après.)

La *pierre à cautère* est la POTASSE du commerce, privée de son acide carbonique.

La *pierre de charpentier* est un schiste argileux, noir et tendre, dont les ouvriers se servent pour tracer des lignes, comme avec un crayon.

La *pierre à détacher*, ou le *savon de soldat*, est une argile marneuse, qu'on taille en tablettes, et qui a la propriété d'absorber les corps gras et de les enlever de dessus les vêtemens.

Les *pierres à repasser* sont de natures très variées. En général, ce sont des grès houillers, des quartz micacés, dont le grain est plus ou moins fin, et dont on taille la masse en fragmens plats et allongés. Telles sont les *pierres des rémouleurs*, grès dont on fait des meules à Marcilly, à Celle près Langres, à Passavant près Vauvilliers; les *pierres à faux*, les *pierres à l'eau*, etc., qui étant mouillées, servent à affûter les instrumens tranchans. La *pierre à lancettes* est un schiste argileux verdâtre, à grains fins et serrés : on le trouve près de Nuremberg, de Liége, de Paimpol, etc. La *pierre à l'huile*,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou du *Levant*, est employée à aiguiser la coutellerie fine; c'est une dolomie compacte, d'un jaune pâle, que l'huile durcit beaucoup et change entièrement de caractère : on croit qu'elle vient des environs de Smyrne. La *pierre à rasoirs* est un schiste des environs de Liége.

La *pierre infernale* est le NITRATE D'ARGENT fondu en cylindre dans une lingotière.

La *pierre d'Italie* est un schiste argileux à grains fins et serrés, dont on se sert pour crayonner les dessins délicats.

La *pierre lithographique* est un calcaire compacte ; on le tire de Pappenheim, etc.

La *pierre à sablon*, grès qui s'égrène aisément, et sert à décaper le cuivre.

La *pierre de touche*, le silex schisteux, le trapp noir, le jaspe, le balsate, et toutes les pierres noires, dures, à grain fin, que les acides n'attaquent point, peuvent servir à essayer le titre des métaux. Celles qu'on emploie à Paris viennent de Saxe, de Bohême et de Silésie. FR.

PIERRÉE. Pour conserver les eaux, ou faciliter leur écoulement à peu de frais, on dispose des pierres brutes en ruisseau ou encaissement, écartées les unes des autres : c'est ce qu'on appelle une *pierrée*. Souvent ces constructions ne sont pas apparentes, parce qu'on les recouvre de terre. FR.

PIERRE-PONCE. Cette pierre est assez légère pour surnager l'eau ; elle est spongieuse, criblée de pores, et d'une texture fibreuse ; ses fibres, contournées en tous sens, ont l'éclat vitreux lorsqu'elles sont grosses, et un aspect soyeux quand elles sont fines. Elle est rude au toucher, se casse facilement, et néanmoins elle est assez dure pour rayer le verre et les métaux. Le plus ordinairement elle est d'un blanc-grisâtre ; mais on en rencontre de couleur bleuâtre, verdâtre, rougeâtre, brunâtre, etc. La pesanteur spécifique moyenne de la ponce est de 0,914 ; elle se fond assez facilement au chalumeau, et sans addition, en un émail blanc.

L'analyse que Klaproth en a faite indique qu'elle est composée de silice, 0,77,5 ; d'alumine, 0,17,5 ; d'oxide de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fer, 0,02; de potasse et de soude, 0,03. Le docteur Kennedy y avait antérieurement découvert la présence de la potasse. Plusieurs chimistes ont trouvé, dans quelques-unes, de la magnésie. Les acides n'ont point sensiblement d'action sur la pierre-ponce. Sa dureté étant assez grande pour la rendre capable de mordre sur le bois, l'ivoire, le marbre et les métaux, on en fait usage pour polir ces objets, ainsi que pour unir, au moyen d'un léger frottement, la surface de substances organiques, telles que la peau, le parchemin, etc. Réduite en poudre plus ou moins fine, elle entre dans le mélange des poudres dentifrices, et remplace avantageusement la pouzzolane avec la chaux, dans la composition des ciments hydrauliques. M. Fourmy, fabricant des hygiocérames, dans un Mémoire qui a remporté le prix proposé par l'Institut en 1811, et contenant les essais qu'il a faits sur des substances propres à former des vernis terreux convenables aux poteries communes, a constaté que les produits volcaniques, et particulièrement les pierres-ponces, méritent la préférence sur beaucoup d'autres substances pour cet important usage, à cause de leur plus grande fusibilité.

L'opinion des minéralogistes est loin d'être unanime sur l'origine de la ponce : le plus grand nombre la considèrent comme un produit volcanique ; quelques-uns en attribuent, au contraire, la formation à l'eau.

Les naturalistes, qui admettent que la pierre-ponce est un produit des volcans, quoique, à la vérité, on n'en trouve aucune trace aux environs de l'Etna, ni dans plusieurs localités évidemment volcaniques, et qu'il n'en existe qu'une petite quantité dans le voisinage du Vésuve, ne sont point d'accord sur la question de savoir quelle est l'espèce de pierre que l'action du feu change en ponce. Est-ce l'amiante, le schiste, le granit, le pétro-silex, l'obsidienne, etc.? Les faits suivans semblent de nature à éclaircir les doutes.

Les obsidiennes vitreuses de Hongrie, soumises à un feu violent, se convertissent en des scories qui ont beaucoup d'analogie avec la ponce blanche. Il existe des obsidiennes à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ténériffe, dont M. Cordier a rapporté des échantillons, qui adhèrent à des ponces, et qui indiquent évidemment le passage des premières aux secondes.

L'opinion la plus probable est donc que les ponces proviennent de l'action des feux volcaniques sur les obsidiennes. Il se pourrait aussi que toutes les ponces n'eussent pas la même origine.

Quoique ces pierres se rencontrent dans plusieurs pays, en Italie, aux environs d'Andernach sur les bords du Rhin, à Ténériffe, en Islande, dans l'Auvergne, etc., c'est principalement dans les îles de Lipari et de Vulcano, faisant partie du petit archipel dont elles tirent leur nom, qu'on les trouve en abondance, et que l'on recueille la plus grande partie de celles qui sont répandues dans le commerce. L*****R.

PIERRES A FUSIL. On nomme ainsi la pierre siliceuse taillée en biseau, attachée fortement au chien des fusils et des pistolets, et destinée à produire, par son choc sur la batterie, des étincelles qui enflamment l'amorce contenue dans le bassinet. L'art de tailler ces pierres, exercé seulement dans cinq ou six communes de France, savoir: celles de Noyer, Saint-Aiguan et Cousty, département de Loir-et-Cher; de Lye, département de l'Indre; de Maysse (Ardèche); de Cérilly (Yonne), et de la Roche-Guyon (Seine-et-Oise), n'a encore été décrit que par Dolomieu, au mémoire duquel nous emprunterons les détails suivans :

Le silex pyromaque est celui que l'on préfère pour la fabrication de ces pierres. Ce silex gît dans des pierres calcaires, des marnes et des craies solides plus ou moins fines, sous forme de masses globulaires du poids de 1 à 10 kilogrammes, figurant des bancs horizontaux. Toutes ne sont point également propres à être taillées; sur vingt couches de silex superposées les unes au-dessus des autres, deux au plus donnent ordinairement de bons silex pyromaques. On recherche surtout les blocs qui ont de la *couenne*, ou qui sont recouverts d'une croûte blanche plus ou moins épaisse, qui paraît être de la silice désagrégée et mêlée d'un dixième de craie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le silex pyromaque contient deux centièmes d'eau, qui lui est essentielle, et paraît la cause de sa transparence. Fraîchement extrait de la terre, brisé par le marteau, il s'en dégage une vapeur aqueuse, et sa cassure est humide et comme mouillée. Il se divise mieux en écailles lorsqu'il est humide que quand il est trop sec; sa cassure est conchoïde, elle a un aspect gras, un peu luisant; le grain en est si fin, qu'il est imperceptible. Le bon silex pyromaque est transparent; sa couleur varie du jaune de miel, ou du blond, au brun-noirâtre; le premier est préféré au second, parce qu'il se casse plus facilement, et qu'il use les batteries moins promptement. Les bons silex, exempts de taches, de nœuds et de cavités à l'intérieur, sont nommés *cailloux francs* par les ouvriers; ils appellent *cailloux grainchus* ceux dont les imperfections nuisent à leur cassure; ils rejettent ces derniers, comme impropres à la taille. Sa pesanteur spécifique est de 2,59 à 2,61; sa dureté est un peu supérieure à celle du jaspe, et inférieure à celle des agates. Les analyses suivantes, de M. Vauquelin, indiquent les élémens du silex pyromaque dans ses divers états.

	Silex pyromaque parfait.	Portions blanches.	Portions opaques.	Croûte extérieure.
Silice.....	97	98	97	86,4
Carbonate de chaux....	0	2	5	9,9
Alumine ou oxide de fer.	1	1	1	1,2
Eau	2	0	0	2,5.

L'ouvrier qui taille les cailloux de silex pyromaque est nommé *caillouteur*. Il emploie quatre outils : 1°. une *petite masse de fer* à tête carrée (Pl. 53, fig. 1), dont le poids est de 1 kilogramme, et le manche de 7 à 8 pouces de longueur; elle sert à rompre le caillou; 2°. un marteau à deux pointes (fig. 2), en bon acier bien trempé, du poids de 5 hectogrammes, et monté sur un manche de 7 pouces; 3°. un petit instrument nommé *roulette* (fig. 3), fait d'acier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien trempé, représentant une roue pleine, ou un segment de cylindre de 2 pouces 4 lignes de diamètre, et de 4 lignes d'épaisseur; il est adapté à un manche de 6 pouces, qui le traverse par un trou carré percé à son centre; 4°. un ciseau taillé en biseau des deux côtés (fig. 4), semblable à un fermoir de menuisier, en acier non trempé, long de 7 pouces, large de 2 pouces; il est implanté de 2 à 3 pouces dans un bloc de bois, qui sert d'établi à l'ouvrier.

Après avoir fait choix d'une bonne masse de silex pyromaque, on s'occupe de le tailler, opération qu'on peut diviser en quatre temps.

D'abord on *rompt le bloc*. Pour cela, l'ouvrier, assis à terre, place le caillou sur sa cuisse gauche, et frappe dessus de petits coups avec la masse, pour le diviser en portions d'une livre et demie environ, dont les surfaces soient larges et les cassures à peu près planes.

L'opération la plus importante de l'art, et qui demande le plus d'adresse et d'habitude, est celle de *bien fendre* le caillou, ou de l'*écailler*, c'est-à-dire de lui enlever des écailles de la longueur, grosseur et forme qui conviennent pour en faire ensuite des pierres à fusil. L'ouvrier, tenant le morceau de caillou dans sa main gauche, frappe avec le marteau au bord des grandes faces produites par les premières ruptures, de manière à enlever d'abord la croûte en petites écailles, à mettre à découvert le silex comme il est représenté fig. 5, et il continue à enlever d'autres écailles où le silex est pur. Ces écailles ont à peu près 1 pouce et demi de largeur, 2 pouces et demi de longueur, et 2 lignes d'épaisseur dans le milieu. Elles sont légèrement convexes en dessous, et elles laissent par conséquent dans l'endroit qu'elles occupaient, un espace légèrement concave, terminé longitudinalement par deux lignes un peu saillantes, à peu près droites (fig. 6). Ces sortes d'arêtes, produites par la rupture des premières écailles, doivent se trouver ensuite vers le milieu des écailles enlevées subséquemment, et les seules écailles où elles se trouvent peuvent servir à faire des pierres à fusil. On

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

continue ainsi à fendre ou écailler la pierre en divers sens, jusqu'à ce que les défectuosités naturelles de la masse rendent impossibles les cassures que l'on exige, ou que le morceau se trouve réduit à un trop petit volume pour recevoir les petits coups qui forcent le silex à éclater.

On distingue dans la pierre à fusil cinq parties (fig. 7) : 1°. la *mèche*, partie qui se termine en biseau presque tranchant, et qui doit frapper sur la batterie ; la mèche doit être de 2 à 3 lignes de largeur ; plus large, elle serait trop fragile ; plus courte, elle donnerait moins d'étincelles ; 2°. les *flancs* ou bords latéraux, qui sont toujours un peu irréguliers ; 3°. le *talon*, qui est la partie opposée à la mèche, et qui a toute l'épaisseur de la pierre ; 4°. le *dessous* de la pierre, qui est uni et un peu convexe ; 5°. l'*assis*, qui est la petite face supérieure placée entre l'arête qui termine la mèche et le talon ; elle est légèrement concave ; c'est sur elle qu'appuie la mâchoire supérieure du chien, pour maintenir la pierre dans sa place.

Pour faire la pierre, on choisit des écailles qui aient au moins une arête longitudinale, on détermine lequel des bords en biseau doit faire la mèche, puis on appuie successivement sur le tranchant du ciseau, soit les deux côtés de la pierre, soit la partie qui doit former le talon, et l'on frappe, avec la roulette, de petits coups au-dessous du point d'appui que présente le ciseau ; la pierre se rompt exactement dans la ligne qui porte sur le ciseau, comme si elle avait été coupée. On façonne ainsi la pierre sur ses flancs et sur son talon, et, en retournant la pierre, on appuie les bords de la mèche sur le ciseau, et on les frappe avec la roulette, pour *raffiler* la pierre et perfectionner son tranchant, qui doit être en ligne droite.

Toute l'opération de faire une pierre n'exige pas plus d'une minute. Un bon ouvrier peut préparer mille bonnes écailles dans un jour, et faire également, dans un jour, cinq cents pierres. Ainsi, en trois jours, il peut fendre et finir à lui seul mille pierres à fusil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'après une note jointe par M. Coquebert Monbret, au mémoire de Dolomieu, inséré dans le VI^e^ vol. du Journal des Mines, page 693, le naturaliste Houquet a reconnu de bons silex pyromaques en Podolie, notamment dans des collines argilo-calcaires, sur les bords de la Podhorce, à l'embouchure de cette rivière, dans le Dniester. L'armée impériale, suivant ce dernier, s'approvisionne maintenant de pierres à fusil dans cette partie de l'ancienne Pologne. Le même naturaliste a donné, dans le V^e^ vol. du Magasin helvétique, une description détaillée de la fabrication de ces pierres, avec la figure des outils qu'on emploie à leur fabrication.

Les changemens récemment adoptés dans le système des batteries des armes à feu, la substitution des fusils à piston pour la chasse, et par conséquent l'emploi des poudres fulminantes pour amorce, a dû diminuer beaucoup celui des pierres. Si ce nouveau système est bientôt adopté pour les fusils de munition, ainsi qu'il l'a été déjà, à ce que l'on dit, par plusieurs nations de l'Europe, il doit porter un coup fatal à l'art de tailler les pierres à fusil, qui occupait annuellement en France plus de huit cents ouvriers. L*****$_{R}$.

PIERRES PRÉCIEUSES. On a désigné sous ce nom, et, plus anciennement, réuni sous les dénominations de *cristaux gemmes*, de *pierres fines*, des substances naturelles, remarquables par leur couleur, leur tissu, leur éclat, leur transparence, leur dureté, et leur résistance à l'action des acides et de la chaleur. Un examen plus attentif, et fondé sur les progrès de l'analyse chimique, a prouvé que plusieurs de ces substances, loin d'être semblables, étaient tellement distinctes par leur nature, qu'elles devaient être rangées dans des classes différentes. Ainsi, par exemple, d'après la méthode de Haüy, qui divise tous les minéraux en quatre grandes classes, savoir : 1°. les substances *acidifères*, ou formées d'un acide et d'une base salifiable; 2°. les substances *terreuses*, offrant la réunion d'oxides terreux et alcalins; 3°. les substances *inflammables*; 4°. les substances *métalliques*. Il est in-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dispensable, d'après la nature mieux connue des pierres précieuses, de ranger le *diamant*, uniquement formé de charbon, dans la troisième classe ; la *topaze*, dans laquelle on a reconnu l'existence de l'acide fluorique, se trouve comprise dans la première classe, tandis que toutes les autres pierres précieuses appartiennent à la seconde classe. Mais ces changemens, que nécessitent, dans la classification des pierres précieuses, les résultats fournis par l'analyse chimique, n'ont eu aucune influence sur la distribution depuis long-temps adoptée par les lapidaires qui les taillent et par les amateurs qui en font des collections. Le motif en est que cette distribution est fondée principalement sur des qualités dont l'œil est flatté, comme la couleur, la transparence et la vivacité d'éclat. C'est là ce qui a servi à maintenir le rapprochement anciennement fait de variétés prises dans des espèces minérales très différentes. Ainsi, on a continué à réunir, sous le nom de *rubis*, le corindon rouge ou rubis oriental, le spinelle et la tourmaline rouge de Sibérie; à confondre sous le même nom l'émeraude et la tourmaline verte, et à regarder les substances de couleurs bleues, violettes et jaunes, comme appartenant au saphir, à l'améthyste et à la topaze.

Dans cet état des choses, Haüy a senti que le moyen de concilier les anciens usages avec les méthodes scientifiques était de considérer les pierres précieuses de couleurs distinctes et tranchées, comme des genres, dont les substances qui leur ressemblent le plus par la couleur seraient en quelque sorte des espèces. C'est d'après ces considérations, et dans l'intention d'établir une concordance désirable, que, dans son Traité des Pierres précieuses, ce célèbre minéralogiste a divisé ces substances en onze genres distincts ; chacun de ces genres est caractérisé par un ton de couleur particulier, ou par l'absence de toute couleur. Le premier, par exemple, renferme les pierres incolores, comme le diamant, etc. ; dans le second sont rangées les pierres rouges, telles que le rubis, et dans le troisième les pierres qui, ayant une couleur bleue, sont connues sous le nom de *saphir* ; les autres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

genres sont également désignés par les couleurs qui leur sont propres.

Nous croyons faire une chose agréable à nos lecteurs, en reproduisant ici, presque en son entier, le tableau qui termine ce traité, et dans lequel son célèbre auteur a rangé méthodiquement toutes les pierres dites *précieuses*, parce qu'elles sont taillées par le lapidaire, comme objet d'ornement. Chaque espèce faisant partie de l'un des onze genres porte deux noms, celui qu'on lui donne dans le commerce, et celui qu'elle a reçu dans la méthode minéralogique. Cette concordance sera utile aux personnes qui voudraient s'occuper spécialement de cette partie de la science, en même temps qu'elle sera agréable aux amateurs qui, formant des collections de pierres précieuses, désireraient connaître les espèces minéralogiques auxquelles elles se rapportent. La première colonne de ce tableau renferme la division des pierres gemmes en genres, et leur subdivision en espèces; la seconde indique les couleurs et accidens de lumière qui les caractérisent; les colonnes suivantes contiennent les indications des caractères physiques qui sont propres à chaque espèce, et qui fournissent le moyen de les distinguer les unes des autres, tels que la pesanteur spécifique ou densité, la dureté, la réfraction, et la faculté qu'ont quelques-unes de devenir électriques par la chaleur. Quelques détails nécessaires pour bien comprendre l'application de ces caractères nous semblent devoir précéder le tableau qui présente la classification des pierres précieuses.

Couleur. Les pierres précieuses doivent leur couleur à des oxides métalliques qui, divisés presque à l'infini entre leurs molécules, n'en altèrent point, le plus ordinairement, la transparence. La plupart d'entre elles sont colorées par l'oxide de fer, qui leur communique un grand nombre de nuances plus ou moins foncées, et qui s'y trouve quelquefois assez abondamment pour en détruire la transparence, et leur donner la propriété d'être attirables à l'aimant, comme le grenat en offre l'exemple.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Outre l'oxide de fer, qui est le principe colorant le plus généralement répandu dans les pierres, on en connaît quatre autres, d'après les intéressans travaux de Klaproth et de M. Vauquelin, qui colorent quelques-unes d'entre elles sans en altérer la transparence.

Ainsi, l'émeraude du Pérou doit sa riche couleur verte à l'oxide vert de chrôme.

La chrysoprase doit la sienne, d'un vert pâle, mais d'une nuance agréable, à l'oxide de nickel. L'oxide de manganèse communique tantôt à l'améthyste sa couleur violette, et tantôt une couleur rose à plusieurs autres substances. Enfin, on sait que l'acide chromique colore le rubis spinelle en un rouge vermeil d'un grand éclat.

Densité. Un corps est plus dense qu'un autre, quand, sous un même volume, il pèse plus que lui. Ainsi, de deux sphères égales de platine et d'argent, la première a un poids à peu près double de la seconde. Si l'on pouvait avoir des volumes égaux de divers corps, la différence entre leur poids absolu suffirait pour indiquer leur densité respective ; car on aurait, par ce moyen, le rapport de la masse au volume, qui n'est autre chose que la densité. En effet, pour mesurer la densité d'un corps, il suffit de diviser sa masse, ou bien son poids, qui est proportionnel à sa masse, par son volume.

Mais attendu qu'il est impraticable de réduire les corps à un même volume, on a recours à un autre mode pour estimer leur densité ; ce mode est fondé sur l'axiome suivant : *qu'un corps solide, plongé dans l'eau, perd un poids égal à celui du volume d'eau qu'il déplace.* Il en résulte que, dans l'exemple cité, un poids donné d'argent, occupant un espace double de celui qu'occupe une quantité égale de platine, et déplaçant deux fois autant d'eau que ce dernier, éprouvera une perte double de celle que ferait le platine plongé dans le même liquide.

D'après ce principe, si l'on veut déterminer le poids spécifique ou la densité d'un corps solide, on en prend d'abord le poids dans l'air, puis plongé dans l'eau ; on divise le pre-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mier poids par la perte que le corps a éprouvée par son immersion dans le liquide ; le quotient exprime la densité cherchée, ou combien de fois le corps pèse plus qu'un pareil volume d'eau.

On se sert, à cet effet, d'un instrument d'un usage commode, nommé *balance hydrostatique de Nicholson*, dont on a donné la description à l'article ARÉOMÈTRE. (*V.* ce mot, ainsi que la planche qui y correspond.)

Beaucoup de minéraux, et surtout les pierres précieuses, ayant des densités constantes, on en tire de très bons caractères pour en déterminer la nature.

Dureté. Parmi les caractères qui distinguent les pierres précieuses entre elles, la dureté étant peut-être le plus constant, et qui témoigne le plus de valeur, est celui que l'on a le plus d'intérêt à constater. On juge qu'une pierre est supérieure ou inférieure en dureté à une autre, selon qu'elle raye celle-ci ou qu'elle est rayée par elle. Le diamant les raye toutes sans exception ; sa dureté est donc supérieure à celle des gemmes orientales (variétés du corindon), qui l'emportent sur toutes les autres. On a choisi deux substances qui ont paru propres à faire juger de la dureté des pierres précieuses, le *cristal de roche* et le *verre blanc*. L'épreuve consiste à faire glisser une partie anguleuse de la pierre qu'on veut essayer, sur la surface unie d'une de ces deux substances : le cristal de roche n'est rayé que par les pierres du premier ordre de dureté ; celles du deuxième ordre par leur dureté ne peuvent rayer que le verre. Les lapidaires, qui par leur profession sont à même de comparer journellement les pierres sous le rapport de leur dureté, sont fort habiles dans ce genre d'essai. Telle ou telle pierre peut rayer, soit le cristal, soit le verre, à différens degrés, que l'on distingue en disant qu'elle raye ces substances fortement, médiocrement, ou faiblement.

Réfraction. Il y a des substances naturelles, et un grand nombre de pierres précieuses sont dans ce cas, qui ont la faculté de doubler les objets qu'on regarde à travers deux de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leurs faces opposées ; on dit que ces pierres ont la *double réfraction*. Il importe peu que ces faces soient naturelles ou produites par la taille ; mais il faut que les deux faces que l'on a nommées *réfringentes* soient inclinées entre elles.

Haüy, qui a fait de nombreuses observations sur cette propriété, indique deux moyens de la constater. Le premier consiste d'abord à placer la pierre entre l'œil et un carreau d'une fenêtre, de manière que la vue, fixée sur sa face la plus large, se dirige sur une des faces opposées ; ensuite à présenter, dans le sens horizontal, une épingle tenue par la pointe entre deux doigts de la main gauche, et à la mouvoir un peu de bas en haut, jusqu'à ce que l'image réponde au milieu du carreau. L'image sera simple ou double, selon que la pierre sera douée de la simple ou double réfraction.

On parvient au même but en plaçant une bougie allumée dans une chambre où règne l'obscurité, en appliquant sur une des faces de la pierre une carte percée d'un trou d'épingle, puis en approchant de l'œil une des faces opposées, et en cherchant la position propre à faire apercevoir la flamme de la bougie. Dans le cas où la pierre possède la double réfraction, on a deux images bien nettes, parce que l'effet du trou d'épingle est d'anéantir l'irradiation qui offusque les images lorsqu'on laisse la pierre à découvert. La réfraction peut être forte, à un faible degré, ou à un degré moyen, et ces nuances d'intensité fournissent des caractères distinctifs.

Électricité. Certaines substances, du nombre desquelles sont beaucoup de pierres précieuses, s'électrisent par le frottement et par la chaleur. Si l'on frotte sur du drap un morceau de succin, ou une topaze, ces deux corps s'électrisent, mais non de la même manière ; car, placés dans les mêmes circonstances, ils se comportent différemment. Pour le prouver, on prend (*V.* Pl. 53, fig. 9) un petit barreau *sp* de spath d'Islande, transparent, épais de 2 lignes, arrondi par un bout de manière à entrer dans un tuyau de plume. On fait de l'ensemble un levier qu'on suspend par son centre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gravité à un fil de soie, dont l'extrémité opposée est attachée à l'anneau du support *mn* (fig. 9); on presse une seule fois entre deux doigts le barreau, et on l'abandonne à lui-même jusqu'à ce qu'il ait pris une position fixe. Si, dans cet état, on en approche une topaze frottée, il y a répulsion, c'est-à-dire que le barreau s'éloigne de la topaze, tandis qu'au contraire, si on lui présente du succin également frotté, il y a attraction, ou, ce qui est la même chose, le barreau s'approche du succin. De l'action opposée du fluide de ces corps, on a conclu l'existence de deux fluides, dont le fluide électrique est formé. On a nommé *vitré* le fluide de la topaze et du verre, et *résineux* celui du succin et des résines. Deux corps ayant le même fluide se repoussent; deux corps possédant un fluide différent s'attirent.

Il est à remarquer que le frottement qu'on fait éprouver à un corps ne développe à sa surface qu'un des deux fluides, tantôt le fluide vitré, comme dans la topaze; tantôt le fluide résineux, comme dans le succin. Il en est autrement de la chaleur, qui, dans les cristaux de certaines substances, développe à la fois les deux fluides, de manière que leurs forces y sont concentrées, et qu'elles se manifestent à leurs extrémités dans deux points opposés, auxquels on donne le nom de *pôles*, soit *vitré*, soit *résineux*.

Au moyen d'expériences fort simples, on détermine si une pierre précieuse est électrique. L'une consiste à frotter la pierre sur un morceau de drap, et à l'approcher de corps légers, tels qu'un cheveu, un filament de coton cardé, une barbe de plume, etc., qui s'attachent à la surface de la pierre, et y adhèrent d'autant plus fortement que l'électricité développée y est plus énergique. On se sert avec plus d'avantage encore d'un petit instrument nommé *électromètre*; c'est une petite aiguille (Pl. 53, fig. 10) de cuivre ou d'argent, terminée à chacune de ses extrémités par une boule, et qui est mobile sur un pivot de même métal. Si après avoir frotté la pierre, on la présente vis-à-vis l'une des globules qui terminent l'aiguille, on voit celle-ci se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

approcher, et l'on dit que l'aiguille est attirée par la pierre.

De même, lorsque l'on veut essayer si une pierre est électrique par la chaleur, il suffit de la chauffer modérément et de la présenter à l'une des extrémités de l'aiguille : si la pierre s'est électrisée par la chaleur, elle attire l'aiguille, et la fait tourner à mesure qu'on l'en écarte. On tire de l'électricité de très bons caractères pour distinguer les pierres précieuses, et sans altérer aucunement celles qu'on soumet à cette épreuve.

A l'aide de ces données, indispensables pour la connaissance des caractères propres à distinguer les pierres, et sur les moyens d'en constater la réalité, il sera facile de saisir les détails que comprend le tableau suivant, et dans lequel toutes les pierres précieuses, de quelque ordre qu'elles soient, sont rangées avec une méthode admirable, et digne du célèbre naturaliste qui l'a composé.

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
1er GENRE.					
PIERRES INCOLORES.					
a. *Diamant.*	Éclat très vif, éclat adamantin.	3,5	Raye tous les corps.	Simple.	Nulle.
b. *Saphir blanc* (variété du corindon hyalin.)	Éclat très vif.	4	Raye fortement le cristal de roche.	Double à un faible degr.	*Id.*
c. *Topaze du Brésil* (variété de la topaze), appelée *goutte d'eau* par les lapidaires, et *topaze de Sibérie.*	Éclat très vif.	3,55	*Id.*	Double à un degré moyen.	*Id.*
d. *Cristal de roche* (variété du quartz hyalin).	Éclat du verre dit *cristal.*	2,65	Raye fortement le verre bl.	*Id.*	*Id.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
2e GENRE.					
PIERRES ROUGES.					
a. *Rubis oriental* (variété du corindon).	Rouge - cramoisi.	4,2	Raye fortement le cristal de roche.	Double à un faible degr.	Nulle.
b. *Rubis spinelle* (variété du spinelle).	Rouge - ponceau clair.	3,7	*Id.*	Simple.	*Id.*
c. *Rubis balais* (variété du spinelle).	Rouge de rose ou de vinaigre.	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*
d. *Rubis du Brésil* (variété de la topaze).	Rouge de rose faible.	3,5	*Id.*	Double à un degré moyen.	Sensible.
e. *Grenat syrien* (variété du grenat).	Rouge - violet velouté.	4	Raye médiocrement le cristal.	Simple.	Nulle.
f. *Grenats de Bohéme et de Ceylan* (variété du grenat).	Roug. vineux, mêlé d'orangé.	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*
g. *Tourmaline* (sibérite).	Rouge - pourpre aux Ét. Unis. Rouge - violet en Sibérie.	3	Raye faiblement le cristal de roche.	Double à un degré moyen.	Sensible.
3e GENRE.					
PIERRES BLEUES.					
a. *Saphir oriental* (variété du corindon).	Bleu barbeau.	4	Raye fortement le cristal.	Double à un faible degr.	Nulle.
b. *Saphir indigo* (autre variété du corindon).	Bleu très foncé.	*Id.*	*Id.*	*id.*	*Id.*
c. *Béril*, ou *aigue-marine* (variété de l'émeraude)	Bleu de ciel clair.	2,7	Raye faiblement le cristal.	*Id.*	*Id.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
d. *Tourmaline des États-Unis* (variété de la tourmaline).	Bleu peu intense.	3	Raye faiblement le cristal.	Double à un degré moyen.	Nulle.
e. *Saphir d'eau* (variété du dichroïte).	Bleu-violet ou jaune-brunâtre, selon que le rayon visuel est dirigé parallèlement ou perpendiculairement à l'axe.	2,7	*Id.*	Double à un faible degr.	*Id*
4e GENRE.					
PIERRES VERTES.					
Émeraude orientale (variété du corindon).	Vert plus ou moins obscur.	4,2	Raye fortement le cristal.	*Id.*	*Id.*
Émeraude du Pérou (variété de l'émeraude).	Vert pur.	2,8	Raye faiblement le cristal.	*Id.*	*Id.*
Émeraude du Brésil ou *des États-Unis* (variété de la tourmaline).	Vert tirant sur l'obscur.	3	*Id.*		*Id.*
Chrysoprase (variété du quartz agate).	Vert pomme ou blanchâtre.	2,6	Raye médiocrement le verre bl.		*Id.*
5e GENRE.					
PIERRES BLEU-VERDATRES.					
a. *Aigue-marine orientale* (variété du corindon).	Éclat très vif.	4	Raye fortement le cristal.	*Id.*	*Id.*
b. *Aigue-marine de Sibérie* (variété de l'émeraude).	Couleur peu intense, éclat vif.	2,6	Raye faiblement le cristal.	*Id.*	*Id.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
6e GENRE.					
PIERRES JAUNES.					
a. *Topaze orientale* (variété du corindon).	Jaune de jonquille.	4	Raye fortement le cristal.	Double à un faible degr.	Nulle.
b. *Topaze du Brésil* (variété de la topaze).	Jaune foncé ou roussâtre.	3,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*
c. *Aigue-marine jonquille* (variété de l'émeraude).	Jaune un peu élevé.	2,6	Raye faiblement le cristal.	*Id.*	*Id.*
d. *Jargon de Ceylan* (variété du zircon).	Jaune-souci, éclat vif.	4,4	*Id.*	Double à un très haut degré.	*Id.*
7e GENRE.					
PIERRES JAUNE-VERDATRES, OU VERT-JAUNATRES.					
a. *Péridot oriental* (variété du corindon).	Vert-jaunâtr.	4	Raye fortement le cristal.	Double à un faible degr.	*Id.*
b. *Chrysobéryl*, ou *chrysolite orientale* (variété de la cymophane).	Jaune-verdâtre, éclat très vif.	3,8	Raye fortement le cristal.	Double à un degré moyen.	*Id.*
c. *Béryl*, ou *aigue-marine-péridot* (variété de l'émeraude).	Jaune-verdâtre, éclat vif.	2,6	Raye faiblement le cristal.	Double à un faible degr.	*Id.*
d. *Jargon de Ceylan* (variété du zircon).	Jaune-verdâtre, éclat adamantin.	4,4	Raye médiocrement le cristal.	Double à un très haut degré.	*Id.*
e. *Péridot.*	Vert-jaunâtr.	3,4	Raye faiblement le verre bl.	Double à un haut degré.	Sensible.
f. *Péridot de Ceylan* (variété de la tourmaline).	Jaune-verdâtre.	3	Raye faiblement le cristal.	Double à un faible degr.	Nulle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
8e GENRE.					
PIERRES VIOLETTES.					
a. *Améthyste orientale* (variété du corindon).	Violet faible.	4	Raye fortement le cristal.	Double à un faible degr.	Nulle.
b. *Améthyste* (variété du quartz hyalin).	Couleur rarement répandue uniformément.	2,7	Raye fortement le verre bl.	Double à un degré moyen.	*Id.*
9e GENRE.					
PIERRES DONT LA COULEUR EST UN MÉLANGE DE ROUGE-AURORE ET DE BRUN.					
a. *Hyacinthe* (variété de l'essonite).	Rouge-ponceau, jaune seul, vue de près.	3,6	Raye faiblement le cristal.	Simple.	Sensib.
b. *Vermeille* (variété du grenat).	Rouge-ponceau, toujours rouge vue de près.	4,4	Raye médiocrement le cristal.	*Id.*	*Id.*
c. *Hyacinthe zirconienne* (variété du zircon).	Rouge-ponceau, avec forte teinte de brun.	*Id.*	*Id.*	Double à un très haut degré.	Nulle.
d. *Tourmaline de Ceylan.* (variété de la tourmaline).	Brun mêlé de rouge-aurore.	3	Raye faiblement le cristal.	Double à un faible degr.	*Id.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
10e GENRE.					
PIERRES CARACTÉRISÉES PAR DES REFLETS PARTICULIERS.					
a. *Astérie* (corindon étoilé).	Six rayons blanchâtres, partant du centre et formant angles égaux.	4	Raye fortement le cristal.	Nulle.	Nulle.
1. Astérie rubis.	Fond rouge.				
2. Astérie saphir.	Fond bleu.				
3. Astérie topaze.	Fond jaune.				
b. *Opale* (quartz résinite opalin, à couleur d'iris).		2,1	Raye faiblement le verre bl.	*Id.*	*Id.*
Opale à flammes.	Fond laiteux à bandes.				
Opale à paillettes.	Fond laiteux à taches.				
Opale jaune.	Fond jaunâtre.				
c. *Girasol oriental* (corindon girasol).	Fond savonneux, reflets faibles.	4	Raye fortement le cristal de roche.	*Id.*	*Id.*
d. *Pierre de lune, argentine*, ou *œil de poisson* (feldspath nacré).	Fond blanchâtre à reflets blancs nacrés ou bleus.	2,6	Raye peu le cristal, et médiocrement le verre bl	*Id.*	*Id.*
e. *Pierre du soleil*, ou *aventurine orientale* (feldspath aventuriné).	Fond jaune d'or, parsemé de points d'un jaune-rougeâtre.	2,6	Raye légèrement le cristal.	*Id.*	*Id.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Accidens de lumière.	Densité.	Dureté.	Réfraction.	Électricité produite par la chaleur.
11e GENRE. — PIERRES OPAQUES, DONT LA COULEUR VARIE ENTRE LE BLEU ET LE VERT.					
a. *Turquoise de la vieille roche* (turquoise pierreuse).	Bleu céleste, ou vert céladon.	2,4	Raye à peine le verre bl.	Nulle.	Nulle.
b. *Turquoise de la nouvelle roche* (turquoise osseuse).	Bleu foncé, bleu clair ou vert-bleuâtr.	3	Ne raye pas le verre bl.	*Id.*	*Id.*

Nous n'entrerons ici dans aucun détail sur la valeur du diamant, ni sur les moyens que l'on emploie pour le tailler, ainsi que les pierres précieuses, ces objets ayant été traités en détail aux articles DIAMANT et LAPIDAIRE ; mais comme il n'y est fait aucune mention de la valeur des autres gemmes, nous allons donner quelques renseignemens que nous nous sommes procurés sur la valeur comparée de ces pierres, et que nous devons à l'obligeance de M. Ouizille, joaillier du Roi.

1er GENRE.	Diamant ou brillant.....	pesant	3 karats	1500 fr.
	Rose.....		3	1000
	Saphir blanc.....		3	300
	Topaze du Brésil.....		3	100
	Cristal de roche.....		3	30
2e GENRE.	Rubis oriental.....		3	1200
	—— spinelle.....		3	600
	—— balais.....		3	300
	—— Brésil.....		3	100
	Grenat syrien.....		3	100

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Grenat de Bohême.	pesant	3 karats	40 fr.
	—— de Ceylan.		3	20
	Tourmaline (sibérite).		3	10
3e GENRE.	Saphir oriental.		6	900
	Aigue-marine bleue.		6	160
	Tourmaline des États-Unis		6	
	Saphir d'eau.		6	60
4e GENRE.	Émeraude orientale.		6	1500
	——— du Brésil.		6	450
	——— des États-Unis.			
	Chrysoprase orientale.		10	300
	——— du Brésil.		10	100
5e GENRE.	Aigue-marine orientale.		10	600
	——— de Sibérie.		10	300
6e GENRE.	Topaze orientale.		6	800
	—— du Brésil.		6	120
	Aigue-marine jonquille.		6	100
	Jargon de Ceylan.			
7e GENRE.	Péridot oriental.		6	200
	Chrysolite orientale.		6	200
	Aigue-marine jaune.		6	90
	Péridot tourmaline.		6	50
8e GENRE.	Améthyste orientale.		10	300
	Améthyste (quartz).		10	50
9e GENRE.	Hyacinthe.		6	120
	Vermeille.		6	90
	Tourmaline de Ceylan.		6	36
10e GENRE.	Astérie étoilée —— rubis —— saphir —— topaze	} La valeur en est idéale, ainsi que celle des girasols et pierres de lune et du soleil.		
	Opale. De la grosseur d'un pois, vaut depuis 60 fr. jusqu'à 1000. Cela dépend absolument de la multiplicité des couleurs ; plus le rouge domine, plus elle a de prix.			
11e GENRE.	Turquoise de vieille roche.		3	300
	——— de nouvelle roche.		3	150

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous terminerons cet article par la description, pleine d'intérêt, que Faujas de Saint-Fond, dans un mémoire inséré au VI^e^ vol. des Annales du Muséum d'Histoire naturelle, a faite de procédés en usage dans quelques villes du Palatinat du Rhin, pour creuser, tailler et polir les agates. Les détails suivans sont empruntés à ce mémoire, ainsi que l'esquisse d'un atelier où l'on s'occupe de la taille de ces pierres, et dont les machines, mues par l'eau, sont très différentes de celles que les lapidaires emploient ordinairement.

C'est principalement à Oberstein, petite ville du Palatinat, située sur la Nahe, et environnée de montagnes abondantes en agates, que l'on fabrique la plupart des mortiers, des chandeliers, des tabatières et autres objets volumineux de cette matière, qu'on trouve dans le commerce à un prix fort modéré, eu égard au temps et au travail que leur confection semblerait exiger. Les habitans, dont la plupart n'ont point d'autre occupation, y parviennent par des moyens simples, expéditifs, conséquemment peu dispendieux, et dont il sera facile de se faire une idée par l'examen de la Pl. 53 des *Arts chimiques*, fig. 8.

« Elle représente l'intérieur d'un moulin à agate d'Oberstein, ou plutôt l'atelier dans lequel quatre à cinq meules, attachées au même axe, sont mises en activité au moyen d'un engrenage fort simple, et d'un courant d'eau qui a de la chute et du volume. Ces meules, d'un grès rouge très dur, ayant chacune 6 pieds de diamètre, 1 pied et demi d'épaisseur, et tournant verticalement avec une grande rapidité, ne s'élèvent au-dessus du plancher que de 3 pieds, tandis que le reste plonge dans un canal souterrain. Un petit filet d'eau, tombant d'une gouttière placée au-dessus de chacune d'elles, les mouille continuellement, et de vieux chiffons d'étoffes coiffent le haut de ces meules, pour empêcher l'eau de jaillir sur les ouvriers. Cette précaution est d'autant plus nécessaire, que les ouvriers travaillent étendus et couchés à plat ventre en face de la meule, les pieds retenus par de forts piquets fichés en terre, qui leur donnent la facilité de faire avancer ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reculer le banc mobile et creux sur lequel leur corps porte, en tendant plus ou moins les jarrets.

» Dans cette position, et munis d'un bâton de bois d'un pouce de circonférence, court et d'une texture flexible comme le bois de saule ou de bouleau, ils retiennent, à l'aide de ce bout de bois qu'ils appuient fortement contre la planche en avant du banc, l'agate qu'ils veulent façonner, contre la meule qui tourne rapidement. La dureté du grain de cette meule, la forte pression de l'agate contre elle, que l'ouvrier augmente ou diminue à volonté par les efforts qu'il fait contre les piquets qui retiennent ses pieds, ont bientôt usé ces agates. Ces ouvriers sont si exercés à ce travail, qu'en se servant tantôt des angles de la meule, tantôt de quelques parties convexes qu'ils pratiquent à dessein sur sa face tournante, ils exécutent avec dextérité des ouvrages qui exigeraient de longs travaux sans cette manière simple et expéditive d'opérer. Ils perdent, à la vérité, beaucoup de matière; mais les agates sont si communes à Oberstein, qu'ils n'y regardent pas de si près. Ils commencent par dégrossir les morceaux qui présentent des saillies trop anguleuses, au moyen de marteaux, dont ils se servent avec autant de dextérité que les ouvriers qui taillent des PIERRES A FUSIL. (*V.* ce mot.)

» Quand on veut faire des mortiers ou des tabatières, on les creuse aisément, au moyen de morceaux de grès taillés en forme de cônes ou de calottes sphériques, et ces espèces de cylindres, attachés à des poupées, sont mis en mouvement par l'eau, et tournent avec une grande rapidité.

» Lorsqu'on a taillé et creusé les agates, on s'occupe de les polir. On se sert des roues et des cylindres de bois mou qui dans la gravure sont placés vis-à-vis des grosses meules, et qui sont mis en mouvement par des lanières de cuir qui passent sur le grand arbre. Ces roues ou cylindres sont enduits d'une matière d'un rouge-violâtre qui, selon Faujas, provient de la décomposition d'un porphyre qui se trouve dans les environs d'Oberstein; mais les ouvriers d'Oberstein en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

font un secret. Le travail du polissage n'est point très rude, et n'exige pas beaucoup de force, car le plus souvent il est exécuté par des femmes.

Il existe à Oberstein et aux environs trente-trois moulins comme celui que Faujas a décrit; deux autres en activité à Elveler, bourg situé à 5 lieues d'Oberstein et à une lieue de Birkenfeld, et dirigés par les sieurs Procher et Marcker, sont surtout remarquables par l'importance et la variété des travaux qu'on y exécute. Les objets qui sortent de ces dernières fabriques se distinguent par le goût et la perfection dans les formes, ainsi que par le choix dans les matières. L*****R.

PIERRES PRÉCIEUSES ARTIFICIELLES (*Technologie*). M. de Fontanieu avait déjà indiqué depuis long-temps les moyens d'imiter les pierres précieuses, mais on avait reconnu que ses procédés étaient inexacts et insuffisans; la Société d'Encouragement avait proposé un prix de 1200 fr. à celui qui résoudrait le problème. Elle décerna, en 1819, le prix à M. Douault-Wieland, joaillier de Paris, qui a donné les procédés que nous ferons connaître au mot STRASS. Il imite si parfaitement le diamant, que le Régent, dont il avait exposé cette année une copie parfaite, est infiniment plus beau que l'original, quant à l'éclat; il ne lui manque absolument que la dureté pour surpasser de beaucoup son modèle. Toutes les autres pierres précieuses sont parfaitement imitées. On n'emploie plus aujourd'hui que les recettes de cet habile artiste, et celles de M. Wynn, Anglais, dont nous ferons connaître les procédés au même mot STRASS. L.

PIEUX, PILOTIS, PILOTS (*Arts mécaniques*). Des pièces de bois dur sont terminées en pointe et quelquefois ferrées aux deux bouts, et il s'agit de les enfoncer en terre. Dans les cas ordinaires, on se contente de frapper sur la tête du pieu à grands coups de masses: mais lorsqu'il est nécessaire d'enfoncer des pilots d'une certaine grosseur, il faut avoir recours à des machines; la plus ordinairement employée porte le nom de SONNETTE (*V.* ce mot); elle sera décrite à son article.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après avoir sondé le fond où l'on veut travailler, pour en reconnaître la nature, on sait quelle est la constitution des bancs dont il est formé dans toute la profondeur de la *fiche*, terme qui désigne la partie du pilot qui doit être enfoncée. On proportionne la force du pilot et celle du *mouton* à la résistance qu'on doit vaincre; le frottement exercé à la surface, lorsque le pilot est entré à 15 ou 16 pieds, rend inutiles tous les efforts, et la percussion d'un mouton de 3 à 400 kilogrammes est impuissante pour le faire entrer davantage. On dit alors *que le pilot est enfoncé à refus*. (*V.* PILOTS.)

On élève d'abord le pieu avec des poulies attachées aux montans de la sonnette; des hommes portés par l'échafaud de l'appareil dressent le pieu et le garottent après les montans, en le disposant verticalement : on fait ensuite agir le mouton. Quand on doit planter une suite de pilots, comme lorsqu'on veut fonder une écluse, il faut toujours commencer par ceux du centre, et s'avancer graduellement vers la circonférence, parce que les pieux, en s'enfonçant, refoulent la terre autour d'eux, et rendent plus difficile l'opération qui suit. Il faut faire cheminer la sonnette, pour la porter de lieu en lieu, au-dessus des endroits qu'on veut battre. Aussi, lorsqu'on doit enfoncer des pilots dans un terrain inondé, fait-on porter la machine sur des pontons, qu'on amarre solidement avant de manœuvrer la SONNETTE. Ce sujet sera exposé avec plus de détails lorsque nous décrirons cet appareil.

Souvent on veut arracher des pieux déjà implantés en terre. A cet effet, on perce horizontalement la tête du pilot, qu'on a préalablement dégagée, à 1 pied environ du haut. On entre dans ce trou une broche de fer, sur laquelle l'effort de traction doit s'exercer à l'aide d'une machine.

On a imaginé divers appareils propres à arracher les pieux: nous décrirons les plus usités.

Un écrou horizontal est retenu dans des collets portés par un échafaud; cet écrou peut tourner dans ces collets, mais non pas monter ou descendre. Des leviers qui arment cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pièce servent à lui donner le mouvement de rotation. Une vis verticale est engagée dans l'écrou ; son bout inférieur est ferré et armé d'une chaîne ou d'une corde, dont on embrasse le pilot au-dessous de la broche. Le mouvement de rotation imprimé à l'écrou fixé dans les collets force la vis de monter : cette vis, en tirant la chaîne, soulève le pieu et l'arrache de terre. La seule difficulté est d'asseoir la machine sur une base assez solide pour résister à l'effet de traction, et d'empêcher les câbles et la vis de se rompre.

Quelquefois on établit une MOUFLE au-dessus du pilot ; la corde qui serre la tête du pieu est passée dans la moufle, et on la tire de haut en bas, soit à force de bras, soit à l'aide d'un cabestan adapté au bas des montans qui soutiennent la moufle.

La fig. 11, Pl. 45 des *Arts mécaniques*, représente une des machines les plus en usage pour arracher les pieux. ZQ est un madrier ayant en K un point d'appui sur lequel il peut basculer dans une encoche K. Les bras de ce levier sont, par exemple, GK = 1, KL = 8. D'abord le madrier est à peu près horizontal sur le sol ; on enlève l'extrémité L avec des cordes passées sur un treuil P ; puis, lorsque le bout G est arrivé au point le plus bas, on l'attache à la tête du pieu avec des cordes, bien entendu que le madrier est garni des ferremens nécessaires à la manœuvre. Alors on lâche le treuil, et l'on abandonne le madrier à son propre poids, qui, exerçant sa force au centre de gravité de la longueur KL, agit puissamment sur le pilot. Des manœuvres montés sur le bout L aident l'effet par leur poids et par des secousses cadencées. On peut même se servir encore du treuil pour opérer une traction.

Dans les lieux exposés au flux et reflux de la mer, on peut arracher les pieux en les attachant, à basse mer, à des corps destinés à flotter ; la pression que l'eau exerce en montant suffit à l'objet proposé, quand le corps flottant a une étendue suffisante.

M. Révillon, considérant que tous ces appareils tiennent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la place, qu'ils exigent souvent l'emploi des forces de beaucoup d'ouvriers qui se nuisent entre eux, et sont très coûteux ; enfin, que ces divers procédés ne sont pas propres à toutes les localités, a conçu l'idée d'un arrache-pieu, qu'il nomme *balancier à percussion*, dont l'effet est puissant, parce qu'on y emploie la force vive, et qui n'est ni dispendieux ni difficile à manœuvrer.

Concevons un BALANCIER monétaire, formé d'un volant horizontal et d'une vis verticale non solidaire avec lui ; cette vis ne peut monter ni descendre ; elle est retenue dans des collets, où elle se meut le plus librement possible. Le volant porte près de son centre deux taquets, qui viennent battre sur deux autres qui sont fixés à la tête de la vis. On comprend que lorsque l'on imprime au volant un mouvement circulaire, il arrive un instant où les taquets qu'il porte vont frapper en buttant contre ceux de la vis. Ce choc a une force qui dépend de la masse du volant, de la vitesse de rotation qu'on lui imprime, enfin, de la distance des taquets à l'axe. M. Révillon a fait servir ce balancier de moyen d'action à diverses machines, telles que des pressoirs à vin, à huile, des balanciers pour frapper des monnaies, etc.

Pour en faire un arrache-pieu, il suffit d'engager la vis dans un écrou mobile, et de fixer à cet écrou deux crochets, auxquels on attache la corde ou la chaîne qui saisit le pieu. A chaque coup qu'on donne, l'écrou tend à monter sur la vis, et augmente la tension des cordes, jusqu'à ce que la résistance du pieu soit surmontée. Cet effet ne peut manquer d'avoir lieu, puisque cette machine emploie une énorme force vive, qui sert puissamment à détruire l'adhérence des pieux à la terre. FR.

PIGEON (*Agriculture*). De tous les oiseaux réduits à l'état de domesticité, le pigeon n'est pas le moins productif ; surtout la variété qu'on nomme *biset*, et qui peuple les colombiers, rend d'assez grands profits, parce qu'on ne donne à manger à cette espèce que pendant le peu de temps que la neige ou la glace couvre la terre, et que le reste de l'année

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il se suffit à lui-même. C'est à tort qu'on l'a accusé de détruire les semis de céréales ; il est prouvé que ce n'est que par hasard que le pigeon réussit à trouver un peu de blé, d'orge ou d'avoine, dans les champs récemment ensemencés ; qu'il se nourrit au contraire habituellement de graines parasites ou nuisibles, et rend service aux cultures, qu'il contribue à nettoyer : sa fiente est un engrais précieux. (*V.* COLOMBINE et COLOMBIER.) Nous devons dire cependant qu'on a calculé qu'un couple de pigeons et ses quatre petits consomment autant de grain en un an qu'il en faut pour nourrir un homme durant un mois et demi.

Le biset est petit et peu succulent ; mais il ne coûte presque rien à son maître ; il couve durant dix-sept à dix-huit jours, fait une ponte en mars, une en août et une autre dans l'intervalle ; il vit sept à huit ans, et ne pond que pendant quatre. Chaque fois la femelle donne deux œufs, qui très souvent sont des deux sexes ; le coq et la poule nourrissent leurs petits en leur dégorgeant des alimens déjà en partie digérés. Ces oiseaux mangent toute sorte de graines ; mais ils préfèrent le sarrazin, la vesce, les lentilles, l'orge, les pois, le chènevis, etc. ; ils recherchent le sel et le salpêtre avec délices.

On élève aussi des pigeons privés ou de volière. La douceur des mœurs de cette espèce, la beauté de ses formes et de ses couleurs, la propreté de sa robe, le grand nombre de variétés qu'il produit, ses habitudes familières de domesticité, en font un des plus agréables ornemens des maisons de campagne. Ce pigeon mange beaucoup, et ne rachète pas la dépense qu'il cause par les produits de sa fécondité. Cependant on se plaît à le voir voler autour de l'habitation et animer le paysage, et la succulence de sa chair en fait encore un mets recherché. FR.

PIGNON (*Technologie*). On désigne sous le nom de *pignon*, une petite roue dentée qui engrène dans les dents d'une grande roue, dont il est destiné à accélérer ou à ralentir le mouvement, selon qu'il est mené par la roue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans laquelle il engrène, ou bien lorsqu'il mène cette roue.

Les pignons sont ordinairement en acier, et sont pris sur l'axe même de la roue qu'ils portent. Lorsque des cas particuliers ne permettent pas de prendre le pignon sur l'axe même, ce qui arrive lorsque le nombre des dents qu'il doit avoir dépasse le nombre 12, et qu'alors il devient très gros, on le prépare à part, dans un morceau de bon acier qu'on perce; on l'ajuste parfaitement sur la tige qui doit servir d'axe, et qu'on a tournée avec exactitude; on le fixe à la place convenable par de bonnes rivures, ou mieux par un paillon de bonne soudure en argent. On le tourne sur cet axe, on le divise selon le nombre de dents qu'il doit avoir; dents que l'on nomme *ailes*, et on le termine comme nous allons l'indiquer. Ce cas est celui où le pignon doit agir dans l'intérieur de la cage, ou entre les deux platines du mouvement.

Mais lorsque le pignon doit agir hors de la cage, alors on prolonge la tige ou l'axe au-dessus de cette platine; on pratique un carré dans la partie excédante, et c'est sur ce carré qu'on ajuste le pignon, et on l'y fixe par une goupille qu'on enfonce dans un trou pratiqué dans ce carré, au-dessus du pignon, qu'on tourne sur les pointes ou les pivots de l'axe, car il est important qu'il soit parfaitement rond.

Le diamètre du pignon dépend du nombre de ses *ailes*, et du nombre des dents de la roue dans laquelle il doit engrener. Dans les pendules, et surtout dans les horloges, on se sert d'une bande de carte qui a, pour largeur, environ l'épaisseur de la roue qui doit être fendue, mais non encore arrondie; on compte sur cette roue autant de dents que doit avoir le pignon et deux en sus, c'est-à-dire que si le pignon doit avoir 16 ailes, on prend sur la roue la distance qu'ont entre elles 18 dents pleines, on coupe la bande de carte de cette longueur; elle donne la circonférence que doit avoir le pignon. On diminue le pignon, sur le tour, jusqu'à ce que, en appliquant la carte sur sa circonférence, ses deux bouts se rejoignent : c'est la règle que prescrit F. Berthoud, Essai

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'Horlogerie. On fend ensuite le pignon, et on le termine.

On trouve aujourd'hui, dans le commerce, de l'acier tiré à la filière, de toute grosseur, tant pour montre que pour pendule, portant les nombres les plus usités en Horlogerie, de sorte qu'il est rare que l'on soit obligé de les préparer et de les fendre exprès.

Voici les règles que les horlogers suivent généralement pour déterminer la grosseur des pignons; ils se servent pour cela d'une espèce de petit compas à ressort, qu'ils nomment *calibre à pignon*. Il est formé de deux ressorts ajustés par deux vis sur un manche en laiton, et qui tendent toujours à s'ouvrir. Une longue vis est fixée sur un des ressorts, et traverse l'autre dans un trou oblong : un écrou en laiton à tête goudronnée appuie sur ce ressort et règle l'ouverture des deux pointes, qui se recourbent un peu l'une vers l'autre. On arrondit à la main quelques dents de la roue dans laquelle doit engrener le pignon.

Grosseur des pignons de montre.

Pour un pignon de 6, on prend trois dents de la roue sur la pointe, c'est-à-dire que les deux pointes du calibre à pignon, appuyant sur la première et la troisième dent, doivent embrasser intérieurement la pointe ou le milieu de ces deux dents;

Pour un pignon de 7, trois pointes et un tiers de la distance à la quatrième dent;

Pour un pignon de 8, trois pointes et deux tiers;

Pour un pignon de 9, quatre pointes;

Pour un pignon de 10, quatre pointes et un tiers;

Pour un pignon de 11, quatre pointes et deux tiers;

Pour un pignon de 12, cinq pointes.

On continue de même en ajoutant, pour chaque aile de plus, un tiers de la distance d'une dent à l'autre. Nous ne sommes pas ici tout-à-fait d'accord avec F. Berthoud; la différence est petite, mais l'expérience en a démontré la nécessité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons supposé ici que la roue mène le pignon ; mais lorsque le pignon mène la roue, il faut ajouter un tiers de la distance d'une dent à l'autre, pour chacune des proportions que nous avons indiquées.

Grosseur des pignons de pendule.

Les pignons de pendule doivent être généralement plus gros que ceux des montres, parce que, comme le fait très bien observer F. Berthoud, les roues sont ici ordinairement beaucoup plus nombrées, que les dents se pénètrent moins, et que par cette raison le rayon *primitif* du pignon se rapproche plus de son rayon *vrai*. On leur donne donc, comme pour le pignon des montres qui mène, un tiers de la distance de deux dents de plus que dans les règles que nous avons données plus haut.

Avant de tremper les pignons, on les présente avec la roue sur l'outil aux engrenages, et on les rectifie si cela est nécessaire. En efflanquant les pignons, on doit faire attention que les ailes aient plus de *vide que de plein*, qu'elles se dirigent bien vers le centre de l'axe, qu'elles ne penchent ni d'un côté ni de l'autre, et que le fond soit également enfoncé, ce qui est facile à observer, en atteignant avec la lime un petit cercle qu'on a tracé sur le tour, et qu'on a soin de ne pas dépasser. L.

PILE GALVANIQUE (*Arts physiques*). L'histoire de la découverte du galvanisme est étrangère au but que nous nous proposons dans ce Dictionnaire ; nous n'en parlerons donc pas, non plus que des erreurs auxquelles elle a donné lieu. Pour connaître l'origine de cette découverte et des opinions qu'elle a fait naître, nous renverrons aux Traités de Physique de Haüy, de M. Biot, de M. Despretz, etc. ; d'ailleurs, ce qui en a été dit à l'article GALVANISME peut donner une idée exacte de ce genre de phénomènes.

Qu'il nous suffise donc de rappeler ici que c'est à Volta qu'on doit la vraie théorie du galvanisme. Cet illustre physi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cien reconnut que dès qu'on met en contact deux corps de substances différentes, leur électricité naturelle se décompose; les deux fluides (*V.* ÉLECTRICITÉ) qui y étaient combinés et se dissimulaient mutuellement, se séparent en vertu d'une force inconnue, qu'on a nommée *électromotrice :* l'un des corps possède l'électricité *vitrée* ou *positive ;* l'autre, l'électricité *résineuse* ou *négative.* Mais il faut, pour que la présence de ces fluides se manifeste, des circonstances particulières qui soient favorables à cette expérience.

Ainsi, dès qu'un morceau de zinc en touche un de cuivre, à l'instant les électricités naturellement combinées dans ces métaux se séparent; la vitrée se porte sur le zinc, la résineuse sur le cuivre. Mais, d'une part, l'intensité électrique est très faible, et, de l'autre, ces fluides se dissipent par les conducteurs qui les font communiquer avec le sol, et il ne se manifeste aucun phénomène sensible. Ainsi, dans l'état ordinaire des choses, nous ne pouvons apercevoir aucun effet des contacts si variés des corps dont nous sommes entourés, quoique certainement leurs électricités naturelles soient dans un mouvement perpétuel, parce que la puissance électromotrice ne crée que des électricités insensibles par leur faible tension, et qui se dissipent en se renouvelant sans cesse. Mais si l'on saisit deux disques, l'un de zinc, l'autre de cuivre, avec des manches isolans, le conducteur manifestera bientôt l'électricité développée par le simple contact.

On doit donc regarder une pièce de métal formée de zinc et de cuivre, comme une petite machine électrique en action permanente : le contact des deux métaux reproduit à chaque instant le fluide électrique qu'on en enlève. Tous les corps ne sont pas également propres à mettre en évidence cet effet; les uns sont moins bons conducteurs, les autres exercent une force électromotrice moins active : ce sont les métaux qui se prêtent le mieux à l'expérience. Le zinc et le cuivre sont préférés dans la composition des appareils galvaniques, parce que ces métaux ont peu de valeur, et développent une puissance assez énergique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jusqu'ici, l'électricité développée par le contact du zinc avec le cuivre est si faible, qu'on la peut à peine apercevoir; mais en multipliant les pièces bi-métalliques, on peut accroître la tension électrique. On soude à l'étain un disque de zinc sur un disque de cuivre, et ce système est appelé une *paire*. On empile ces paires les unes sur les autres, en les séparant par des rondelles humides de carton ou de drap; on fait en sorte que tous les disques aient le zinc tourné du même côté, soit en bas, soit en haut : cet assemblage est ce qu'on appelle la *pile de Volta*. La fig. 6, Pl. 16 des *Arts physiques*, représente cette pile; on maintient les disques par quatre tubes de verre verticaux, qui s'opposent au renversement, lorsqu'on expérimente.

Voici l'effet de cet appareil. La plaque inférieure c est en cuivre et communique au sol; elle est donc à l'état naturel : celle z de zinc qui pose dessus est couverte d'une certaine quantité d'électricité vitrée que le contact du cuivre a développée; nommons-la x. Le conducteur humide qui est juxta-posé au zinc s'électrise par partage; mais la tension x n'est pas pour cela affaiblie, parce que le sol fournit l'électricité nécessaire pour satisfaire à la puissance électromotrice qui doit développer la dose x d'électricité par le contact du cuivre et du zinc. Le cuivre c' qu'on pose sur la rondelle se charge aussi de la dose x d'électricité vitrée, par la même raison; mais les lames c' et z' agissent l'une sur l'autre par leur contact, de manière à se constituer dans des états électriques tels, que z' ait x d'électricité de plus que c'; ainsi, c' en ayant déjà x, z' en aura $2x$. La rondelle humide placée sur z' aura aussi $2x$, ainsi que le cuivre qu'elle porte, et ainsi de suite.

On voit donc que les paires ascendantes possèdent sur le zinc les électricités vitrées, en dose x, $2x$, $3x$, $4x$..., c'est-à-dire en progression arithmétique; les bases en cuivre n'ont que 0, x, $2x$, $3x$... La $n^{ième}$ plaque supérieure en zinc est chargée de nx d'électricité vitrée.

Observez que tout se passerait de même si chaque plaque tournait en bas la face zinc; seulement la pile serait chargée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'électricité résineuse. Il faut, dans tous les cas, que les dispositions des trois élémens soient alternatives, savoir [(*cuivre, zinc, conducteur*), (*cuivre, zinc, conducteur*),] et ainsi de suite.

Nous avons supposé que la base de la pile était en communication avec le sol; si elle posait sur du verre ou de la résine, on verrait, en raisonnant de même, que les deux extrémités seraient chargées d'électricités contraires, dont la tension serait, pour chacune, la moitié de ce qui se développe dans la précédente pile; que les disques à égale distance des extrémités ont des charges égales entre elles, mais que ces charges vont en décroissant en progression arithmétique à mesure qu'on s'approche du milieu, qui est à l'état naturel.

Les deux extrémités d'une pile s'appellent les *pôles*.

Ces *piles à colonne* ont l'inconvénient que les rondelles conductrices sont pressées par le poids des disques supérieurs, ce qui fait sortir l'eau dont elles sont mouillées. Cette eau établit au dehors de la colonne une communication qui nuit aux effets. D'ailleurs, les rondelles se dessèchent, et la pile cesse de fonctionner. On y a donc renoncé.

Mais on peut disposer la colonne horizontalement; et comme il est alors difficile de maintenir les plaques serrées et verticales, on change l'appareil en une *pile à auges* (fig. 7). Dans une boîte allongée, on fixe parallèlement des plaques bi-métalliques zinc et cuivre, en forme de diaphragmes, qui partagent la boîte en cases étroites. On soude ces plaques aux parois avec de la résine, afin que ces auges ni les plaques n'aient aucune communication entre elles; enfin, on emplit ces auges du liquide conducteur, qui est de l'eau salée ou animée par de l'acide sulfurique ou nitrique: on emploie l'hydrochlorate de soude ou d'ammoniaque.

Comme la condition essentielle d'une pile est que les plaques bi-métalliques zinc et cuivre soient séparées par un conducteur, et que ces plaques ni ces conducteurs ne communiquent pas ensemble ni avec le sol, il est clair que la pile à auges remplit cette condition, et qu'elle n'est qu'une pile

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à colonne renversée horizontalement, dont les rondelles sont remplacées par un liquide. On a soin d'essuyer les bords supérieurs des auges, pour détruire toute communication. La résine qui cimente les disques et tapisse les parois de la boîte isole complètement le liquide et les métaux.

Il est même bon de séparer ces disques par un tube de verre courbé à la lampe en forme d'U, qui suive les bords du disque et l'entoure pour l'isoler. On est dans l'usage de composer le ciment de 4 parties de brique pilée, de 3 résine et de 1 de cire jaune. Ce mastic étant liquéfié par la chaleur, on en met une couche de 4 à 5 millimètres au fond et sur les parois de la boîte; ensuite on trempe les tubes dans le bain de mastic, et on les colle parallèlement dans la boîte; enfin, on applique les lames bi-métalliques, le cuivre étant pour toutes tourné du même côté.

On compose des batteries formées de plusieurs piles à auges, communiquant ensemble par des fils métalliques; la tension qui en résulte est la même que celle d'une pile unique formée de la somme de tous les disques.

Les piles à auges se détruisent rapidement, parce que, sans cesse en action, le liquide acidulé corrode les métaux. On a modifié cet appareil ainsi qu'il suit. La boîte (fig. 8) est divisée en cases par des cloisons de bois, de verre ou de résine; on verse un liquide acidulé dans ces auges, qui n'ont pas de communication entre elles ni avec le sol. Sur une barre horizontale HK, on attache des plaques de métal, cuivre et zinc alternativement, et communiquant deux à deux par un arc métallique, de manière à former des paires, et à développer dans ces plaques les deux électricités contraires, par la seule force électromotrice. Lorsqu'on baisse la barre de bois HK, les plaques sont plongées dans le liquide, et chaque case contient deux plaques de métaux différens, appartenans à des paires différentes.

Ici les disques ne sont pas appliqués par leur surface, comme dans la pile à colonne; mais l'arc métallique qui en fait communiquer deux ensemble produit le même effet. La

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plaque de zinc A et celle de cuivre B réagissent l'une sur l'autre par leur force électromotrice; et le liquide conducteur de la case où B plonge va porter l'électricité développée sur la plaque C de cuivre. Ainsi, les effets de cette pile s'expliquent absolument comme ceux de la pile à colonne; mais on voit qu'ici, lorsqu'on veut suspendre l'expérience, il suffit d'enlever la barre HK, pour que les plaques cessent de plonger, et le liquide n'a plus d'action sur elles.

La fig. 9 représente une pile à couronne de tasses de Volta. Après avoir soudé bout à bout, à l'étain, une plaque de zinc et une de cuivre, on la coude en siphon; on dispose des verres en ligne courbe, et l'on fait plonger chaque lame bi-métallique par ses deux bouts dans deux verres successifs, le cuivre d'un côté, le zinc de l'autre, de manière à former une chaîne continue dont les métaux ne se touchent pas; enfin, on verse la liqueur saline conductrice dans tous ces verres. Cet appareil a le même défaut que les précédens, qui est de se détruire rapidement; mais il offre l'avantage de continuer la chaîne en cercle, et d'en mettre les deux pôles près l'un de l'autre, ce qui rend les expériences faciles à faire.

La pile à auges, imaginée par Accum, et, selon d'autres, par Wollaston, est la plus usitée de toutes. Des vases de verre (fig. 10) sont disposés en ligne sur un plateau que deux montans de bois terminent. Une barre horizontale porte des plaques bi-métalliques *c*, *c*, *c*..., dont nous donnerons la construction ci-après. La barre horizontale porte sur les bouts des montans, lorsque la pile est dans l'inaction, parce que les plaques sont élevées au-dessus des vases. Pour la faire fonctionner, on enlève cette barre et on la pose sur deux encoches pratiquées au côté des supports; alors les plaques sont baignées dans le liquide conducteur, dont on a rempli les vases en partie, et les électricités se développent.

Chaque plaque *c* est construite double, partie zinc, partie cuivre, ces métaux n'ayant entre eux aucune communication; mais le cuivre d'une plaque *c* va joindre, près de la barre, le zinc de la plaque suivante. La fig. 12 représente la dispo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sition des parties. Une lame *zba* de zinc, assez épaisse, est coudée en *b* (fig. 11), et soudée à une lame de cuivre *cde* doublement coudée, comme on le voit dans la figure. La portion de cuivre est mince, et de longueur plus grande que celle de zinc, pour suffire au développement que cette forme exige. On fait entrer le zinc de la paire suivante dans le coude *cde* de cuivre ; mais pour éviter le contact, on sépare ces deux lames par un peu de ciment : c'est ce qu'on voit indiqué dans la fig. 11. Les coudes inférieurs sont percés de petits trous pour laisser égoutter le liquide, quand on retire les plaques de la liqueur. Souvent, au lieu de mastic, on maintient le zinc en faisant entrer son extrémité *z* dans une rainure pratiquée à un petit morceau de bois ou de bouchon.

La barre établit, il est vrai, une communication entre toutes les plaques ; mais comme le bois est peu conducteur, l'effet n'est pas sensiblement affaibli.

Toutes ces piles sont terminées à chacun de leurs pôles par un fil de platine, qui sert de conducteur au fluide développé, afin de le diriger au lieu où l'on veut expérimenter.

Comme le liquide conducteur est un agent de destruction, on a essayé de s'en passer ; c'est ce qui a fait imaginer les piles sèches. M. Hachette avait déjà obtenu des résultats utiles en ce genre ; mais la pile sèche de Zamboni est celle qui présente le plus d'avantages. M. Donné en a récemment beaucoup étudié les effets et perfectionné l'emploi.

On argente ou l'on étame des feuilles de papier d'un côté ; l'autre face est recouverte de poudre d'oxide de manganèse ; on place ces feuilles l'une sur l'autre, de manière à faire toucher l'oxide à l'étamage ; enfin on taille, dans ces feuilles empilées, des disques avec un emporte-pièce. On voit que chacun de ces disques est composé de deux métaux, et que le papier tient lieu de conducteur. Cinq à six cents de ces disques, réunis en cylindre, qu'on habille de soufre fondu ou de résine, forment une pile sèche. On peut même réunir, par des conducteurs métalliques, plusieurs de ces cylindres,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et former un chapelet de plusieurs milliers de disques, qui développent une tension électrique commune.

Un des principaux usages de cet appareil est d'obtenir ce qu'on appelle improprement un *mouvement perpétuel* (fig. 13). Deux piles sèches sont élevées verticalement sur une même base métallique, de manière à n'en composer théoriquement qu'une seule. Une aiguille très légère est portée entre elles sur un pivot isolé qui est élevé à leur niveau supérieur : cette aiguille est successivement attirée et repoussée par les deux pôles, et se balance sans cesse; ou bien, se chargeant et se déchargeant tour à tour par son contact avec les pôles, l'aiguille exécute des révolutions circulaires perpétuelles. La pile sèche ne perd ses propriétés électriques qu'à la longue, et le mouvement dont nous parlons se continue pendant plusieurs années sans que l'appareil ait besoin de réparations. Mais la tension de la pile y est toujours très faible, et l'on n'en peut faire usage pour les expériences qui exigent quelque énergie. M. Donné a reconnu que la tension des piles sèches croît quand la température s'élève, mais après un temps plus ou moins prononcé, sans doute pour laisser à la chaleur le temps de pénétrer toutes les parties de l'appareil.

Nous ne traitons ici de la pile galvanique que pour expliquer ce qui se rapporte à l'art de la construire et de l'employer, mais nous devons ajouter, sur les effets qu'elle produit, des détails qui peuvent jeter de la lumière sur cette théorie. Nous donnerons donc des applications de la pile, en renvoyant pour le surplus aux ouvrages de Physique déjà cités.

Ces effets sont de deux sortes, les uns physiques, les autres chimiques. Les premiers sont d'autant plus énergiques que la tension électrique de la pile est plus forte, c'est-à-dire que le nombre des plaques est plus grand. Ainsi, on produit les attractions et répulsions, on donne à une chaîne de personnes la commotion électrique, on charge une bouteille de Leyde, précisément comme avec une machine électrique; enfin, on fait avec la pile toutes les expériences d'électricité qu'on pré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sente dans les cours. Il faut, pour que la pile exerce une action prononcée, que ses disques soient nombreux, et que la conductibilité soit bien établie. Les effets dus à la seule tension ne dépendent pas de l'étendue des plaques, mais de leur nombre. On place en haut de la pile une coupe de métal qu'on emplit de mercure, et l'on communique avec ce pôle, en plongeant dans le liquide.

Lorsqu'on saisit des deux mains les fils des pôles d'une pile, de manière à établir la communication entre eux, on éprouve dans les bras un sentiment de douleur et d'irritation nerveuse, causée par le passage du fluide électrique qui va d'un pôle à l'autre pour recomposer l'électricité naturelle. Ce n'est pas un choc subit et vigoureux, semblable à la commotion d'une bouteille de Leyde; mais c'est une succession non interrompue de chocs qui résultent des charges sans cesse reproduites.

Les effets chimiques tiennent surtout à l'étendue des plaques. Avec une pile dont les disques ont une grande dimension, on peut fondre les fils de métal qui communiquent d'un pôle à l'autre. M. Children a obtenu des effets de ce genre plus étonnans encore que ceux de M. Van-Marum. Chaque pièce de zinc était longue de 6 pieds et large de près de 3; les plaques de cuivre avaient une étendue double; la pile avait vingt-une paires, et le liquide conducteur était animé par un vingtième de son poids d'acide sulfurique et nitrique. Avec cet appareil, M. Children a fondu des fils de platine de 2 pouces un quart de long, et de près de 2 lignes de diamètre.

On comprend très bien comment, en augmentant le nombre des plaques, on accroît la tension électrique, puisque la théorie de la pile est fondée sur cette circonstance : mais pourquoi la tension reste-t-elle la même quand le nombre des paires est constant et que l'étendue superficielle des plaques est augmentée? C'est que la pile peut être considérée comme un assemblage de plusieurs piles égales, dont chacune aurait même tension. Ainsi, la quantité totale d'électricité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

développée est, il est vrai, plus grande, mais la densité du fluide est égale. Les effets physiques qui dépendent de cette seule densité seront donc les mêmes avec deux piles d'un égal nombre de paires, quand les disques sont inégaux.

Si les plaques sont très grandes, la commotion qu'on ressentira sera d'abord plus vive que si les disques sont petits ; mais comme la charge se fera plus lentement, à cause de l'imperfection des conducteurs, le renouvellement des électricités se fera plus lentement, et l'effet continu sera le même. Il s'établit une sorte de compensation entre la plus grande abondance du fluide et le retard que le défaut de conductibilité apporte à sa formation instantanée. L'affluence, au premier moment du contact, fournit une assez grande abondance d'électricité pour rougir le fil, qui est comme un étroit canal que le fluide est forcé de parcourir rapidement ; ensuite la chaleur sera entretenue et accrue par les nouvelles doses de fluide qui arriveront. La combustion s'explique donc très bien avec les piles à larges plaques.

Quand le nombre des paires n'est pas au-dessus de 100, et que chacune n'a pas plus de 4 pouces carrés, on peut recevoir la commotion sans danger ; il faut même se mouiller les mains pour rendre la communication plus parfaite, si l'on veut ressentir une impression vive.

L'action chimique d'une pile un peu énergique est si forte, qu'il n'y a aucun composé qui puisse y résister : tous sont décomposés ; certains élémens des corps vont affluer au pôle zinc, d'autres au pôle cuivre. Ainsi, si l'on fait plonger dans l'eau les deux fils de platine conducteurs d'une pile en activité, ce liquide se décompose ; de petites bulles de gaz vont naître à chaque fil ; et en recueillant ces gaz, on trouve que le volume de l'un est double de l'autre. Le premier est de l'hydrogène qui s'est porté au pôle cuivre, négatif ou résineux ; le deuxième, de l'oxigène qui s'est réuni au pôle zinc, positif ou vitré ; et l'on sait qu'en effet l'eau est formée de deux parties d'hydrogène en volume, et d'une d'oxigène. L'expérience ne réussirait pas avec des fils de fer, parce que l'oxigène

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rouillerait ce métal, et l'on n'obtiendrait que de l'hydrogène.

Nous ne nous arrêterons pas à exposer l'explication ingénieuse de Monge et Berthollet, qui sert à interpréter l'effet dont on vient de parler. Nous nous bornerons à rapporter le principe général de toutes les décompositions de ce genre; c'est que l'oxigène se porte toujours au pôle zinc ou vitré, tandis que la base de l'oxide ou de l'acide va au pôle cuivre ou résineux. L'acide sulfurique, par exemple, se décompose, et le soufre va trouver ce dernier pôle, tandis que l'oxigène se rend à l'autre. L'acide hydrochlorique, qui, comme on sait, ne contient que du chlore et de l'hydrogène, éprouve la décomposition; l'hydrogène se dirige au cuivre, et le chlore au zinc. Les alcalis sont soumis au même effet. On sait que le célèbre Davy a le premier prouvé, par cette expérience, que la soude et la potasse caustiques sont des oxides métalliques, et qu'avec une pile énergique on peut chasser l'oxigène et former les bases pures, qu'il a nommées *sodium* et *potassium*, métaux tellement avides d'oxigène, qu'on peut difficilement les protéger contre l'action de ce gaz.

Si l'on fait la même expérience sur une dissolution saline, l'acide se rend au pôle zinc ou positif, la base au pôle cuivre ou négatif; enfin, il n'est aucun corps composé dans la nature dont on ne puisse séparer les élémens, par le secours d'une pile voltaïque suffisamment énergique. Cet appareil est donc un des agens les plus utiles pour connaître les principes des corps, et un de ceux que le chimiste emploie avec plus de succès.

Comme les substances qui se rendent au fil zinc ou vitré ne sont attirées par ce pôle que parce qu'elles se sont constituées en état électrique opposé, on leur a donné le nom d'*électro-négatives;* l'oxigène est dans ce cas. Celles qui vont au pôle cuivre ou résineux sont, au contraire, *électro-positives;* tel est l'hydrogène.

Les corps sont donc partagés en deux grandes classes, selon que l'action de la pile les porte à l'un des pôles ou à l'autre. Mais il ne faut pas oublier que ce n'est ici qu'une chose de relation, et qu'un corps qui est électro-négatif par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rapport à un autre peut être électro-positif relativement à un troisième. Le soufre est positif relativement à l'oxigène, et négatif par rapport au phosphore. M. Berzélius a rangé les corps selon leurs propriétés électriques; la liste suivante contient quelques substances fréquemment employées; chacune est négative par rapport à celles qui la suivent, et positive relativement à celles qui la précèdent.

1. Oxigène.	10. Silicium.	19. Étain.
2. Chlore.	11. Hydrogène.	20. Plomb.
3. Iode.	12. Or.	21. Fer.
4. Soufre.	13. Platine.	22. Zinc.
5. Azote.	14. Mercure.	23. Manganèse.
6. Phosphore.	15. Argent.	24. Calcium.
7. Arsenic.	16. Cuivre.	25. Sodium.
8. Carbone.	17. Nickel.	26. Potassium.
9. Antimoine.	18. Cobalt.	Etc.

V. le Traité de Chimie de M. Thénard.

Observez en outre qu'un acide est toujours négatif par rapport à une base, en sorte que les sels qu'on soumet à l'action de la pile envoient leur acide au pôle positif (zinc), et leur oxide au pôle négatif (cuivre). Quelquefois cependant l'acide ou l'oxide est lui-même décomposé; ainsi, pour le sulfate d'argent, l'acide et l'oxigène vont au pôle positif, et l'argent va au pôle négatif. Le sulfate de potasse se comporte différemment, car l'oxide de potassium arrive non décomposé à ce dernier pôle.

On a supposé que les affinités chimiques sont dues à ce que les substances se constituent dans des états électriques opposés. Cette opinion ingénieuse a besoin de nouvelles recherches pour être à l'abri des objections. FR.

PILIER (*Architecture*). Sorte de colonne, ronde ou carrée, sans proportion fixe, destinée à supporter une voûte, un dôme, ou toute autre construction. On lui donne le nom de *pilastre* quand il est carré et en partie engagé dans le mur, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sorte qu'il n'y ait de saillant que le quart de l'épaisseur, ou même moins encore.

Le *pilier d'un moulin à vent* est un massif de maçonnerie, terminé supérieurement en cône, qui porte la cage du moulin: cette cage doit tourner sur un pivot central, afin de mettre les ailes au vent. (*V.* MOULIN, T. XIV, page 212.) FR.

PILON. Instrument à l'aide duquel on écrase et pulvérise les corps durs, en les frappant ou en les broyant dans un vase creux et résistant, nommé MORTIER. (*V.* ce mot.) Le *pilon* et le *mortier* sont les deux parties d'un même instrument, et toujours formés de la même matière; mais comme les corps qu'on a besoin de pulvériser sont de nature et de dureté très variables, on a été obligé de varier également les mortiers. Ainsi on en a de fonte, d'acier, de marbre, d'agate, de porphyre, de verre, de porcelaine, etc. On a aussi établi diverses modifications dans les modes de pulvérisation, soit pour mieux réussir à diviser certains corps, soit pour les réduire en poudre plus subtile. (*V.* PULVÉRISATION.) R.

PILOTE. Officier de mer qui gouverne un navire sous les ordres des officiers supérieurs. Le pilote *côtier* et le *lamaneur* veillent à la conduite du vaisseau près des côtes et à l'entrée des ports. Lorsqu'un navire se montre au loin, le lamaneur sort du havre et va prendre le gouvernail. Il est responsable des évènemens qui dépendent de cette conduite; ce service suppose une connaissance spéciale des localités et des parages. Dans chaque port, il existe une compagnie de pilotes, dont les fonctions consistent à aller au-devant de tous les vaisseaux qui veulent y entrer, et à en prendre le gouvernail. Cette profession est souvent très pénible et exposée à de grands dangers, parce que, dans les gros temps, les pilotes sont dans la nécessité d'affronter la mer dans de frêles embarcations, pour aborder les navires dont ils vont prendre la conduite. FR.

PILOTIS, PILOTS (*Arts mécaniques*). Lorsque des pieux doivent être entièrement enfoncés en terre, ils prennent le nom de *pilots* ou *pilotis*. On les emploie principalement dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les constructions d'écluse, de piles de ponts, d'estacades, de batardeaux, et dans tous les lieux inondés ou marécageux. Ce sont des pièces de bois de chêne ou d'aulne, sans nœuds saillans, cylindriques et sans écorce, frettées en fer à la couronne, pour qu'elles supportent, sans s'éclater, le choc qui les fait entrer en terre : l'autre bout est effilé en pointe, et quand le sol présente une grande résistance, on arme cette partie d'un fer pointu, à quatre branches. (*V.* les articles PIEUX, SONNETTES, où l'on trouvera la description des procédés pour faire entrer les pilots en terre, ou les en arracher.)

L'espace qui est couvert de pilotis s'appelle *pilotage;* les pieux du contour sont les *pilots de bordage,* qui portent les *racinaux,* pièces de bois de 4 à 6 pouces d'épaisseur sur 9 à 12 de largeur, qu'on couche sur leurs têtes, et qu'on y cloue avec des chevilles de fer ou de bois à tête perdue, et qui soutiennent les plates-formes pour fonder. Les *pilots de remplage* sont ceux qui sont dans l'intérieur du pilotage. Il en entre dix-huit à vingt, plus ou moins, dans une toise superficielle. Les *pilots de retenue* sont en dehors des fondations, lorsqu'il est nécessaire de soutenir un terrain de mauvaise consistance. Enfin, les *pilots de support* sont ceux qui portent la maçonnerie, les piles de pont, etc.

Le plus souvent on met à sec l'espace où l'on doit fonder; ensuite on y enfonce des pilots à refus, et on les RECÈPE tous, pour que les têtes soient de niveau; on remplit les intervalles de maçonnerie en BÉTON ou en chaux hydraulique, pour lier le tout ensemble. Par-dessus, on établit horizontalement des pièces de bois assemblées carrément et formant un *grillage.* Les unes sont appelées *traversines,* parce qu'elles sont dans la direction transversale de l'ouvrage. Ces pièces sont assemblées sur les pilots, à tenons et mortaises, attendu qu'en recépant les pieux on y a laissé des tenons : quelquefois on les assemble sur les têtes des pilots par des entailles à queue d'aronde. On croise ces charpentes par d'autres, disposées selon la longueur; ce sont les *longrines.* La maçonnerie remplit les intervalles carrés que laissent entre elles ces pièces de bois, en sorte que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le tout forme un massif, partie en bois, partie en béton, qui est inébranlable. Ce pilotage doit s'étendre sur une superficie beaucoup plus considérable que celle qui est la base de la pile à élever. Cela dépend de la nature des localités, de l'étendue des travaux, de leur importance, de l'impétuosité du courant, etc. (*V.* PONT.) FR.

PILULES. La saveur désagréable de la plupart des médicamens a fait chercher de tous temps des moyens de les masquer ou de les modifier, de manière à diminuer la répugnance que les malades éprouvent à les prendre; tels sont ceux connus sous le nom de *pilules,* ordinairement composés d'un certain nombre de substances qu'on incorpore uniformément dans un excipient approprié, pour en faire une pâte de consistance solide, qu'on divise ensuite en petites masses sphériques et de même poids. Comme on fait souvent entrer dans ces sortes de médicamens des substances très énergiques, on conçoit dès lors qu'il est très essentiel, non-seulement que ces substances se trouvent très également réparties dans toute la masse, mais encore que chaque pilule en renferme une même dose. Or, pour atteindre sûrement ce but, le médecin doit ou prescrire la dose totale des substances actives qu'il veut faire entrer dans son médicament, et dire en combien de pilules il faut qu'on divise toute la masse, ou bien indiquer simplement combien chacune d'elles doit contenir de la substance qu'il considère comme la plus active. Le pharmacien, pour obtenir exactement le nombre voulu, a recours à un instrument très simple, nommé PILULIER.

Pour mieux déguiser le médicament, on roule habituellement les pilules dans une poudre d'odeur ou de saveur agréable; telles sont celles de racines d'iris, de réglisse, etc. Quelquefois aussi on les argente, en les roulant dans une boîte ronde avec des feuilles d'argent. R.

PILULIER. Instrument destiné à diviser en parties égales les masses pilulaires : on en trouve la description dans toutes les Pharmacopées, et nous croyons inutile de la reproduire ici. R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PIN (*Agriculture*). Arbre résineux, conservant toujours sa verdure, ayant un port élevé et majestueux, dont les feuilles raides ont la forme d'une épingle. Le pin se développe par le bouton du sommet; aussi ne repousse-t-il plus de rameaux de son tronc que très rarement, lorsqu'on a coupé sa tête. Les branches sont verticillées par étage; chaque année, il pousse un ou deux de ces verticilles, ayant chacun de trois à sept branches, et plus. On en cultive un grand nombre d'espèces; la plus utile est le pin d'Écosse (*pinus rubra*), parce qu'il croît rapidement dans tous les terrains, même sur les montagnes arides, où il vit plus par son feuillage que par ses racines: cette espèce brave les gelées, les vents et les chaleurs, et ses produits sont avantageusement appliqués à nos besoins. Les moutons se nourrissent avec ses feuilles. On fait avec son bois du charbon, de la charpente, des mâtures, des planches. Le suc qu'on en retire par incision est la *résine* ou *poix-résine*, ou *encens commun*; et par demi-combustion, il donne du GOUDRON; sa distillation produit une espèce de TÉRÉBENTHINE. On broie son écorce et on la pétrit avec de la farine d'orge ou de seigle, pour en faire un pain grossier, mais nourrissant.

Le bois de pin pèse de 38 à 75 livres le pied cube (de 5,3 hectogrammes à 11 le décimètre cube), selon qu'il est sec ou vert. Il donne au feu beaucoup de flamme et de fumée, et jette une assez forte chaleur. Dans les pays de montagnes, on se sert de ses rameaux, en guise de torches, pour s'éclairer; la résine dont les pins sont pénétrés brûle avec une flamme vive. Ce bois est excellent dans les constructions sous l'eau, pour les corps de pompe, les étais souterrains, etc.

Les pins se sèment en mars, sur une terre peu profondément labourée. Il est bon de semer en même temps de l'avoine ou de l'orge, pour abriter les jeunes pieds contre les ardeurs du soleil, les vents et les gelées; d'ailleurs, la récolte de cette céréale paie les frais de culture. L'exposition du nord, les sols rocailleux et tourmentés, conviennent très

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien aux pins, là où nulle autre végétation ne peut réussir à paraître. Ces arbres sont donc très précieux en certaines localités ; ils sont très sensibles, dans leur jeunesse, aux intempéries de l'air ; mais une fois parvenus à l'âge de quatre ou cinq ans, ils n'exigent aucuns soins, et sont productifs dès sept à huit ans : on coupe alors ceux qui sont moins bien venus et qui gênent leurs voisins, et d'année en année, on agrandit la place des tiges les plus belles. Une forêt d'arbres à pins peut être productive pendant deux à trois siècles. Les pins se laissent difficilement transplanter, parce que leurs racines sont frappées par l'air : il faut les enlever en motte, soit au printemps, soit en automne, quand les bourgeons commencent à poindre.

On cultive aussi, dans les forêts et dans les jardins d'agrément, plusieurs autres pins : celui de Russie ou de Riga (*pinus sylvestris*), ou pin de Genève ou de Tarare, vulgairement le *pinéastre*, si commun en France ; le pin des Pyrénées (*P. uncinata*) ; le Mugho, le Laricio, le pin du lord Weymouth (*P. strobus*) ; le pin de Bordeaux (*P. maritima*), cultivé dans les landes et les terrains les plus ingrats ; le pinier (*pinus pinea*), etc. Ces arbres se rapprochent plus ou moins du pin d'Écosse par leur port, leurs propriétés et les avantages qu'on peut retirer de leur culture. Les uns fournissent de belles mâtures et des charpentes, ou sont propres au chauffage ; les autres embellissent les jardins par leur port pittoresque ; beaucoup donnent de la résine.

Les fruits des pins sont des cônes, dans les écailles desquels on trouve des amandes ; on peut manger celles du pignon (*pinus pinea*) ; leur goût est résineux, mais point désagréable. Ces graines ont une huile qu'on peut extraire par la pression ; avec cette huile, on assaisonne les mets, on fait de la pâtisserie. Les pâtres des montagnes travaillent le bois et en font des petits ouvrages d'ébénisterie, des figures, des jouets d'enfans, etc., dont l'odeur pénétrante ne déplaît pas. En faisant fermenter les jeunes pousses avec de la mélasse et de la farine d'orge, on en fait une sorte de bière à laquelle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on a besoin de s'habituer, mais qu'on finit par aimer, malgré son goût résineux. Cette boisson est anti-scorbutique et très saine. FR.

PINCE (*Arts mécaniques*). Grand levier en fer rond, coupé au bout en biseau, pour lui donner entrée dans les joints des pierres et des corps qu'il sert à séparer, à remuer, à démolir. Il y a des petites pinces qu'on appelle PIED-DE-CHÈVRE. (*V.* ce mot.)

Les bourreliers se servent d'un instrument de bois qu'ils appellent *pince*, pour assujettir les cuirs lorsqu'ils les cousent. L'une des branches de la pince a 3 à 4 pieds de long; elle est ronde en bas, pointue, large et aplatie en haut. La seconde branche n'a qu'environ 1 pied et demi, s'enclave au milieu de l'autre, par une espèce de charnière de bois.

On donne aussi le nom de *pinces* à diverses sortes de tenailles, les unes lisses, les autres dentelées à leurs mâchoires. Il serait long et peu utile de décrire ces instrumens, qui varient selon les besoins de l'art. FR.

PINCEAUX (FABRICANT DE) (*Technologie*). On distingue deux sortes de pinceaux, ceux formés de poils plus ou moins grossiers, tels que ceux du porc, du sanglier, du chien, etc., qu'on attache en paquets au bout d'un bâton appelé *manche* ou *trompe*. Ces pinceaux, assez grossiers, se désignent aussi sous le nom de *brosses*.

Les *pinceaux* proprement dits sont fabriqués avec des poils très fins, tels que ceux de la queue du *petit-gris*, de la queue de *martre*, de *blaireau*, de *putois*, etc. On les renferme dans des tuyaux de plume, lorsqu'ils sont petits ou d'une moyenne grosseur, et lorsqu'ils excèdent la grosseur des plumes ordinaires, on les monte dans des tubes de fer-blanc.

La qualité la plus essentielle d'un bon pinceau, c'est de faire bien la pointe, de manière que tous les poils, sans exception, se réunissent lorsqu'on les mouille en les plaçant sur la langue légèrement humectée. On ne peut employer que l'extrémité des poils qui présentent la forme d'un cône

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

extrêmement allongé, de sorte que ces poils réunis forment ensemble un cône qui se termine en une pointe déliée.

Toute la difficulté consiste, après avoir bien dégraissé les poils, à les assembler de manière que toutes leurs pointes se présentent sur un même plan horizontal. Nous allons indiquer les moyens qu'on emploie pour y parvenir.

Dégraissage des poils. On prend les queues des animaux dont on veut se servir, on les lave dans une dissolution d'alun jusqu'à ce que les poils soient bien dégraissés; après quoi on les retire et on les jette dans de l'eau ordinaire qu'on a fait tiédir, et on les y laisse dégorger pendant vingt-quatre heures; on en exprime l'eau en les pressant dans la main, qu'on serre assez fortement en tirant les queues par le gros bout, afin de ne pas faire rebrousser les poils. On les fait sécher proprement dans un linge, en les rangeant de manière que les poils soient tous couchés dans une même direction, ensuite on les peigne avec soin avec un peigne très fin. Après cette première opération, on place avec le même soin les queues dans un linge fin et sec, où elles achèvent de sécher: lorsqu'elles sont parfaitement sèches, on pince les poils, on les soulève et on les coupe près de la peau; on les sépare en tas, selon la différente longueur des poils.

On met ces tas séparément et l'un après l'autre dans un petit godet de fer-blanc à base plane, la pointe en haut. On frappe légèrement le godet sur la table; les poils s'y arrangent parallèlement l'un à l'autre; les pointes déliées s'élèvent plus ou moins, selon la longueur des poils, et alors on enlève les plus longs, dont on fait des tas particuliers, ainsi que de tous les autres relativement à leur longueur : on opère de même pour tous les tas. On a alors des tas dont tous les poils sont d'une égale longueur entre eux. La perfection du pinceau dépend de cette égalité.

On prend une pincée de ces poils d'une égale longueur, et l'on fait la pincée plus ou moins forte, selon l'espèce de pinceau qu'on veut avoir. On remet cette pincée dans un godet semblable, mais la pointe en bas; en secouant, les poils s'ar-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rangent comme la première fois ; on les lie avec du fil fin, par le Noeud du marinier, on les retire du godet, on les lie plus fortement avec du gros fil et par deux nœuds semblables ; après avoir mouillé la base des poils pour les réunir, on serre fortement les nœuds de gros fil à l'aide de deux petits bâtons. On fait ces ligatures à une distance de la pointe, déterminée par la longueur que l'on veut donner au pinceau. On coupe, avec des ciseaux, les poils qui excèdent les plus courts du côté de la base.

Il ne s'agit plus que de monter les pinceaux dans des plumes ou dans des tuyaux de fer-blanc, comme nous l'avons déjà dit. Les plumes dont on se sert sont celles de cignes, d'oies, de canards, de vanneaux, de pigeons, d'allouettes, selon la grosseur du pinceau qu'on a voulu faire. On coupe les tuyaux en bec de flûte par le haut, et dans le bas horizontalement, un peu au-dessous de la naissance du rétrécissement, afin de laisser cette ouverture une idée plus étroite. On leur donne une longueur convenable au genre de pinceau. On fait tremper ces montures pendant vingt-quatre heures dans de l'eau commune, afin de les faire gonfler, ramollir, et d'empêcher par là que les plumes ne se fendent lorsqu'on y fait entrer à force les paquets de poils préparés.

On introduit le paquet de poils, par la pointe, dans le gros bout de la plume, après avoir rassemblé les poils en les passant sur la langue ; on le force à y entrer en le poussant avec un fer rond de la même grosseur que l'intérieur du tuyau, et jusqu'à ce que le pinceau sorte par l'autre bout de la plume.

Il y a un choix à faire dans les poils : plus les pinceaux sont petits, et plus les poils doivent être fins. C'est ici la partie la plus délicate du fabricant de pinceaux, qui exige beaucoup d'habitude, une grande patience et beaucoup de délicatesse dans la main-d'œuvre. Quoique Paris renferme un grand nombre d'ouvriers qui s'occupent de ce genre d'industrie, on en compte tout au plus quatre qui excellent dans cette fabrication. On a remarqué que les femmes sont en général plus aptes que les hommes à ces sortes d'ouvrages.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Indépendamment des pinceaux à plume que nous venons de décrire, on en fabrique qui ont une forme plate, et qu'on nomme *palettes;* ils servent aux DOREURS et à plusieurs autres artistes. On prépare les poils de la même manière que nous l'avons indiqué, on les étend à plat et on les colle entre deux cartes. On s'en sert en les plaçant dans un manche fendu qu'on fixe au point convenable par un anneau métallique qui glisse le long de ce manche.

Les pinceaux dont se servent les peintres à l'huile, les décorateurs en détrempe et au vernis ne sont pas montés dans des tuyaux de plume; ils sont montés sur le bout d'un manche en bois blanc, appointé et entaillé du côté du pinceau. Les poils sont plus grossiers que ceux que nous avons décrits; ils sont préparés de la même manière, et lorsqu'on a fait le premier nœud de marinier qui les rassemble, et qu'on a coupé la base de la longueur convenable, on introduit le manche de ce côté, et on l'assujettit avec un fil ciré qu'on serre fortement, et qu'on recouvre ensuite de colle forte.

Les grosses brosses sont liées avec de la bonne ficelle à fouet, ou avec un cercle en fer. L.

PINCELIER (*Technologie*). Le *pincelier* est un petit vase de métal en cuivre, le plus souvent en fer-blanc, quelquefois en argent, de forme ronde ou carrée, à volonté, et séparé en deux par une petite cloison soudée verticalement au milieu de la distance de ses parois verticales. On place de l'huile ou de l'essence dans un des côtés de ce vase; elle sert à nettoyer les pinceaux : on les y trempe, ensuite on les presse entre l'index et le bord du vase ou de la plaque, afin que l'huile tombe avec les couleurs qu'elle détache du pinceau, dans l'autre partie du vase où il n'y a point d'huile nette.

Les doreurs (*V.* DOREUR, DORURE A L'HUILE, T. VII, p. 136) emploient ces restes de couleurs qui tombent dans le *pincelier*, après les avoir laissés exposés l'espace d'une année au soleil. Ils leur donnent le nom d'*or-couleur.* L.

PINCETTES. C'est un instrument formé de deux branches parallèles en fer, réunies à un bout par une lame d'acier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

courbée et plate, dont l'élasticité permet d'écarter ou de rapprocher les branches ; l'autre bout est aplati en disque, pour saisir les charbons. Les pincettes servent à attiser le feu.

On se sert, dans les Arts, de plusieurs autres pincettes ; telles sont celles dont on fait usage en Chirurgie (*V.* T. XII, page 264), celles des horlogers, nommées *bruxelles*, des joailliers, des doreurs, etc. Ce sujet ne mérite pas une plus ample description. FR.

PINCHEBECK ou PINSBECK (*Arts chimiques*). Une des nombreuses dénominations données à l'alliage du cuivre et du zinc, fait en diverses proportions. On désigne encore l'alliage de ces métaux, parce qu'il offre un peu l'apparence de l'or, sous les noms de *tombac jaune*, *or de Manheim*, *laiton*, *métal du prince Robert* et *similor*. (*V.* les articles CUIVRE, CUIVRE JAUNE et LAITON.) L*****R.

PINÇOTTEUSES (*Technologie*). Dans l'impression des toiles peintes, il y a des couleurs qu'on ne peut appliquer ni avec la planche, ni avec le cylindre, et qu'on fait appliquer au pinceau par des femmes qu'on nomme *pinçotteuses*. Ces couleurs prennent le nom de *couleurs d'application;* elles sont épaissies, soit à la gomme, soit à l'amidon, et on les applique immédiatement sur l'étoffe. Ces couleurs sont rarement solides. On distingue des bleus, des jaunes, des rouilles, des verts, des rouges, des aurores, des lilas, des violets, des noirs d'application.

Avant qu'on ne se servît de cylindres pour imprimer les toiles, c'étaient les pinçotteuses qui, à l'aide du pinceau, appliquaient toutes ces couleurs ; mais depuis que l'usage des cylindres-imprimeurs est généralement adopté, on applique les couleurs d'application avec de petites planches qui portent chacune un assez grand nombre de fleurs ou parties des fleurs ou feuilles, qu'on pose d'un seul coup, ce qui accélère beaucoup le travail. On ne réserve pour l'opération des *pinçotteuses* que les parties du dessin qui sont trop petites ou trop éloignées les unes des autres, et pour lesquelles il faudrait de trop grandes planches pour en atteindre plusieurs à la fois dans un espace d'une certaine étendue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a trouvé, depuis quelques années, le moyen de rendre solides les couleurs d'application, au moyen de la vapeur d'eau bouillante. Nous en avons décrit le procédé au mot IMPRESSION DES ÉTOFFES DE SOIE. (*V.* T. XI, page 137.) Ce procédé a été communiqué par M. de Kurrer d'Ausbourg. L.

PINNULE (*Arts de calcul*). Petite plaque carrée, élevée perpendiculairement à l'ALIDADE d'un GRAPHOMÈTRE; elle est percée d'une fenêtre et d'une fente verticale; dans la direction de cette fente, on tend une soie ou un crin, servant de visière, pour aligner les objets. La fig. 6, Pl. 1 des *Arts de calcul*, montre cette disposition. La fig. 41, Pl. 7, représente l'appareil des pinnules de l'ÉQUERRE d'arpenteur. Consultez les articles cités. FR.

PINTADE (*Agriculture*). Espèce de gallinacée, d'origine africaine, et qui faisait autrefois les délices des tables recherchées : mais depuis que le dindon s'y est présenté, on l'a préféré, parce que sa chair est d'un goût aussi agréable, et que cet oiseau de basse-cour est d'une éducation bien plus facile. D'ailleurs, le cri de la pintade est souvent désagréable pour les habitans; son caractère est querelleur et turbulent, et son produit médiocre; son plumage, marbré de blanc sur un fond gris-bleuâtre, est assez joli. La femelle pond, en mai, de quinze à vingt œufs; elle les dérobe dans les luzernes, les prairies, et partout où elle peut. On préfère en donner la couvée à une poule ou à une dinde, parce que la pintade n'y apporte pas toujours assez de soins et de persévérance. Le froid et l'humidité sont nuisibles aux petits; ceux-ci une fois devenus forts, s'accommodent très bien du régime et de la nourriture des autres habitans de la basse-cour. Sa chair est succulente dans sa jeunesse et a le goût de celle du faisan. FR.

PINTE. Ancienne mesure qui servait pour les liquides; elle était un peu moindre que le litre. (*V.* MESURES.)

1 litre = 1,07375 pinte,
1 pinte = 0,9313 litre. FR.

PIONNIER. Ouvrier qui travaille à la journée, et dont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'ouvrage consiste à creuser, élever ou aplanir la terre. On l'appelle aussi TERRASSIER. FR.

PIPE (*Arts physiques*). L'usage de fumer le tabac est si répandu chez certaines nations, que l'art de façonner les pipes y est une branche d'industrie très répandue. Les Hollandais, les Allemands, les Espagnols, les Turcs, les Persans, les Indiens, les Arabes, etc., ne peuvent s'abstenir de cette habitude, qui est un besoin impérieux pour eux; et les sauvages eux-mêmes passent presque tous leurs momens à se livrer à cet étrange plaisir. Les uns trouvent à fumer le tabac une sorte de jouissance; d'autres croient que cette pratique est utile à leur santé; mais on peut affirmer qu'en général les fumeurs y trouvent une ressource contre l'ennui et l'oisiveté, ou l'espèce de plaisir qui accompagne un besoin qu'on satisfait, plutôt qu'ils ne comptent sur l'usage du tabac comme un précieux secours d'hygiène. En effet, l'énorme déperdition de salive qu'ils font, l'espèce d'ivresse qui est fréquente après avoir fumé, la carie qui ronge les dents, etc., sont bien plus propres à nuire aux fonctions de l'estomac et du cerveau qu'à préserver des maladies. Il faut ajouter que la saleté des personnes livrées à l'habitude de la pipe, l'odeur repoussante de leurs vêtemens et de leur haleine, devraient proscrire un plaisir qu'on n'achète qu'à un prix si élevé.

Quoi qu'il en soit, décrivons la manière dont on fabrique les pipes, non pas que nous ayons l'intention d'épuiser ce sujet. Ces instrumens sont si variés dans leur forme et dans la matière dont on les compose, qu'il est nécessaire de nous borner aux pipes dont l'usage est le plus fréquent. Commençons par les pipes de terre cuite.

C'est en Hollande que se font, en grand, celles qui sont les plus communes et les plus usitées; mais on en fabrique aussi dans un grand nombre d'autres lieux (à Dieppe, à Neuchâtel, en Alsace, etc.). Cette industrie exige si peu de ressources et d'appareils, qu'il suffit, pour l'exercer, de rencontrer près de soi une terre convenable.

Les pipes se font avec une terre argileuse à grain fin et légère-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment siliceuse ; cette substance s'appelle *terre de pipe ;* on l'emploie souvent dans les POTERIES. On la corroie à l'eau, pour en ôter les gros sables et en faire une pâte semblable à celle de farine pour faire le pain. Un enfant en prend une boule sur un tas, et la roule en cylindre mince, sur une planche, avec la paume des mains ; c'est ce qui formera le *tuyau*. Il ajoute au bout une petite masse pour le *fourneau*. A mesure qu'il confectionne ces ébauches, il les range sur une tablette par douzaines, et les passe ensuite à l'ouvrier.

La pipe s'achève à l'aide d'un moule en cuivre ou en fer, creusé d'un canal qui a la forme du tuyau et du fourneau, et ce canal s'ouvre au dehors par les deux extrémités. Le moule est formé de deux mâchoires qui sont creusées chacune d'une demi-forme, c'est-à-dire d'une demi-pipe coupée dans sa longueur ; et ces mâchoires, en se posant l'une sur l'autre, ajustent ces demi-sillons, pour laisser vide l'espace qu'occupera la pipe. Il y a de petits gougeons portés sur une face du moule, et entrant dans des trous pratiqués sur l'autre face juxta-posée, qui servent de guides pour que les parties s'accolent comme il convient.

L'ouvrier tient une longue aiguille de fer, dont il a huilé le bout, et la pousse dans la pâte selon la longueur du cylindre pour creuser le tuyau ; il dirige cette aiguille en la sentant de la main gauche couler dans l'épaisseur. Cela fait, il pose la matière, ainsi apprêtée, dans le sillon d'une des mâchoires du moule, et laisse l'aiguille en place. Il superpose ensuite l'autre mâchoire, et donne un petit coup pour les serrer ensemble ; enfin, il serre le tout dans un étau. Avec un manche de fer huilé, il frappe quelques coups sur la matière qui occupe la partie du moule où est le fourneau, pour en écarter la pâte et y creuser un godet. Il a soin de regarder si la pointe de l'aiguille apparaît au fond ; car sans cela le tuyau ne communiquerait pas au fourneau et serait bouché, ou bien l'aiguille ferait un trou à ce vase, ce qui serait un rebut.

Alors l'ouvrier retire le moule de l'étau, l'ouvre et en ôte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la pipe ; il coupe les rebarbes de la pâte, accourcit le tuyau et *répare* sa pièce. Il retire alors l'aiguille, et étend l'ouvrage sur une planche, où sont rangées ses pipes. S'il veut courber les tuyaux en S, comme il arrive quelquefois, c'est alors qu'il donne cette façon, en veillant à ce que le tuyau ne se bouche pas dans les courbures. Il ne reste plus qu'à donner un dernier coup au fourneau, pour régulariser le bord du godet, à sécher les pièces à l'ombre, puis à les mettre au four. Un feu vif, soutenu pendant vingt-quatre heures, achève la cuisson. Les pipes sont terminées ; on emballe et on livre à la consommation.

La grosse est de quinze douzaines, au lieu de douze, à cause de la casse ; le prix est de 4 à 5 fr., plus ou moins. Un ouvrier et son aide peuvent faire cinq grosses, ou neuf cents pipes environ, par jour.

Le moule est souvent creusé de quelques traits qui servent de marque au marchand et embellissent l'ouvrage. Le fourneau imite même certains bustes, des têtes d'animaux, et autres formes de fantaisie, sans causer beaucoup de frais, si ce n'est que la réparation exige un peu de soin et de temps. Il y en a qui ont un *talon* sous le fourneau ; d'autres, qu'on nomme *cajottes* ou *capucines*, qui n'en ont pas. Les *eroches* ont l'axe du fourneau à angle droit sur le tuyau, mais le plus souvent on incline cet axe ; les *guinguettes* ont un fourneau très petit ; les *anglaises* ont le talon pointu, etc. Toutes ces pipes sont légères, très peu coûteuses, et recherchées des fumeurs, parce qu'ils trouvent que le goût du tabac s'y conserve plus pur. Comme on en casse beaucoup, il s'en fait une énorme consommation.

Le tabac, en se distillant dans le fourneau, laisse tomber une huile qui pénètre la matière de la pipe, l'enfume, et lui donne une odeur et une saveur que les fumeurs recherchent. Leur goût, blasé par l'habitude, aime l'âcreté de ce jus fétide. Cependant il y a beaucoup de personnes qui rejettent les pipes ainsi brunies par l'usage. Dans les pays où les fumeurs abondent, on leur offre une pipe et du tabac partout

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

où ils vont ; les cafés et autres lieux publics en ont toujours de prêtes à être employées, et une lampe sans cesse allumée donne à chacun le feu qui lui est nécessaire. Il est utile, dans tous ces cas, de remettre les pipes à neuf. A cet effet, on les étend sur un gril qu'on place sur un fourneau de charbon allumé, sans fumeron ; lorsqu'elles sont rougies, on les retire presque aussi belles que si elles n'avaient jamais servi : le feu a brûlé et vaporisé toutes les matières dont elles étaient souillées.

Le tabac se fume aussi sans pipe, soit roulé en CIGARE (*V.* ce mot), soit simplement enveloppé, à la manière espagnole, dans un petit tuyau de papier qu'on tient entre les doigts.

Le luxe des fumeurs a embelli les pipes, soit pour ce qui concerne la matière, soit relativement à la forme. Il y a des pipes en argent, en porcelaine, en corne, en cuir, en bois, etc., dont le fourneau est doublé de terre de pipe. Le travail de ces objets est assez délicat pour en élever beaucoup le prix. Tantôt on place au bout du tuyau une pièce d'AMBRE perforée, qu'on tient à la bouche ; tantôt le tuyau est long de plusieurs pieds et en roseau, pour que, dans ce long trajet, la fumée soit refroidie en arrivant à la bouche. Le plus ordinairement le tuyau de ces pipes est flexible. On entoure un cylindre d'un fil de fer très fin, dont les circonvolutions se touchent, et on l'aplatit au marteau, de manière à boucher les petits vides intermédiaires. Le cylindre ôté, on habille le tuyau de fils en gomme élastique et en soie. On ajuste aux deux bouts des parties de tuyau en corne, creusées et faites au tour. L'un de ces bouts est mis entre les lèvres, l'autre entre à frottement dur dans un fourneau d'une matière quelconque ; celui-ci est ordinairement recouvert par une coquille en argent, or, ou cuivre, qui s'ouvre et ferme à charnière. On a imaginé de placer au fond du fourneau un disque de platine criblé, qui laisse passer la fumée et s'oppose à l'introduction du tabac et des cendres dans le tuyau. On nettoie ce crible, lorsqu'il est encrassé d'huile de tabac, en l'exposant à la flamme, pour le faire rougir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De toutes les pipes, celles qu'on estime le plus et qu'on paie souvent d'un haut prix, sont en MAGNÉSITE (*V.* ce mot), appelée vulgairement *écume de mer*. Elles sont d'un usage universel en Turquie, et font une partie importante du luxe ottoman. Cette matière s'extrait d'un banc, à Kiltschik, près de Konie, en Anatolie, qui appartient à un couvent de derviches : elle est douce et grasse au toucher, et devient blanche et dure après qu'on l'a exposée au feu. On pétrit d'abord cette terre et on la façonne dans des moules, à peu près comme pour les pipes communes : on les expose au soleil pour les sécher, puis au feu, jusqu'à leur donner le rouge-cerise, pour les durcir ; enfin, on les fait bouillir dans du lait, on les sèche de nouveau et on les polit à la PRÊLE. Quelquefois on les colore en les faisant cuire dans un bain contenant de l'oxide de fer, ou toute autre substance colorante.

A Constantinople, les potiers font des pipes rouges avec de la poudre de ciment tamisée, mêlée à une argile grasse qu'on a privée de sable par des lavages à grande eau. On travaille la matière, on la moule et on la cuit à l'ordinaire, puis on la polit avec du cuir et de la SANGUINE. Ces pipes se vendent à aussi bas prix que celles de terre, en France.

Nous jugeons qu'il serait inutile d'étendre davantage ces descriptions. La forme et la matière dont les pipes sont composées sont en multitude infiniment variée, et ce sujet, à peu près inépuisable, ne pourrait être traité d'une manière complète que dans un ouvrage spécial. FR.

PIPETTE. Petit instrument de verre, très usité dans les laboratoires de Chimie, pour enlever un liquide d'un vase et le transporter dans un autre, sans en répandre. Dans toutes les expériences exactes, on apporte la plus scrupuleuse attention à ne perdre aucune portion des produits sur lesquels on opère, et c'est pour y mieux réussir qu'on a recours aux pipettes, toutes les fois qu'il s'agit, par exemple, de filtrer un liquide contenu dans une capsule ; car il serait bien difficile, pour ne pas dire impossible, de n'en pas laisser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

couler quelques gouttes le long des bords, si l'on voulait se contenter de décanter de la capsule dans le filtre.

La pipette est formée (Pl. 32, fig. 6) d'une partie renflée A et ordinairement sphérique, qui sert de réservoir au liquide qu'on veut transvaser, et de deux bouts de tubes qu'on y soude en B et C : l'un D, plus long, est terminé en pointe capillaire, pour que le liquide ne puisse s'écouler du réservoir qu'autant qu'on permettra à l'air de rentrer par la partie supérieure; l'autre E est plus court et courbé à angle droit dans sa partie moyenne, pour qu'on puisse facilement l'introduire dans la bouche. On laisse à cette extrémité du tube tout son diamètre, mais on a soin de le présenter au dard de la lampe, afin d'en adoucir les arètes par la fusion. Quand on veut se servir de la pipette, on la prend en F de la main droite, on plonge l'extrémité capillaire dans le liquide, et l'on introduit l'autre dans la bouche, puis, par un léger mouvement de succion, on fait monter doucement le liquide dans le réservoir, et l'on a soin, à chaque intervalle d'aspiration, d'appliquer le bout de la langue sur l'orifice du tube, pour le boucher complètement et empêcher l'air d'y rentrer, et par conséquent le liquide déjà monté de pouvoir s'écouler. On conçoit qu'il ne faut pas faire de mouvement brusque dans l'aspiration, parce qu'alors le liquide surgirait avec trop de promptitude, et pourrait arriver jusque dans la bouche. Le meilleur moyen d'obvier à ce grave inconvénient, c'est de produire avec sa bouche le même mouvement de succion que l'enfant fait quand il tette.

Lorsque le réservoir est à peu près plein, on cesse les aspirations, on bouche l'orifice et l'on attend quelques instans, afin de donner le temps au liquide de monter en raison du vide déjà produit. Si l'on enlevait trop promptement la pipette du liquide, et qu'il y eût encore un peu de vide de formé dans le réservoir, l'air extérieur entrerait brusquement par l'extrémité capillaire, produirait un soubresaut dans le liquide, qui pourrait en faire jaillir dans la bouche. Il convient donc, comme nous l'avons recommandé, d'attendre un peu,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et quand on voit qu'il n'y a plus d'ascension, on enlève la pipette, toujours en tenant l'orifice du tube E bien bouché avec la langue ; puis on place l'extrémité capillaire au-dessus du vase ou du filtre où l'on veut déposer le liquide ; on le laisse s'écouler en enlevant la langue pour donner passage à l'air ; mais on l'applique de nouveau pour interrompre le filet, aussitôt qu'on s'aperçoit qu'il y en a assez d'écoulé pour le moment, et l'on renouvelle cette manœuvre jusqu'à ce que le réservoir soit entièrement vide.

Comme il est assez difficile de souder des tubes, on se contente souvent de souffler une boule à la lampe, et pour cela, on prend un bout de tube d'épaisseur et de diamètre convenables, on le chauffe assez fortement pour pouvoir le ramollir, puis on l'étire en pointe capillaire. Cette première pointe une fois faite, on chauffe de nouveau un peu plus loin, et l'on en fait une deuxième, en sorte qu'il reste une portion du tube entre ces deux pointes ; on en bouche une en la fondant ; on présente ensuite cette partie renflée au dard de la flamme, et l'on fait rougir à blanc, en ayant bien soin de rouler les pointes continuellement entre les doigts, pour que la chaleur soit partout uniforme ; et quand elle est élevée au degré nécessaire, on souffle progressivement, et toujours en roulant entre les doigts, pour bien centrer la boule (fig. 7).

On a encore une manière plus simple de faire des pipettes, alors même qu'on n'aurait pas de lampe d'émailleur. On choisit un bout de tube d'un gros diamètre, on le place sur des charbons ardens, et on l'en enveloppe entièrement : quand il est bien ramolli, on l'étire, puis on le chauffe de nouveau sur un autre point, et en laissant un intervalle suffisant pour laisser un réservoir de capacité convenable. On étire de même cet autre côté, et l'on obtient ainsi une pipette de la forme tracée fig. 8. R.

PIQUETTE. On nomme ainsi une sorte de Boisson légèrement vineuse, un peu aigrelette, à laquelle la présence de l'acide carbonique donne un goût *piquant*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La piquette se prépare habituellement de deux manières différentes. L'une, usitée dans les campagnes, consiste à mélanger, avec un volume d'eau à peu près égal au sien, la vendange écrasée et fermentée dont on a extrait tout le moût qui a pu s'écouler spontanément, ou à l'aide d'une pression incomplète. Les futailles, remplies de cette manière, sont refoncées, mises en chantier, la bonde couverte d'un linge ou de plusieurs feuilles de vigne, seulement, afin d'éviter la pression. Dès que le premier mouvement de fermentation s'est manifesté, on soutire chaque jour la quantité de cette boisson utile à la consommation, et l'on remplit au fur et à mesure avec de l'eau. On continue cette pratique jusqu'à ce que la piquette soit devenue tellement faible, qu'à peine, alors, diffère-t-elle de l'eau : quelquefois encore on l'emploie en cet état pour la boire en guise d'eau ou étendre le petit vin.

La deuxième méthode de préparer la piquette est plus ordinairement suivie dans l'intérieur des villes ; elle consiste à remplir une futaille avec du raisin noir, la refoncer, mettre en chantier, puis remplir d'eau ; on attend alors que la fermentation se soit assez vivement excitée ; on soutire par le bas de la pièce quelques litres, que l'on reverse à la partie supérieure par la bonde. Un ou deux jours après on commence à faire usage de cette boisson, à la manière indiquée ci-dessus, et l'on continue de même jusqu'à ce que le raisin épuisé ne communique plus qu'un très faible goût à l'eau.

Cette deuxième sorte de piquette est assez forte et foncée en couleur, durant les premiers jours, pour supporter l'eau ; mais, de même que la première, elle ne tarde pas à développer une acidité de plus en plus prononcée ; celle-ci est due à l'accès de l'air par la bonde et au défaut d'une proportion d'alcool suffisante. On peut parvenir à retarder beaucoup ce développement d'acide, et rendre la piquette plus forte, plus salubre et plus agréable, en ajoutant, au lieu d'eau, pour le premier mélange, une solution à 4 ou 5 degrés (Baumé) de Sirop *de fécule*, ou de *mélasse* ou de *miel* épuré

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au charbon, puis substituant à la fermeture imparfaite de la bonde par du linge ou des feuilles de vigne, une bonde de liége, dans laquelle est implanté un double tube de sûreté, que j'ai indiqué dans le premier numéro du Journal de Chimie médicale, et appliqué avec beaucoup de succès à divers travaux des Arts et de laboratoire, dans lesquels on a recours à la fermentation.

Ce tube, représenté Pl. 55, fig. 1 des *Arts chimiques*, se compose de deux capacités A, B, mises en communication entre elles par leur partie inférieure, et communiquant par leur partie supérieure, l'une avec l'intérieur du tonneau, l'autre avec un entonnoir et l'air extérieur. Il est facile de concevoir, d'une part, comment ce tube sert à remplir le tonneau, puisque le liquide suit toutes les sinuosités, sans obstacle; et de l'autre, comment il maintient une fermeture complète, par le liquide qui reste toujours dans le siphon inférieur, cédant à une faible pression extérieure et intérieure, qui ne permet que l'accès de l'air ou l'issue des gaz strictement nécessaires. C'est, comme on le voit, une soupape hydraulique. On peut obtenir le même effet d'un instrument en fer-blanc d'une construction simple; il se compose d'un cylindre C (fig. 2) divisé en deux capacités par un diaphragme *c*, *c*, dans lequel est ajusté un tube D, qui s'introduit jusqu'à la partie supérieure, et qui s'adapte à la bonde du tonneau par un bouchon en liége. Une ouverture *d*, au bas de ce diaphragme, fait communiquer ensemble les deux capacités, dont l'une communique en outre avec l'air extérieur par l'entonnoir O. On voit que ces dispositions ferment hermétiquement le tonneau, et ne laissent échapper le gaz ou entrer l'air que sous une certaine pression.

Pour de plus amples détails sur diverses boissons faibles, désignées quelquefois sous le nom de *piquettes*, *V.* l'article Boissons. P.

PISAI, PISÈ (*Architecture*). On donne ce nom à une construction faite en terre humide, battue entre deux planches. On bâtit ainsi des murs de clôture, des maisons même, dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les lieux où la pierre et la brique sont chères. Lorsque ces murs sont enduits d'un bon crépi de mortier en chaux et sable, qui les abrite de la pluie, ils sont d'un excellent service et d'une solidité dont on se fait difficilement idée. Il y a de ces murs qui durent depuis plus de cent ans. On a soin de construire les fondations en pierre, jusqu'à 1 ou 2 pieds au-dessus du sol, pour que le mur soit à l'abri de l'humidité.

Le pisè se fait en *terre franche*, c'est-à-dire grasse et collante : l'argile se fend aisément au soleil, et le sable a trop peu de liaison ; on ne peut les y employer. On ôte de la terre les racines, les gros cailloux, etc. ; on la corroie avec de l'eau, mais en en mettant le moins possible. On évite d'y travailler dans les temps pluvieux ou trop secs. La terre se bat dans un moule en planches, élevé sur le sommet de mur qu'on veut prolonger. Voici comment se fait cette opération.

Le moule se compose de quatre planches, deux grandes et deux petites, qui, lorsqu'elles sont assemblées comme on va le dire, forment une longue caisse sans fond ni couvercle. Les deux grandes planches sont appelées *banches ;* elles ont 3 mètres environ de long ; les petites, nommées *closoirs* ou *trapons*, n'ont que la longueur qui convient à l'épaisseur qu'on veut donner au mur (ordinairement 5 à 6 décimètres, 15 à 18 pouces). La hauteur de ces planches, ou celle du moule, est d'environ 8 décimètres (2 pieds et demi). Les banches sont un assemblage de planches de sapin de 15 lignes d'épaisseur, bien jointes et maintenues en dehors par quatre traverses ou *pare-feuilles*, savoir : deux aux bouts, et deux sur la longueur. Deux anses en fer, nommées *manettes*, y sont clouées, et en surmontent le bord supérieur ; elles servent à la manœuvre. Les closoirs se placent au bout des banches, et y sont retenues par des cordes, serrées autour de deux chevilles de fer, fichées dans les banches ; ces cordes embrassent des bouts de bâtons placés transversalement au-dessous des closoirs.

On a plusieurs *lançonniers*. Ce sont des chevrons de 3 pouces d'écarrissage, qui se posent sur le mur en le traversant, et le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dépassent sur les deux faces ; ils ont vers chaque bout une mortaise. On place d'abord les deux banches sur les lançonniers, et on les maintient écartées par des *étrésillons* ou bois horizontaux, situés en dedans ; ensuite on passe en dehors des *aiguilles* ou bouts de chevrons, qui ont au bas un tenon, qu'on entre dans la mortaise du lançonnier; on serre ces aiguilles par des cordes passées en travers des banches, en dessus du moule ; des coins de bois qu'on chasse dans les mortaises des lançonniers achèvent de maintenir le moule. On doit se représenter cet appareil comme formant une longue caisse ouverte en dessus et au fond, placée sur le mur qu'on veut prolonger en hauteur ; les banches sont disposées selon les paremens extérieur et intérieur, et sont maintenues à la distance de toute l'épaisseur du mur, par les closoirs et les étrésillons : elles sont en outre serrées, pour s'opposer à l'écartement, par les lançonniers en bas, les aiguilles et leurs coins sur les faces, et des cordes qui enlacent les bouts supérieurs des lançonniers. (*V.* la fig. 13, Pl. 13 des *Arts de calcul*, où cet appareil est représenté.)

Maintenant un terrassier débite le mortier de terre à deux manœuvres, qui le portent sur leur tête dans des paniers d'osier, pour le verser dans la caisse, et trois piseurs, qui se partagent la longueur du moule, reçoivent tour à tour le mortier, et le battent d'abord avec les pieds, puis avec un *pison*, sorte de masse en bois dur, armée d'un long manche. Le moule se remplit ainsi ; alors on détache les cordes, les coins et les aiguilles ; on pose d'autres lançonniers au-dessus du moule, dans des tranchées nommées *boulins*, faites sur le mur de terre qu'on vient d'élever. On porte les banches et les closoirs sur ces lançonniers, et on les assemble de nouveau comme la première fois.

Pour dégager les lançonniers qui sont restés dans l'épaisseur du mur, et sont désormais inutiles, on les frappe en divers sens pour les ébranler, et on les fait sortir par le bout, pour servir bientôt à élever le mur d'un nouveau *pan*. Quant aux étrésillons, on les retire successivement, à mesure que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

terre les gagne, et qu'elle suffit pour maintenir le moule ouvert. On bouche après coup les trous des boulins, qui percent le mur de part en part aux lieux où étaient les lançonniers. Cette opération se fait au bout d'un an.

Lorsqu'on prolonge un pan dans le sens horizontal, un des closoirs est inutile, parce qu'il est remplacé par le bout de mur déjà fait. Il faut observer que, comme on doit donner un peu de *fruit* au mur (1 pouce par toise environ), les closoirs ne sont pas parfaitement rectangulaires, mais légèrement en trapèze, et qu'ils ne peuvent servir que pour un rang, attendu que le mur doit aller en s'amincissant à mesure qu'on s'élève.

Pour la dernière assise supérieure, on ne fait qu'une demi-banchée, c'est-à-dire qu'on ne remplit le moule que dans une moitié de sa hauteur.

Lorsqu'on fait l'angle commun à deux murs, on l'établit par le concours de deux assises qui se surmontent alternativement; et pour donner plus de liaison à l'ouvrage, on met dans chaque assise une planche de sapin d'un pouce d'épaisseur, de 6 pieds de longueur et large d'un pied, ce qui forme l'angle, à 2 pouces près. Cette planche garantit les assises des lézardes qui pourraient provenir de l'inégale résistance des banchées. On forme même, à l'angle, des lits de mortier de chaux, de 3 pouces en 3 pouces, sur 1 à 2 pieds de long; ces lits imitent, à l'extérieur, des joints en pierre.

Lorsque le mur est terminé, on le recouvre d'un chaperon en tuiles, ou en pierre, pour empêcher les eaux pluviales de l'infiltrer; car il faut, avec un grand soin, s'opposer aux effets de l'humidité et de la gelée.

On laisse ensuite sécher le mur; ce n'est que l'année suivante qu'on le termine, et même plus tard encore. Alors on bouche les boulins, et l'on crépit avec un *rusticage* : c'est un mortier de chaux et sable extrêmement clair, qu'on jette sur le mur avec un balai. On commence par la crête, et l'on descend à mesure que le mur est recouvert. Ce crépi n'est pas uni, mais il n'en est que plus durable, et il est peu coûteux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On estime que les six ouvriers qu'on a supposé être employés à construire un pisè peuvent faire 3 toises carrées par jour. La façon d'un mur peut coûter, près de Lyon, où le pisè est fort usité, 3 fr. la toise, plus ou moins, quand on n'est pas éloigné du lieu qui fournit la terre.

Nous n'avons indiqué ici que la construction d'un mur de clôture, parce que c'est la plus simple; mais si l'on veut bâtir une maison, il faut apporter plus de soin et quelques précautions. Dans chaque banchée, on place une planche de sapin appelée *lierne*, et même quelquefois on dispose en travers trois à quatre bouts de planches, qu'on nomme *parpines*. Ces bois sont logés dans la masse, qui les entoure de toutes parts, afin d'empêcher les lézardes et les déversemens : on ne les voit pas au dehors; ils doivent poser sur toute leur surface.

Les murs de refend se font précisément comme nous avons dit pour les angles des murs; on fait chevaucher alternativement les banchées sur le mur de face et celui de refend.

On a soin de laisser vide l'espace occupé par les baies des portes et des croisées : ces baies sont bâties en pierre, et surmontées de leur linteau. Le plus souvent, on bâtit d'abord les jambages et le linteau; et quand cette construction est faite, on exécute les banchées latérales qui continuent le mur; mais il faut lier la pierre avec la terre par du mortier de chaux et sable.

Pour porter les solives des planchers, on établit sur le pisè des sablières ou plates-formes à la hauteur nécessaire, pour que le bout des charpentes porte sur ces pièces de bois.

Souvent, pour faire un mur de refend, on assemble cinq branches en forme de T une grande sur le mur de face, deux petites parallèles à celle-ci, et laissant entre elles l'épaisseur du refend; ces trois banches forment les paremens du mur de face; les deux autres, perpendiculaires aux premières, sont sur les deux paremens du mur de refend. On y loge des planches en sapin, des liernes et des parpines, pour consolider le tout ensemble. (*V.* fig. 14.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a vu de ces maisons de pisè de 30 pieds de hauteur, et qui avaient une durée séculaire ; elles ne menaçaient pourtant pas ruine. Cette construction est très solide, d'une exécution prompte, peu coûteuse, et saine à habiter. FR.

PISTACHIER (*Agriculture*). Nom donné à plusieurs arbres peu élevés, dioïques, c'est-à-dire dont certains pieds sont mâles et les autres femelles, et dont le suc est résineux.

Le commun (*pistacia vera*) est cultivé en Espagne, en Italie, dans nos provinces méridionales, en Afrique, etc. ; son fruit, vert-cramoisi, contient une amande verdâtre très agréable à manger. On en assaisonne des glaces, des sorbets, des crèmes; on en fait des dragées et autres mets de dessert.

Le *térébinthe* (*pistacia terebinthus*) donne par incision une liqueur appelée *térébenthine de Chio :* on la sophistique à Venise, d'où elle se répand, par le commerce, dans le reste de l'Europe, sous le nom de *térébenthine de Venise*.

Les pistachiers lentisque et atlantique (*P. lentiscus* et *atlantica*) fournissent le commerce d'une gomme résine appelée *mastic ;* on l'obtient par incision ; le suc se concrète en petits grains ; l'odeur en est douce et aromatique. Les Orientaux aiment à le mâcher pour rendre leur haleine plus agréable, affermir leurs gencives et blanchir leurs dents.

Ces trois dernières espèces croissent dans les mêmes contrées que la première. Le mastic et la térébenthine entraient autrefois dans la composition de plusieurs médicamens aujourd'hui peu usités. FR.

PISTOLET (*Technologie*). Le mot *pistolet* est employé dans les Arts industriels sous plusieurs acceptions différentes.

L'ARQUEBUSIER donne ce nom à une arme à feu construite comme un FUSIL (*V.* ce mot, T. IX, page 515), mais beaucoup plus courte. On le porte ordinairement à l'arçon de la selle, quelquefois à la ceinture, d'autres fois dans la poche. Ces armes furent d'abord appelées *pistoies*, parce que c'est à Pistoie en Toscane que les premières furent fabriquées ; on les a nommées ensuite *pistolets*. Les Allemands s'en servirent en France avant les Français ; et les Réites, qui le portèrent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du temps de Henri II, furent nommés *pistoliers*. Il en est fait mention sous le règne de François I^er^.

Le PAPETIER désigne sous le nom de *pistolet*, une sorte de chaudron qui fait l'office de fourneau pour chauffer l'eau de la cuve qui contient la matière disposée pour être convertie en feuilles de papier.

Le PARCHEMINIER donne le nom de *pistolet* à un outil d'acier trempé, dont il se sert pour retourner le fil d'un fer à raturer.

Dans les cabinets de Physique, on désigne sous le nom de *pistolet de Volta*, un instrument dont ce célèbre physicien est l'inventeur. Cet instrument, ordinairement construit en métal, a la forme d'une petite bouteille dont l'orifice, d'environ 15 millimètres, est fermé par un bouchon de liége. La paroi est percée, vers le fond, d'un trou dans lequel on mastique un tube de verre, puis on y introduit une petite tige de laiton, aux deux bouts de laquelle on soude une boule du même métal. L'une de ces boules se montre à l'extérieur en dehors du tube de verre, qui est placé là pour isoler la tige métallique; l'autre boule ne touche pas la paroi opposée, mais elle en est distante de quelques millimètres.

Tout étant ainsi disposé, lorsqu'on veut faire l'expérience, on débouche la bouteille, on y introduit un tiers environ de sa capacité de gaz hydrogène, qui se mêle avec deux tiers d'air atmosphérique qui reste dans le vase; on rebouche fortement, et l'on présente à la petite boule extérieure celle d'une bouteille de Leyde chargée d'électricité. L'étincelle qui se produit par l'approche de ces deux corps, s'excite entre la boule intérieure et la paroi du vase; les deux gaz s'enflamment, il se produit une détonation qui imite celle d'un coup de pistolet, et le bouchon est chassé avec force. On doit tenir la bouteille de manière que le bouchon soit tourné vers le plafond, afin qu'il ne puisse blesser personne.

La détonation est plus forte, lorsqu'au lieu d'air atmosphérique, on charge le pistolet avec un mélange préparé d'avance, et composé d'une partie de gaz oxigène et de deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parties de gaz hydrogène. (*V.*, pour la théorie de cette expérience, le mot EUDIOMÈTRE, T. VIII, page 333.) L.

PISTON (*Arts mécaniques*). Cylindre de bois ou de métal, qui remplit exactement une portion transversale d'un corps de pompe, de manière à s'opposer au passage de l'air. Ce piston est mobile dans la longueur du corps de pompe, et l'on peut le faire monter et descendre à l'aide d'une tige qui est attachée à son centre, et vient saillir en haut de la pompe. Ce mouvement alternatif fait monter l'eau dans un réservoir. Comme la construction des pistons est liée à celle des POMPES, nous remettrons à traiter ce sujet à ce dernier article. FR.

PITON (*Technologie*). On donne le nom de *piton* à une sorte de clou dont la tête a la forme d'un anneau. Il y en a dont la queue est carrée comme un clou, pour entrer dans le bois ou dans le plâtre; d'autres dont la queue est plate, fendue ou tordue, afin qu'on puisse la sceller facilement, à l'aide de coins de bois et de plâtre, dans un trou pratiqué dans la pierre; enfin, on en fabrique dont la queue est à vis, et par ce moyen on le fixe avec facilité dans le bois, et sans avoir recours au marteau, qui ébranle et détériore souvent les objets sur lesquels on doit le placer.

Les pitons étaient autrefois si grossièrement fabriqués, qu'on avait de la peine à se décider de les placer dans les appartemens propres; mais depuis l'heureuse découverte de M. Jappy, dans ses moyens de fabriquer à la mécanique les vis à bois de toute dimension, il a tellement perfectionné les pitons, que leur anneau est parfaitement rond, formé d'un fil de fer parfaitement cylindrique, sans soudure, et si bien ajusté par des machines, qu'on a peine à reconnaître le point de jonction. Il en fabrique de toute dimension, et à des prix très modiques.

Les pitons sont employés à divers usages, et surtout à recevoir les bouts des tringles qui soutiennent les rideaux des croisées ou des lits. L.

PIVOT. Pointe de métal sur laquelle on peut faire tourner un corps dont cette pointe soutient le poids. Quelquefois

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

c'est, au contraire, le pivot qui roule dans une partie creuse : c'est ainsi que le ventail d'une porte s'ouvre et se ferme, en le faisant tourner sur un pivot en fer qui est porté par une *crapaudine*. Les horlogers donnent le nom de *pivots* aux pointes d'acier sur lesquelles les roues tournent. FR.

PLACAGE (*Technologie*). On distingue deux sortes de *placage* : celui qui est le plus commun, et qui se fait sur un bâti de menuiserie, par l'application, par compartimens, de bois précieux, d'écaille, d'ivoire ou de métaux réduits en feuilles minces. Ce travail est du ressort de l'ÉBÉNISTE. (*V.* T. VII, page 328.)

L'autre, qui exige beaucoup plus d'art, représente au naturel des fruits, des fleurs, des oiseaux, des animaux, des arbres et autres choses semblables. Ce travail, qui a reçu de très grandes améliorations depuis quelques années, est principalement exercé par le *marqueteur* : nous avons décrit cet art avec beaucoup de détails. (*V.* T. XIII, page 141, au mot MARQUETERIE, MARQUETEUR.) L.

PLAFOND. *V.* PLANCHER. FR.

PLAIN (*Technologie*). Dans l'art de la *tannerie*, et généralement dans tous les Arts qui ont pour but le travail des peaux, on désigne par le nom de *plain*, une cuve ronde ou carrée, d'environ $1^m,624$ (5 pieds) de diamètre ou de côté, et autant de profondeur, entièrement enfoncée dans la terre, et qui sert à faire tremper les peaux, et à les y travailler, afin d'opérer le gonflement et la dépilation.

On verse de la chaux vive dans le plain : la quantité, qui n'est pas généralement déterminée, varie selon les lieux, les fabriques, la qualité de la chaux, la température de l'air, l'état de l'atmosphère dans les lieux mêmes, l'intelligence et les talens scientifiques de celui qui dirige le travail. Cette quantité est toujours proportionnée au nombre de peaux que peut contenir le plain. On verse de l'eau sur la chaux, afin de la bien éteindre ; on la remue à fond avec un RABLE, jusqu'à ce qu'elle soit réduite en lait. Après y avoir ajouté toute l'eau nécessaire pour qu'elle surnage d'un décimètre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

environ au-dessus de la dernière peau, et avoir bien pallié, on les introduit l'une après l'autre, on pallie bien avant la seconde, et ainsi de suite jusqu'à la dernière. (*V.* TANNEUR, CORROYEUR, CHAMOISEUR, MÉGISSIER, etc.)

On distingue trois sortes de plains : le *plain neuf* ou *vif*, c'est-à-dire qui n'a pas encore servi ; le *plain faible*, qui est à moitié usé ; le *plain mort*, qui n'est plus bon à rien, et qu'on jette. Les ouvriers se servent encore de cette expression, *premier plain*, *second plain*, etc., pour dire que le plain a servi une fois, deux fois, etc.

L'opération du gonflement, de l'amollissement et du dégraissage des peaux dans le plain à l'aide de la chaux, se nomme *plamage*. L'action de la chaux sur les peaux, qui se fait seule dans les plains, se désigne par le mot *plamer*. (*V.* CHAMOISEUR, MÉGISSIER.) L.

PLANCHER (*Architecture*). Les maisons sont divisées en étages par des planchers ; il est rare qu'on les fasse *pleins*, c'est-à-dire formés de pièces de bois jointives : on laisse entre les solives un espace plus ou moins grand, selon leur force, leur longueur et la charge qu'elles supportent. On place la solive de manière que sa plus forte dimension soit verticale ; on sait, en effet, que la force d'un bois horizontal croît comme le carré de sa hauteur. (*V.* BOIS.) Si deux solives sont épaisses de 6 et de 8 pouces dans le sens vertical, leurs résistances sont :: 36 : 64 ; ainsi, 2 pouces de plus ont presque doublé la force du bois.

Les solives se disposent souvent parallèlement, à la distance de 6 à 12 pouces, plus ou moins ; ce sont des bois méplats, qu'on pose de champ. Le plus sûr est de faire le vide égal au plein, à moins que la charge ne soit faible. Les bouts portent sur les deux murs, traversant le bâtiment dans toute sa largeur. On nomme *portée* toute la partie de la solive *dans œuvre* qui n'est pas soutenue. On dispose dans la longueur des murs des bois horizontaux de la largeur des solives, et une fois et demie aussi épais ; ce sont des LAMBOURDES ; les solives s'y assemblent par leurs bouts en queue d'aronde. Ces lambourdes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ne sont encastrées dans les murs que de leur demi-épaisseur, et sont soutenues par des corbeaux en fer qu'on y scelle, pour diminuer la longueur et la portée des solives. On chanfreine la lambourde en dessous, pour laisser place à la corniche du plafond.

Quelquefois, au lieu de se servir de lambourdes, on assemble à tenons et mortaises, par leurs bouts et transversalement à deux solives, des LINÇOIRS, dans lesquels les solives intermédiaires s'assemblent à leur tour; celles-ci se trouvent d'autant diminuées de longueur et de portée, ce qui produit une économie, et donne de la solidité au plancher, en liant toutes les parties.

Pour livrer passage aux tuyaux de cheminée et aux âtres, on place, à 3 ou 4 pieds du mur, deux *solives d'enchevêtrure*, ayant un plus fort écarrissage; deux bois courts, nommés CHEVÊTRES s'y assemblent perpendiculairement à tenon et mortaise, et portent par l'autre bout sur le mur, laissant entre eux un espace nommé *trémie*, pour l'établissement du foyer. L'aire en maçonnerie de la cheminée est soutenue par des bandes de fer croisées et portées par les chevêtres, le mur et la solive d'enchevêtrure. Le tuyau des étages inférieurs passe dans le vide en dehors de la solive et du chevêtre; une *solive boiteuse*, assemblée avec le chevêtre, ferme cet espace.

Afin de s'opposer à l'écartement des solives et les empêcher de se courber latéralement, on entre de force dans leur intervalle des bouts de bois coupés de longueurs justes; ce sont des *étrésillons*. On pratique des espèces de rainures sur le flanc des solives, et l'on y chasse les étrésillons, ou bien on pose sur les solives des madriers qu'on y cloue avec des chevilles; ou bien, enfin, on emploie des *liernes* ou *moises*; ce sont des pièces de bois portant des entailles à mi-bois convenablement espacées, et de la largeur de chaque solive; ces solives entrent dans les entailles, dont les bords s'appuient contre elles, et conservent l'écartement. On les cheville ensuite.

L'épaisseur du plancher, lorsqu'il est carrelé, ne va guère

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'à 1 pied (33 centimètres); il y en a même de 7 pouces (19 centimètres).

Quelquefois on établit le plancher sur des *poutres*, fortes pièces de bois qui portent sur les deux murs opposés, et sont placées à la distance de 10 à 12 pieds l'une de l'autre, et sur les côtés desquelles on assemble à tenon et mortaise les solives parallèles couvrant l'espace intermédiaire, qu'on appelle *travée*. Ce procédé diminue la portée de ces dernières; mais il laisse au milieu des poutres apparentes. Pour masquer celles-ci, on y attache, avec des étriers en fer, des lambourdes dans lesquelles s'assemblent d'autres solives. Ces planchers sont très lourds, très épais, et l'on y a renoncé dans les constructions modernes.

Lorsqu'on veut donner de la force aux solives, il faut les garnir d'*armatures* en bois et en fer; mais ces détails de construction ne peuvent être suffisamment exposés que dans des ouvrages spéciaux.

On assemble aussi les solives sur d'autres, qu'on place d'abord obliquement sur l'espace à couvrir; ces pièces, en diagonale, doivent être de bois plus fort et plus long que les solives; on les nomme *coyers*. Les solives viennent s'y assembler obliquement, et sont toujours parallèles entre elles, mais de longueur croissante avec l'espace triangulaire qu'elles couvrent; elles sont alors appelées *empanons*, comme celles des croupes des toits. Quelquefois la charpente d'un plancher est composée de plusieurs coyers, qui divisent la travée en quatre ou six triangles, et chacun de ces triangles reçoit des solives parallèles entre elles, mais non parallèles à celles des autres triangles. Cette espèce de construction a pour objet de diminuer la portée.

On évite surtout d'approcher les bois trop près des tuyaux de cheminée, dans la crainte d'incendie. Il faut aussi, autant que possible, ne point faire porter les pièces par les murs de face des bâtimens, et principalement au-dessus des baies des portes et croisées. Quand la disposition des localités oblige à s'écarter de cette règle, on soutient les solives par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des linçoirs ; mais il ne faut pas donner à ceux-ci trop de longueur. On use du même moyen pour éviter de sceller dans les murs les bouts des solives de remplissage, parce que la solidité est affaiblie par ces scellemens ; d'ailleurs, les bois sont sujets à se pourrir dans les murs en vieillissant.

D'après Rondelet, les solives d'un plancher doivent avoir pour hauteur le vingt-quatrième de leur portée, et un quart de moins sur l'épaisseur. La hauteur des poutres est le dix-huitième de leur portée, qui est de 3 à 4 mètres environ : les solives ont ordinairement 3 pouces d'épaisseur, 8 de hauteur et 9 de distance. On pose tous ces bois de champ. Tout ce qui se rapporte à la résistance d'un plancher a été suffisamment expliqué à l'article Bois. Nous ferons seulement remarquer que la maçonnerie de remplissage, quoique augmentant la charge, contribue à la stabilité, en liant toutes les pièces ensemble et les rendant solidaires. Cependant cela n'est vrai que des planchers légers et peu épais.

On remplit quelquefois les intervalles des solives par des plâtras hourdés en maçonnerie ; mais le plus souvent on laisse l'espace intermédiaire vide. On latte dessus et dessous ; on dispose ensuite une couche de gravois le moins épais possible, et l'on carrelle par-dessus ; ou bien on dispose des lambourdes scellées en plâtre et avec augets, puis on cloue les feuilles de parquet.

Dans les pays où les planches de sapin sont à bon compte, on se contente de plancheyer le sol ; dans les maisons bien tenues, ces planches sont travaillées et assemblées à rainures et languettes ; le tout est cloué sur les solives ou sur des lambourdes.

Quant au *plafond*, qui est la partie du plancher qu'on voit de l'étage inférieur, on le faisait autrefois à solives apparentes, dont les intervalles ou les *entrevoux* étaient hourdés en maçonnerie ; mais cette construction a l'inconvénient de ne pas avoir de propreté ni d'élégance. On préfère latter les solives par-dessous ; il faut avoir soin de les disposer de manière que leurs faces inférieures soient dans le même plan

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

horizontal, pour ne pas être obligé de cacher les inégalités par trop d'épaisseur de plâtre, ce qui serait coûteux, lourd et sujet à lézarder. On *gobette* ensuite du plâtre, c'est-à-dire qu'on jette sur le lattis, avec un balai, du plâtre gâché très clair, seulement pour cacher les lattes. On unit ensuite tout ce crépi à la truelle, ou mieux encore à la planche appelée *taloche*. Le plâtre doit y être le plus fin et le plus mince possible.

Dans les pays où le plâtre est cher, on se contente de blanchir à la chaux les solives apparentes, ou bien de tendre au plafond une toile ou du papier, qu'on peint ensuite en blanc; mais ce procédé est fort incommode, parce que les rats et les souris, si habiles à se creuser des demeures dans les planchers, en courant sur ces tentures, y produisent un bruit très importun, qu'on peut, en quelque sorte, comparer à celui du tambour.

Les traités d'Architecture et de construction contiennent une grande quantité de détails sur les différentes manières de faire des planchers et des plafonds; ce qui vient d'en être dit peut être considéré comme le résumé de tout ce qu'il y a de plus utile à savoir sur ce sujet. FR.

PLANCHETTE (*Arts de calcul*). Cet instrument est l'un des plus usités pour le lever des plans; il ne suppose presque aucune connaissance de Géométrie, et est très facile à manœuvrer; aussi la Topographie en retire-t-elle de très grands avantages; les arpenteurs l'emploient fréquemment.

L'appareil consiste essentiellement en une petite tablette carrée de 6 à 8 décimètres de côté, ou un rectangle de 5 sur 8. Une feuille de papier fixée à la surface est destinée à recevoir le dessin, qui s'y forme successivement et sur les lieux, à mesure qu'on fait les observations. Cette tablette est tenue horizontalement sur un PIED à trois branches; on la transporte à toutes les stations où cela est nécessaire.

Mais comme il importe à la manœuvre de satisfaire à diverses conditions, l'appareil se complique de plusieurs détails importans, que nous allons exposer avant d'en montrer l'usage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La planchette est portée sur son pied par un genou à la Cugnot, qui permet tous les mouvemens, afin qu'on la puisse fixer dans une position parfaitement horizontale, ce qui est indispensable. Nous avons décrit cette disposition à l'article GENOU ; elle est représentée fig. 2, Pl. 8 des *Arts de calcul.* On reconnaît que la tablette est horizontale, soit à l'aide d'un niveau à bulle d'air, soit simplement en posant à la surface une petite bille de marbre, et donnant le mouvement nécessaire aux articulations pour que cette bille demeure librement en repos sur le plan.

Comme une feuille de papier de 5 à 8 décimètres n'aurait le plus souvent pas assez d'étendue pour recevoir le plan qu'on veut lever, et qu'il serait difficile de changer de papier, on colle ensemble plusieurs feuilles, qu'on enroule sur deux petits cylindres mobiles autour de leurs axes, et placés sur deux bords opposés de la planchette. Chacun de ces cylindres porte une petite roue dentée en rochet, et un cliquet ne leur permet de tourner que dans un sens. On déroule le papier de dessus l'un de ces cylindres, et on l'enroule sur l'autre, à mesure que le progrès de l'opération d'arpentage oblige à étendre le plan plus loin. Le papier est d'ailleurs toujours tendu sur la planchette. Pour renforcer le papier, on le colle sur une mousseline qui lui sert de soutien, et permet de conserver l'original long-temps après qu'on a terminé le lever.

La tablette qui est sous la feuille du dessin peut être enlevée facilement ; car elle n'est que posée sur une autre moins grande, qui est solidement jointe au genou et au pied à trois branches. Des vis de pression qui serrent les quatre angles de cette dernière sur la supérieure consolident le tout. Enfin, la tablette inférieure peut pirouetter sur un disque horizontal fixé au-dessus du genou ; à cet effet, ce disque est percé d'un trou rond de même calibre qu'un pivot ou axe qui est fixé sous la tablette inférieure. Cet appareil est représenté fig. 16, Pl. 13 des *Arts de calcul.*

PP est la tablette portant la feuille de dessin collée par ses bords, ou roulée et tendue par deux cylindres latéraux,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on a omis dans la figure, pour ne la pas compliquer inutilement, cette partie de l'appareil pouvant être facilement comprise sans ce secours. *pp* est la seconde tablette, sur laquelle la première est fixée par quatre vis *vv* aux angles; CC est le disque ou plateau circulaire fixé au genou. Le pivot est un gros boulon central, dont le bout inférieur est terminé en vis V; après avoir traversé le disque, elle passe entre les deux armatures latérales du genou : on serre cette vis lorsqu'on veut empêcher la planchette de tourner.

Au lieu d'employer le genou de Cugnot, on se sert quelquefois d'un simple genou à coquilles, comme pour les graphomètres (*V.* GENOU); cet appareil est moins lourd et moins coûteux : mais comme il est bien difficile d'attraper la position horizontale de la tablette, que d'ailleurs le moindre effort, le poids de l'alidade ou de la main du dessinateur, suffisent pour la déverser, on préfère le genou à la Cugnot, dans les levers qu'on veut faire avec soin.

Il est souvent utile de pouvoir donner un petit mouvement de translation à la tablette de dessus; c'est ce qu'on fait à l'aide d'une vis de rappel fixée à la tablette inférieure. Il est nécessaire que l'un des points du dessin soit verticalement au-dessus du point du sol qu'il représente sur le plan, et qui a servi de mire; à l'aide de cette vis et d'un fil-à-plomb qu'on suspend en dessous, ou d'un petit caillou qu'on laisse choir de dessous la planchette sur le sol, entre les jambes du pied, on arrive aisément à cette position. Sans cette vis, il faudrait déplacer le pied et faire de longs tâtonnemens, pour amener le point du sol au-dessous de celui du plan qui le représente. Au reste, il n'est pas rigoureusement nécessaire que la coïncidence de ces points existe, si ce n'est lorsque le plan doit être fait avec un grand soin.

Il nous reste à indiquer les usages de cet instrument.

On est muni d'une ALIDADE à pinnules ou à lunette; cet appareil a été décrit à son article; elle sert à mirer et aligner les objets, lorsqu'elle est posée sur la tablette et dirigée convenablement. La base de l'alidade est une longue règle,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le long de laquelle on trace au crayon, sur le papier de la planchette, les divers alignemens qu'on prend. Le plan vertical qui passe par le fil dont le foyer de la lunette est armé, ou par la fenêtre et le fil des pinnules, doit coïncider exactement avec le bord de la règle : c'est ce qu'on appelle le *plan de collimation*. On vérifie cette coïncidence en pointant vers un objet, marquant sur la planchette la ligne de visée, puis retournant l'alidade bout pour bout, et voyant si le nouveau trait formé par l'alignement du même objet le long de la règle est exactement le même que le premier; sans cela, il y aurait une erreur de collimation, et il faudrait, avant de procéder au lever, déplacer les fils pour la détruire. (*V.* LUNETTE, où ce sujet a été traité.)

Il y a trois manières de lever un plan à la planchette, et ces procédés se combinent entre eux, selon les cas qui se présentent. Nous allons les exposer successivement.

I. On mesure, avec la CHAÎNE D'ARPENTEUR, une base MN (fig. 15), et l'on stationne, avec la planchette, aux deux extrémités. De M, on envoie des rayons visuels MA, MB, MN..., aux divers points remarquables des localités, lorsqu'ils sont visibles de la station M; ces directions sont tracées au crayon sur le papier de la planchette, et l'on écrit sur chacune les notes de convention propres à mettre de l'ordre dans l'opération et à distinguer celles de ces lignes qui tendent aux objets désignés. On en fait autant de la station N, ce qui donne les directions NA, NB, NC.... : l'intersection de ces droites deux à deux détermine les lieux A, B, C..., et même les distances MA, NA, etc., qu'on mesure en parties de la même échelle sur laquelle la longueur MN a été évaluée.

Pour bien concevoir cette construction, supposons qu'il s'agisse de lever le triangle RPS (fig. 17). La planchette sera d'abord établie en R, et l'on y marquera les traits indéfinis *rp*, *rd*, dans les directions qui tendent aux sommets S et P; le point *r* représentera sur le plan la station R, au-dessus de laquelle il sera situé verticalement. On transportera ensuite la planchette en S, et prenant sur *rd* une longueur *rs* d'autant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de parties de l'échelle du plan que la distance RS contient d'unités métriques, *s* sera l'analogue de S. On fera en sorte de disposer la planchette de telle sorte que le point *s* soit verticalement au-dessus de S, et que la droite *rs*, déjà tracée, soit dans l'alignement SR : on fixera la planchette dans cette position, et l'on dirigera l'alidade vers l'objet P ; la ligne *sp* tracée sur le papier représentera cette direction ; le point *p* sera l'analogue de P. En effet, les deux triangles RSP, *rsp*, sont semblables ; ou du moins, si les objets R, S, P, ne sont pas dans un plan horizontal, ils seront *réduits à l'horizon*, et les trois points *r*, *s*, *p*, feront un triangle semblable à celui que donne cette réduction.

On voit, d'après cet exposé, qu'il importe que la planchette tourne facilement sur un axe pour être dirigée convenablement ; qu'ensuite elle puisse être fixée d'une manière immobile, et que la station soit au-dessous du point de la planchette qui la représente.

Il se présente une foule de difficultés locales qui ne permettent pas de stationner juste aux points de mire, mais nous ne pouvons entrer dans ces détails ; outre que ces discussions prendraient ici une étendue trop considérable pour que nous puissions nous y arrêter, les procédés suivans serviront à sortir d'embarras dans beaucoup de cas.

II. Soit ABCDE (fig. 18) un polygone qu'on veut lever. On stationne à chaque angle, et l'on vise au sommet de l'angle suivant, en faisant le tour entier. Après avoir placé la planchette en A, pointé vers B, et tracé la ligne analogue à AB, d'après la longueur de AB, on a la place du point B sur le plan. On se transporte en B, et l'on oriente la planchette de manière que la direction tracée coïncide avec BA, le point qui représente B étant au-dessus de B verticalement. On fixe alors la planchette ; on vise C, et l'on trace la direction BC, sur laquelle on marque l'analogue de C, d'après la distance AC, et ainsi de suite. La vérification du tracé s'obtient en examinant si le polygone se ferme bien, quand on revient au point A de départ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette opération se pratique surtout dans les bois fourrés, où d'un point on ne peut apercevoir qu'un second point de la sinuosité dont on demande le plan : elle est plus longue que la précédente ; mais on s'en sert quand celle-ci ne peut être employée.

On a soin de raccorder aux parties déjà marquées sur le plan, celles qui sont visibles dans le voisinage de chaque station; on y emploie la première méthode, ou bien on mesure des longueurs perpendiculaires *coordonnées*, comme on l'a expliqué à l'article Équerre d'arpenteur. La fig. 19 montre un exemple de ce genre d'opération. Lorsqu'une superficie est enceinte d'un polygone qu'on a levé avec exactitude, les petites erreurs qu'on peut commettre sur la situation des points intérieurs, ou voisins des stations, sont sans importance.

III. Le troisième procédé consiste à se servir du *déclinatoire;* c'est une boussole contenue dans une boîte rectangulaire, dont le bord extérieur sert de règle, le long de laquelle on puisse tracer des lignes. En voici l'usage.

On sait que l'aiguille aimantée librement suspendue prend, après plusieurs oscillations, une direction constante un peu différente de celle du méridien. (*V.* Boussole.) L'aiguille contenue dans le déclinatoire doit se diriger selon la parallèle au côté long de la boîte; pour cela, il suffit de poser cette boîte sur la planchette, et de la tourner dans le sens convenable. Dans cet état, la planchette ayant été d'abord fixée dans la direction d'une des lignes du plan qu'on veut lever, on trace au crayon, sur le plan, la ligne qui borde la boîte de la boussole et est le méridien magnétique.

Cela fait, lorsqu'on transporte la planchette à une autre station, comme l'aiguille aimantée doit y prendre une direction parallèle à celle qu'elle avait d'abord, pour orienter l'instrument, il n'est plus nécessaire de diriger l'alidade le long d'une des lignes déjà tracées, et de pointer à l'objet visible situé dans la direction de cette ligne. On pose le déclinatoire le long du trait qui est le méridien magnétique,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et l'on tourne la planchette jusqu'à ce que l'aiguille prenne la direction parallèle à ce trait. On fixe alors la planchette, et l'on est assuré que, si l'on fait l'épreuve qui a été indiquée ci-dessus, on aura satisfait à la condition imposée.

Le déclinatoire sert surtout à obtenir l'orientation, lorsque certains points ne sont pas visibles des autres stations. Il sert aussi à indiquer sur la carte la rose des points cardinaux; car on sait de quelle valeur angulaire le méridien magnétique s'écarte, dans le lieu, de la ligne nord et sud (*V.* Boussole): on coupe la ligne qui représente ce méridien sur le plan, par une droite faisant avec elle l'angle dont il s'agit; cette direction est celle du méridien du lieu.

Nous ne pourrions nous étendre davantage sur l'usage de la planchette, sans excéder les limites qui nous sont prescrites. On peut consulter, à cet égard, les traités d'Arpentage, et particulièrement celui de M. Benoît. FR.

PLANE (*Technologie*). Ce mot a plusieurs acceptions dans les Arts industriels.

Le Batteur d'or donne ce nom à un assemblage de feuillets de parchemin coupés en carré. (*V.* ce mot.)

Le Charron désigne, par ce mot, une lame d'acier tranchante, qui a deux manches et deux poignées, une à chaque bout, dont il se sert à deux mains, pour polir et planer les bois qu'il travaille. Indépendamment du charron, plusieurs autres ouvriers emploient cette *plane*.

Le Potier d'étain donne ce nom à des espèces de crochets, et à des lames d'acier tranchantes, avec lesquels il tourne l'étain, le rend uni et le polit sur le tour.

Le Tourneur sur bois appelle *plane* une sorte d'outil en forme de ciseau de menuisier, dont il se sert pour aplanir et rendre parfaitement lisses les ouvrages qu'il a auparavant bien dégrossis à la gouge et à l'aide d'autres outils. Un habile tourneur ne se sert guère que de la gouge et de la plane. L.

PLANÉTAIRE (*Arts de calculs*). Machine qui représente les mouvemens périodiques des planètes, à l'aide de rouages dont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les relations de vitesse soient convenablement établies. Voici les règles propres à composer ces appareils.

Comme on ne voit à l'œil nu que Saturne, Jupiter, Mars, la Terre, Vénus, et rarement Mercure, on ne comprend que ces six corps dans les planétaires. Ils sont énoncés ici dans l'ordre de leurs distances au Soleil, qui est représenté par une grosse boule immobile au centre du planétaire. On n'entend pas non plus y représenter leurs volumes et leurs distances au Soleil; certaines dimensions de la machine seraient trop grandes et d'autres trop petites pour l'objet qu'on se propose, si l'on voulait conserver dans la machine les rapports géométriques (1). On ne veut seulement que donner aux boules qui représentent les planètes, des vitesses relatives qui soient dans des relations conformes à l'état des choses, afin que les rotations placent chaque jour ces boules aux distances angulaires dont le ciel offre l'image.

Ces boules sont portées chacune par un petit bras vertical, fixé au bout d'une tige mobile autour de l'axe central. Ces tiges doivent donc recevoir des mouvemens de révolutions périodiques qui s'accordent avec ceux qu'on observe dans les planètes, afin qu'une fois placées dans les valeurs angulaires où ces corps se trouvent à une époque, un mouvement d'horlogerie conserve aux tiges les angles variables que les corps prennent à mesure que la durée s'écoule. En un

(1) Le Soleil est 400 fois plus loin de nous que la Lune; son diamètre est 112 fois celui de notre globe. Si le centre de cet astre était transporté, par la pensée, sur celui de la terre, son volume embrasserait la Lune, et s'étendrait une fois au-delà. En ne donnant qu'un pouce de diamètre à la boule qui représente la Terre, le Soleil aurait 9 pieds et en serait éloigné de 1000 pieds; Jupiter aurait 11 pouces de diamètre, Saturne 10; le premier serait à 872 toises du centre, Saturne à 1600. On ne peut donc représenter le système planétaire sans altérer considérablement les rapports de dimensions et de distance. L'esprit doit rectifier les erreurs volontairement commises dans les planétaires, pour rétablir ces choses dans leur état réel. On se borne à placer la boule de Saturne sur la plus longue tige, Mercure sur la plus courte, et ainsi des autres, dans l'ordre où elles sont énoncées ci-dessus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mot, les tiges qui transportent les boules ne font fonction que d'aiguilles semblables à celles qui indiquent sur un cadran les heures, minutes et secondes.

Le mouvement général est imprimé par un ressort spiral, et réglé par un autre ressort, absolument comme dans les montres; on peut aussi y employer un pendule et des poids, ce qui est moins commode, parce qu'on est dans l'usage de construire les planétaires, non pas verticalement, comme les cadrans de nos pendules, mais de faire parcourir aux tiges des cercles horizontaux. Pour que les mouvemens ne se gênent pas mutuellement, chaque tige horizontale porte un bras coudé à angle droit, au bout duquel est fixée la boule planétaire; les tiges décrivent donc des cercles parallèles entre eux, et les boules parcourent des circonférences inégales, dont le centre est celui de l'appareil où est situé le Soleil : les boules se meuvent toutes à peu près dans le même plan.

On néglige dans les planétaires les mouvemens elliptiques des planètes, les perturbations et autres inégalités, pour s'en tenir à ce que les astronomes appellent des *mouvemens moyens*, dont l'uniformité convient très bien à ce genre de construction. D'ailleurs les irrégularités sont trop faibles dans l'état réel du ciel, pour qu'on ait quelque intérêt à y avoir égard dans une machine qui a d'autres causes plus graves d'erreurs, et qu'on compliquerait sans utilité; car nous devons dire que les planétaires ne sont d'aucun usage pour les astronomes. Ils ne font cas que des résultats rigoureusement exacts; des machines ne peuvent jamais les procurer : ce sont les tables astronomiques qui font connaître les positions par le calcul.

D'après cet exposé, on voit qu'il ne reste plus qu'à armer le planétaire de rouages dont les vitesses soient données, précisément comme on le fait dans les pièces d'horlogerie. Ces vitesses sont les suivantes :

Mercure accomplit sa révolution sidérale en	$87^{j}96926$
Vénus	224,70079
La Terre	365,25638

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mars..... 686j97965
Jupiter..... 4332,58482
Saturne..... 10759,21982.

C'est en proportionnant convenablement les dentures des roues qu'on donne aux aiguilles les vitesses précédentes. Nous avons traité ce sujet avec détail à l'article NOMBRE DES DENTS DES ROUES, où nous avons même éclairé la théorie par des exemples.

Pour montrer ici une application de cette méthode, supposons qu'on ait disposé les choses de manière à faire accomplir, en un an, un tour entier par l'aiguille de la Terre, et qu'on veuille établir des rouages de communication qui impriment à l'aiguille de Mars la vitesse voulue. On fait une fraction des nombres de jours de révolutions sidérales de ces deux corps, savoir: $\frac{36525638}{68697965}$. On essaie de réduire cette fraction à la plus simple expression, par la méthode connue en Arithmétique pour *le plus grand commun diviseur de deux nombres*. Voici le calcul :

68697965	36525638	32172327	4353311	1699150	955011	
Quotiens.	1	1	7	2	1	, etc.
Restes, 32172327	4353311	1699150	955011	744139	210872	

On reconnaît que la fraction n'est pas réductible; mais par le secours des quotiens successifs (*V.* mon Cours de Mathématiques, n° 30 et l'article cité),

1, 1, 7, 2, 1, 1, 3, 1, 1, 8, 6, 4, 1, 1, 8,

on forme la fraction $\frac{93015}{174944}$, presque égale à la proposée, et qui peut la remplacer par approximation. L'erreur sera certainement au-dessous de celle que le mouvement des rouages comporte nécessairement. Or, les termes de cette fraction sont décomposables en facteurs, savoir :

$$93015 = 27 \times 65 \times 53, \quad 174944 = 32.77.71.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, notre fraction revient à $\frac{27}{32} \times \frac{65}{77} \times \frac{53}{71}$. Trois axes de rotation suffiront pour produire l'effet. On fera porter à l'axe central qui fait un tour en un an, et meut l'aiguille terrestre, une roue de 27 dents qui en *mènera* une de 32; sur l'axe de celle-ci, on fixera une roue de 65 dents qui en mènera une de 77; cette dernière portera sur son axe une roue de 53, qui engrennera avec une de 71 portée par l'axe de l'aiguille de Mars. On sera assuré qu'à fort peu près les deux aiguilles observeront les relations de vitesse de la Terre et de Mars par rapport aux étoiles.

On fera des opérations analogues pour les autres planètes.

Mais comme il convient de faire porter les aiguilles par un même axe central, et qu'elles tournent toutes de droite à gauche pour le spectateur placé au centre, il faudra disposer sur cet axe des *canons* ou tubes creux, armés d'aiguilles, et faire tourner ces canons par des roues de renvoi, disposer des *ponts* pour que les axes ne gênent pas les mouvemens, etc. Tout cela est exactement semblable à ce qui se pratique en pareil cas dans les horloges, et dont nous avons déjà parlé. (*V.* Montre, Pendule, Minuterie, etc.)

En général, la composition et l'exécution d'un planétaire suppose de la part de l'artiste une certaine connaissance du calcul arithmétique et une grande habitude des procédés usités en horlogerie. Tout ce qui pourrait manquer ici pour la parfaite intelligence de la matière se trouvera exposé dans les articles cités de notre Dictionnaire. On peut consulter aussi un traité de M. Janvier, intitulé *des Révolutions des corps célestes par le mécanisme des rouages*.

Le plus souvent on fait porter à l'axe de la Terre un rouage qui meut la Lune autour d'elle. Ce satellite fait son tour entier en 27,3215824 jours. Nous avons donné les nombres de dentures dans le tome XIV, p. 424. Fr.

PLANEUR (*Technologie*). Nous avons décrit cet art au mot Chaudronnier (*V.* T. V, page 94); nous n'aurons par conséquent que peu de chose à ajouter ici.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet art est une des parties de l'art du CHAUDRONNIER ; il exige une très grande habitude pour l'exercer avec perfection. Un coup de marteau donné à faux suffit pour faire travailler l'ouvrier pendant des heures entières, dans le but de réparer sa faute ; aussi cet art est-il exercé par des ouvriers spécialement adonnés à ce genre de travail. Ce sont les Auvergnats du côté de Saint-Flour qui ont apporté cet art à Paris, et qui en ont conservé, de père en fils, presque entièrement le monopole.

Le *planeur* ne se borne pas à planer le cuivre pour la gravure ; il exerce son art sur tous les métaux, et surtout les métaux précieux, l'or, l'argent, le platine. Les orfèvres emploient toujours son secours pour faire la vaisselle plate. Le talent consiste à bien écrouir le métal, à le rendre d'une égale épaisseur dans toute son étendue, et à lui faire présenter partout une surface parfaitement plane. (*V.*, pour le détail des opérations, le mot CHAUDRONNIER, que nous avons cité au commencement de cet article.) L.

PLANS (*Arts de calcul*). Lever un plan, c'est dessiner sur le papier des figures dont les parties soient dans les mêmes relations d'angles et de distances que les objets qu'on remarque sur le terrain, de manière à imiter fidèlement toutes les configurations qu'ils forment entre eux, l'espace qu'ils occupent, leurs limites, etc. ; tels que des maisons, des sentiers, une pièce d'eau, etc. Cet art est un des plus agréables à exercer par un propriétaire ; ordinairement l'ARPENTEUR le met en pratique. Le plan d'un immeuble, d'une commune, d'une campagne, est presque toujours nécessaire à consulter pour terminer des contestations sur la limite des biens, pour en faire le partage, pour régler les cultures, pour préparer les travaux de plantations et d'Architecture, etc. : mais le sujet est si étendu, et se rapporte à des configurations si variées, qu'il ne peut être convenablement exposé que dans un traité spécial. Tantôt il faut résoudre des triangles rectilignes, pour connaître des angles ou des distances qu'il n'est pas possible de mesurer ; alors les problèmes sont du do-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

maine de la Trigonométrie ; tantôt le plan est si étendu, qu'il se rattache à la Géodésie ; ailleurs on veut niveler le terrain pour y amener des eaux supérieures, etc. ; enfin, la multiplicité des cas qu'on peut rencontrer exige de l'arpenteur une grande instruction en Géométrie et beaucoup de sagacité.

Nous devons nous borner ici à donner les principes du lever des plans, sans entrer dans les difficultés de détails. Faisons donc un exposé rapide des procédés le plus en usage.

On conçoit un plan horizontal étendu sur tout le terrain qu'on veut lever ; puis, de chaque point remarquable, on imagine des verticales qui vont couper ce plan en divers points. Le système de ces points forme une figure qu'on substitue à celle du pays ; c'est la *réduction des objets à l'horizon.* Le plan qu'on veut dessiner n'est que l'imitation en petit de ces configurations ; les montagnes y sont aplanies, les cavités comblées, etc. ; mais tous les accidens du terrain sont dessinés après coup, et revêtus des couleurs propres à en faire ressortir le relief ou connaître la nature. On joint, par la pensée, les divers objets par des lignes droites, et l'on cherche à tracer des polygones exactement semblables à ceux que ces lignes forment. Les choses de détails, les points de peu d'importance, les courbures des sinuosités, sont ensuite facilement mis en leur place. C'est donc le polygone plan et horizontal dont on vient de parler qu'il s'agit de concevoir et d'imiter avant tout.

On se sert, dans les opérations topographiques, de plusieurs instrumens ; les principaux sont : la RÈGLE et la CHAÎNE d'arpenteur, pour mesurer certaines distances ; le GRAPHOMÈTRE, pour obtenir des valeurs angulaires ; la BOUSSOLE, pour le même objet et pour orienter les plans ; la PLANCHETTE, pour faire le lever directement, même sans connaître les distances ni les angles ; enfin, l'ÉQUERRE d'arpenteur, pour abaisser sur le terrain des lignes perpendiculaires à d'autres lignes. Ces instrumens sont décrits chacun à son article, où l'on a aussi exposé la manière de s'en servir. Les procédés sont tellement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liés au sujet que nous traitons ici, qu'on peut dire qu'ils constituent à eux seuls presque tout l'art de lever les plans. Nous renvoyons donc à ces articles, où la chose est considérée sous tous les points de vue.

Il ne nous reste donc qu'à exposer quelques généralités sur les plans qu'on veut lever. Après avoir exploré les lieux, pour y reconnaître les points les plus remarquables, ceux où il est convenable de stationner, les détails insignifians, les contours des ruisseaux, des routes et des sentiers, les ponts, les murs, etc., on cherchera sur le sol horizontal une ligne droite qu'on puisse mesurer facilement et sans erreur : cette ligne, nommée *base*, doit être telle, que de ses deux extrémités on puisse apercevoir la plus grande partie des points principaux à figurer. On se transportera aux deux bouts de la base avec un instrument propre à mesurer les angles, et l'on prendra les angles formés par cette ligne avec les différens rayons conduits aux objets visibles dans la campagne. On tient note de toutes ces inclinaisons. Il faut avoir attention que l'instrument soit disposé de manière que tous ces angles soient réduits à l'horizon, puisque ces réductions sont celles qui doivent composer le plan. Souvent il sera nécessaire de stationner en quatre, cinq, six.... points, et de mesurer plusieurs bases, pour achever l'opération.

Voilà donc le terrain couvert d'un réseau de triangles qui ont pour sommets les divers points remarquables réduits à l'horizon ; ces triangles ont pour côté commun la base sur laquelle ils sont formés ; outre cette base, on y connaît encore les angles qu'on a mesurés. De retour au cabinet, l'ingénieur trace sur le papier une droite MN (fig. 15, Pl. 13 des *Arts de calcul*) pour représenter cette base ; à l'aide de l'échelle de son plan, il donne à cette ligne une longueur d'autant de parties que la base contient d'unités métriques. Il tire du point M, avec le RAPPORTEUR, des droites AM, BM, CM, DM..., qui fassent avec MN des angles d'autant de degrés qu'on en a trouvé par les mesures directes qui ont été prises à l'extrémité que le point M représente. De même pour l'extrémité N,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

où l'on mènera des lignes droites, telles que AN, BN, CN, DN. Ces lignes croiseront les premières deux à deux en des points A, B, C, D, qui représenteront sur le dessin les points analogues du terrain. Car le point représenté par A s'est trouvé dans les alignemens qu'on a effectués aux deux stations, l'un sur le rayon visuel, faisant avec la base un angle égal à AMN, l'autre sur celui qui fait l'angle ANM. Ces trois lignes font, dans l'espace, un triangle exactement semblable à AMN. En raisonnant de même pour les points B, C, D, on voit que les lignes de la figure font des triangles semblables et semblablement placés à ceux du réseau topographique. On a donc ainsi un polygone semblable à celui qu'on forme dans la nature, et pour achever le plan, il ne reste plus qu'à compléter les détails, colorier les surfaces, etc.

Quand un obstacle interposé borne la vue, comme lorsque de la station N on ne peut voir le point B, on cherche un point A déjà levé, d'où B soit visible; on se transporte en A, et l'on mesure l'angle BAM; alors le triangle BAM détermine le point B, comme si AM eût été la base. Car si la distance AM n'est pas mesurée actuellement, comme le point A est connu sur le plan, la longueur AM l'est aussi, d'après le nombre des parties de l'échelle qui s'y trouvent contenues.

Quelquefois il faut se servir, de préférence, de la Boussole, comme lorsqu'on veut obtenir les sinuosités d'un ruisseau, celles d'un sentier dans des bois fourrés, où la vue est bornée de toutes parts. Nous avons expliqué ces procédés à l'article cité. En un mot, il suffit d'un peu d'habitude pour reconnaître, en parcourant les localités, quels sont les angles, les lignes qu'il faut mesurer, pour abréger le lever et le rendre correct. On évite surtout de prendre les angles qui sont trop aigus ou trop obtus, parce que les mesures en sont peu précises, et que d'ailleurs les incidences des lignes très obliques déterminent mal les sommets dans ces cas.

Les procédés sont différens lorsqu'on se sert de la Planchette et de l'Équerre; mais comme le sujet est traité à ces articles, il est inutile d'y revenir ici. Fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PLAN INCLINÉ (*Arts mécaniques*). Lorsqu'un poids est posé sur un plan incliné à l'horizon, il descend en exerçant une force qui dépend de l'inclinaison du plan. On emploie cette puissance dans certaines circonstances pour modifier, ou faire naître le mouvement. Le plan incliné est une des cinq machines simples. Nous allons en exposer la théorie.

Pour qu'une pression soit détruite par la résistance d'un plan, il faut qu'elle lui soit perpendiculaire (*V.* PRESSION) : ainsi, un corps pesant ne peut reposer en équilibre sur un plan, que lorsque ce plan est horizontal, à moins que le frottement ne l'y retienne. Nous avons analysé, à l'article FROTTEMENT, l'influence de cette cause, et nous en ferons abstraction ici.

Soit posé un corps M (fig. 12, Pl. 45 des *Arts mécaniques*) sur un plan incliné AB; supposons qu'il y soit tenu en équilibre par deux forces P et P′, dont les directions font avec le plan les angles θ et θ'. Il est d'abord évident que la résultante N de ces forces devant être perpendiculaire au plan incliné, le plan PMP′ des deux forces l'est lui-même; la droite AB est l'intersection de ces deux plans. Décomposons ces forces chacune en deux autres, l'une selon la perpendiculaire NM, l'autre selon les lignes AM, BM, dirigées dans le plan : celles-ci doivent être égales, pour que les premières restent seules; leurs valeurs sont P cos θ et P′ cos θ'. Ainsi, pour qu'un point matériel soit retenu en équilibre sur le plan incliné, il faut *deux conditions* : la première, que le *plan des forces soit perpendiculaire au plan incliné;* la seconde, que l'on ait l'équation

$$P \cos \theta = P' \cos \theta'. \qquad (1)$$

Les composantes perpendiculaires sont P sin θ et P′ sin θ'; la pression N exercée sur le plan est leur somme, ou la résultante des forces P et P′; savoir :

$$N = P \sin \theta + P' \sin \theta' = \frac{P' \sin (\theta' + \theta)}{\cos \theta}, \qquad (2)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en mettant pour P sa valeur, $P = \frac{P' \cos \theta'}{\cos \theta}$.

Appliquons ces principes à la pesanteur. P′ sera le poids du corps, et par conséquent sa direction sera verticale ; BA sera la ligne de plus grande pente ; l'horizontale AC et la verticale BC détermineront un triangle rectangle ; et l'angle du plan avec l'horizon étant désigné par ε, on a dans ce triangle AC tang ε = BC, AC cos ε = AB. On appelle AC la *base*, AB la *longueur*, et BC la *hauteur* du plan incliné.

Voyons maintenant ce que deviennent nos deux conditions générales d'équilibre. Comme θ' est le complément de ε, l'équation (1) devient

$$P \cos \theta = P' \sin \varepsilon. \qquad (3)$$

En outre, le plan des deux forces est ici vertical ; donc *la force P qui retient un point matériel pesant en équilibre sur un plan incliné, doit être verticale et dans un plan perpendiculaire à celui-ci :* son intensité est donnée par notre équation (3).

Si la force P agit horizontalement, $\theta = \varepsilon$, et l'équation devient $P = P' \text{ tang } \varepsilon = P' \times \frac{BC}{AC}$; si elle agit dans le sens du plan selon AM, $\theta = 0$, et l'on a $P = P' \sin \varepsilon = P' \times \frac{BC}{AC}$.

Ainsi, suivant qu'il s'agit du premier ou du second de ces systèmes, on a

$$\frac{P'}{P} = \frac{AC}{BC}, \quad \frac{P'}{P} = \frac{AB}{BC}.$$

Donc *le poids d'un corps est à la force qui le retient en équilibre sur un plan incliné, 1°. comme la base de ce plan est à sa hauteur, si cette force est horizontale ; 2°. comme la longueur du plan est à sa hauteur, si cette force agit dans le sens du plan.*

Et quant à la pression N exercée sur le plan incliné, dans le cas de la pesanteur, l'équation (2) devient

$$N = \frac{P' \cos (\varepsilon - \theta)}{\cos \theta}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En rapprochant cette formule de l'équation (3), on a

$$\frac{P'}{\cos\theta} = \frac{P}{\sin\varepsilon} = \frac{N}{\cos(\varepsilon - \theta)}.$$

Ainsi, le poids P′, la puissance P qui lui fait équilibre et la pression N, sont respectivement proportionnels aux cosinus des angles PMA, B, $\varepsilon - \theta$; ou des angles formés par la direction de la puissance avec le plan incliné, par ce plan avec la verticale, et par la puissance avec l'horizon.

Quand le mobile est en équilibre sur une courbe, on mène au point de pression un plan tangent, et tout ce qui vient d'être dit doit être appliqué à ce plan.

Un corps pose toujours sur un plan par plusieurs points ; pour qu'il y soit retenu en équilibre par des forces, il faut non-seulement que leur résultante soit perpendiculaire au plan, mais en outre que cette résultante tombe dans l'intérieur du polygone formé par les points de contact qui limitent la base suivant laquelle le corps porte sur le plan : car ce cas est le seul où il soit possible de décomposer cette force en d'autres parallèles pressant le corps sur le plan.

En appliquant ceci à la pesanteur, on voit qu'un poids étant représenté par une force verticale qui agit sur le centre de gravité, ne peut être retenu par une force sur un plan incliné, qu'autant qu'il satisfait à quatre conditions : il faut, comme ci-devant, 1°. que cette force soit dans un plan vertical perpendiculaire au plan incliné ; 2°. qu'on ait l'équation (3) ; 3°. que la force rencontre la verticale menée par le centre de gravité ; 4°. que la perpendiculaire qu'on abaisse de ce point sur le plan incliné ne laisse pas les appuis d'un même côté.

Les plans inclinés sont fréquemment employés dans les Arts. On croit que les anciens Égyptiens s'en servaient pour élever, au sommet de leurs édifices, les énormes pierres qui les recouvrent. Les Coins sont des applications de cette espèce de machines. Le plan incliné sert à changer la direction d'un mouvement rectiligne, et à lui donner une vitesse déterminée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les mouvemens des chariots de différens métiers sont réglés par de semblables appareils, etc. FR.

PLANS EN RELIEF (*Technologie*). L'art de fabriquer les plans en relief a éprouvé de grands perfectionnemens depuis le commencement de ce siècle; il exige beaucoup d'habitude et de délicatesse dans l'ouvrier qui exécute, et beaucoup de talens en Géodésie, dans celui qui dirige ces travaux. Le plan en relief d'un grand espace doit imiter parfaitement la nature; on doit y reconnaître tous les accidens du terrain, les vallons, les montagnes, les ruisseaux, les rivières, les étangs, les bois, les champs, les vignes, les prairies, les villes, bourgs, villages, maisons éparses, enfin, généralement tout ce qui se trouve sur le terrain que l'on veut représenter au naturel. On voit des chefs-d'œuvre, dans ce genre, réunis dans les vastes salles de l'hôtel royal des Invalides, à Paris. Tous ceux qui les visitent sont émerveillés de l'exactitude avec laquelle ces divers plans sont exécutés. On voit, à la bibliothèque de Sainte-Geneviève, à Paris, le plan de Rome, exécuté en relief, avec une frappante vérité. Nous y avons reconnu tous les édifices que nous y avons admirés pendant un séjour de dix mois.

La difficulté consiste dans l'échelle que l'on doit adopter, et qui doit permettre d'y faire entrer tout ce qui peut donner une connaissance exacte des lieux que l'on veut représenter, sans donner à l'ensemble une trop grande étendue.

Pour l'exécution, on doit avoir d'abord un plan horizontal bien exact de tout le terrain que l'on veut embrasser, et des coupes, dans tous les sens, des élévations de tous les objets qu'on doit y représenter. Tous ces plans doivent être réduits à l'échelle uniforme qu'on a adoptée.

Ce préalable indispensablement rempli, on fait faire par le menuisier un *parquet* en bois, d'une solidité telle que l'influence atmosphérique ne puisse pas le tourmenter. (*V.* PARQUET.) On calque sur ce parquet, qui doit présenter une surface parfaitement plane et bien unie, le plan terrier. On plaque ensuite sur toutes les parties élevées des plateaux de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bois d'une épaisseur convenable, et indiquées par les coupes ; on colle proprement ces plateaux, on rectifie le tout avec le ciseau, la gouge, etc. : on obtient par là tous les accidens du terrain. Il ne s'agit plus que d'imiter la nature pour les divers objets.

Pour les maisons, on se sert de carton, ou mieux de liége. On donne à ces objets la couleur convenable, soit en imitant la pierre, la brique, les tuiles, les ardoises, etc., selon les circonstances.

Les arbres se font avec de la soie de couleur, comme les FLEURS ARTIFICIELLES, et toujours à l'échelle. Il en est de même des vignes.

Les prés, les champs, les pelouses, etc., sont imités avec de la poussière de drap teint des couleurs naturelles, de la même manière que nous l'avons indiqué pour les PAPIERS TONTISSES. (*V.* T. XV, page 275.)

Les eaux se font de deux manières : on les peint en vert d'eau, sur lequel on passe un vernis brillant, ou bien on incruste une glace, sous laquelle on a mis une teinte de vert d'eau.

Le goût, pour lequel on ne peut indiquer aucune règle, doit présider à ce travail, qui est admirable lorsqu'il est bien exécuté.

Pour fixer la tonture de drap, on passe de la colle-forte sur la place où elle doit être à demeure, on saupoudre à l'aide d'un tamis la tonture; ensuite après la dessiccation, on enlève le surplus, qui n'est pas collé, avec une brosse. Il faut bien faire attention de ne pas mêler les couleurs, et de n'en poser une seconde à côté, qu'après que la première a été bien nettoyée. L.

PLANT, PLANTATION (*Agriculture*). Lorsqu'on veut transplanter un végétal, il faut d'abord l'ôter de terre avec la précaution d'offenser le moins possible ses racines. Souvent on se contente d'arroser la terre et de retirer le plant à la main, en s'aidant, s'il le faut, d'une bèche. On coupe le bout des racines; l'expérience montre que la reprise est plus assurée par cette pratique. Elle nécessite le plus souvent qu'on coupe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi le haut de la tige, pour que les racines suffisent à la nourriture du plant, et pour éviter les déperditions de sève par une trop grande abondance de feuilles. Quand les arbres sont délicats, on les enlève avec la motte de terre.

La plantation des oignons et des herbes potagères qu'on a semées sur couche se fait avec un morceau de bois dur, pointu et court, armé d'une crossette latérale servant de poignée; on l'appelle un *plantoir*. Après avoir labouré la plate-bande, pour que la terre en soit bien ameublie, on la terreaute et l'on y marque au cordeau les sillons qui doivent recevoir le plant. Celui-ci, déjà arraché et préparé, est apporté sur le lieu, et l'ouvrier, tenant son plantoir d'une main, fait un trou en terre, et de l'autre y pose la jeune tige; puis, avec le plantoir, il presse la terre contre elle, pour qu'elle en soit complètement entourée et abritée de l'air. Il arrose ensuite et abandonne le plant à la nature. Quelquefois il le recouvre de fumier long pour le garantir des ardeurs du soleil ou de la gelée. D'abord les feuilles du plant se flétrissent, mais bientôt elles reprennent leur vigueur primitive.

Les plantations d'arbres se font de même, quand le plant est très jeune; mais pour jouir plus tôt, on préfère transplanter les arbres qui ont déjà cinq ou six ans, et quelquefois beaucoup plus. La plantation exige alors un grand soin.

Il faut que la terre ait reçu plusieurs mois d'avance ses préparations. Les trous faits dans les alignemens commandés par les localités, on laisse la terre du fond recevoir les impressions bienfaisantes de l'atmosphère. On peut même en renouveler entièrement la terre et la remplacer par des boues de rues, des décombres de plâtres et de terre, des gazons hachés. Cette excellente pratique doit être surtout recommandée lorsqu'on veut remplacer un arbre mort par un autre à peu près de même espèce; car on sait que le sol se refuse à nourrir un très long temps des individus de même nature. (*V.* ASSOLEMENS.)

C'est en automne, en hiver et au premier printemps que les plantations d'arbres se font, lorsque la sève est endormie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si la terre est gelée, l'opération est plus coûteuse, plus pénible et moins assurée, parce que la terre est dure et que le froid peut attaquer les racines. Quand la terre est trop délayée par la pluie, il y a aussi quelques inconvéniens à craindre, surtout si, par leur nature, les arbres redoutent l'humidité.

Le plant arraché est transporté sur le lieu de la plantation, et mis en *jauge*, c'est-à-dire couché par petits tas, dont on recouvre les racines de terre, pour les abriter. Après avoir *rafraîchi* les racines et *rabattu* la tête du plant, comme on l'a dit ci-dessus, un homme le pose dans le trou, un autre indique l'alignement, et un troisième jette la terre. La distance des trous, la profondeur à laquelle on dispose les racines, dépendent de la nature du sol et de celle des espèces qu'on plante. On piétine ensuite la terre autour du pied pour le dresser, le maintenir et tasser la terre sur les racines. Si l'on craint les efforts du vent, on soutient les tiges par des tuteurs. Il faut avoir soin de ne pas enterrer la greffe. Une excellente pratique est d'emmaillotter la tige avec du fumier et du linge pour garantir l'écorce; on arme même l'arbre d'un faisceau d'épines, quand on craint la dent des bestiaux de passage.

Au printemps on donne un ou deux tours de labour au pied de l'arbre. Il est important de n'y semer aucune plante potagère qui disputerait à l'arbre les sucs nourriciers; cependant on sème souvent de l'orge, de l'avoine parmi les jeunes plants, pour les abriter du soleil et payer une partie des frais de culture. Ces généralités doivent suffire pour bien diriger les plantations. FR.

PLAQUÉ, PLAQUEUR (*Technologie*). Pour donner à la surface du cuivre l'apparence de l'or ou de l'argent, on ne connaissait autrefois d'autre moyen que d'appliquer sur cette surface des feuilles minces de ces métaux précieux, ce qui constituait l'art du DOREUR et de l'ARGENTEUR, que nous avons déjà décrits (*V.* ces mots); mais la faible épaisseur de ces feuilles ne leur permettait pas de résister long-temps au frottement continuel qu'on était forcé de leur faire subir, seulement pour les nettoyer, même avec un linge fin, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bientôt on apercevait, dans les angles surtout, le cuivre qui se montrait à découvert.

On imagina d'appliquer une plaque d'argent sur une plaque de cuivre, et d'obtenir, par le laminage, une plaque aussi mince qu'on pouvait le désirer. Les procédés employés par les tireurs d'or et d'argent furent mis en usage; on souda d'abord une plaque d'argent d'un millimètre d'épaisseur, sur une plaque de cuivre épaisse de quatre millimètres. On conçoit que la réunion de ces deux métaux, à l'aide de la soudure, donnait une masse dans laquelle l'argent entrait pour un cinquième. En plaçant cette plaque sous le laminoir, on la réduisait à une mince épaisseur, dans laquelle l'argent conservait toujours, quant à son épaisseur, le même rapport avec celle du cuivre. On donna à ce travail le nom de *doublé*, qu'il a conservé parmi les ouvriers. C'était véritablement une doublure; mais ce n'était pas encore un *placage*. Cependant on continua pendant quelque temps à employer le même procédé; on se servit de ces plaques laminées pour imiter les gros ouvrages d'orfévrerie, et chacun en raffola, vu la différence de prix, comparée avec les mêmes ouvrages en argent.

Ce genre d'industrie nous avait été importé d'Angleterre, où les ouvriers excellaient dans un art qui paraît avoir pris naissance chez eux. Dès les premières années de ce siècle, nos fabricans avaient parfaitement réussi à découvrir les procédés de fabrication du *doublé*. On lit, dans un rapport fait à la Société d'Encouragement, dans le mois de février 1809, sur les travaux de la Société dans l'année précédente, ces mots remarquables : « La fabrication du *plaqué* a fait des » progrès en France, et nous avons actuellement tous les » moyens de soutenir, en ce genre, la concurrence avec les » Anglais, qui font un commerce étendu de ces sortes d'ob- » jets. On sait que le plaqué sur cuivre se fait en appliquant » sur ce métal une lame d'argent plus ou moins épaisse, » qu'on fait adhérer au moyen d'une soudure, et en chauf- » fant fortement le cuivre; on passe ensuite le plaqué sous » le laminoir, afin de *comprimer* tout l'air qui se trouve

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

» entre la lame d'argent et le cuivre. Cette opération s'exécute » très bien dans nos ateliers. »

En 1810, la même Société, toujours attentive à stimuler le zèle de nos artistes pour tout ce qui peut intéresser notre industrie et notre commerce, proposa un prix de 1500 fr., dont elle motiva le but par cet énoncé : « Jusqu'ici nos fabricans se sont bornés à quelques objets de peu d'importance, qui suffisent néanmoins pour prouver qu'ils peuvent atteindre et même surpasser nos rivaux, tant pour le goût que pour la variété des formes. Mais il paraît convenable de stimuler leur zèle et d'appeler leur attention sur une branche d'industrie très lucrative, que jusqu'ici la France a négligée. Le perfectionnement que la Société désire obtenir consiste, non-seulement dans la bonne fabrication de chaque objet, mais encore et très spécialement dans la variété et l'élégance de leur forme. »

Cet appel ne fut pas fait en vain : le prix fut décerné l'année suivante, 1811, à MM. Levrat et Papinaud, qui méritèrent des éloges que nous devons reproduire ici, parce qu'ils font reconnaître les qualités que doivent avoir les ouvrages de cette nature.

« Les produits de leur manufacture, dit le rapporteur, se distinguent par des formes très variées et toujours de bon goût; ils ont su éviter les filets et les ornemens qui présenteraient au frottement des parties trop saillantes, que de fréquens nettoyages auraient bientôt usées. Leurs différens ouvrages offrent en général des surfaces lisses, dont l'éclat et le brillant peuvent être facilement entretenus.

» Ils ont également atteint le but indiqué par le programme, de fournir ces ouvrages au commerce à des prix qui n'excèdent pas ceux des mêmes objets fabriqués dans l'étranger; car il n'eût pas suffi d'imiter les formes, il fallait encore apporter dans la fabrication du plaqué un bas prix de main-d'œuvre qui en fait une orfévrerie économique. »

Depuis cette époque, on a beaucoup perfectionné l'art du *doubleur* ou du *plaqueur;* il est important d'entrer dans les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principaux détails de cette fabrication, que nous avons suivie dans toutes ses parties dans une des meilleures manufactures de Paris. C'est à l'extrême obligeance de M. Alphonse Fabre, successeur de M. Tourrot aîné, rue des Enfans-Rouges, n° 2, au Marais, que nous devons la connaissance de tous les procédés de cet art.

C'est sur des plaques de cuivre rouge très pur que s'exécute le travail du doublé, quel que soit le métal dont elle doit être recouverte. A quelques légères différences près, les procédés sont les mêmes, soit qu'on plaque l'argent, l'or ou le platine; nous ferons connaître ces différences après avoir décrit la fabrication du doublé d'argent.

Doublé d'argent. Il a été reconnu par les bons fabricans que le cuivre rouge préparé dans nos manufactures n'est pas encore porté par nos manufacturiers à un degré de pureté suffisant pour obtenir un doublé parfait. Ils tirent cette matière première des frontières de la Suisse. Les plaques qu'ils emploient ont une forme rectangulaire, et ressemblent par leur couleur et leur forme à une brique un peu large; elles pèsent environ dix kilogrammes, et ont à peu près deux centimètres d'épaisseur. Voici les opérations successives :

1°. A l'aide d'instrumens tranchans, on gratte fortement la surface du cuivre, sur toute la surface que l'argent doit recouvrir, afin de faire disparaître tous les défauts et de rendre cette surface parfaitement unie. On passe ensuite cette plaque au laminoir, où on l'étend à peu près du double de son étendue primitive. On gratte de nouveau, et le cuivre est alors prêt à recevoir l'argent.

Pendant qu'un ouvrier est occupé à cette première opération, un autre prépare l'argent. Il prend, dans un lingot d'argent fin, un poids égal au vingtième du poids primitif du cuivre, en supposant qu'il doive plaquer au vingtième; il lamine cet argent et l'étend de manière à rendre sa surface non-seulement égale à la surface de la plaque de cuivre, mais qu'elle déborde tout autour d'une quantité égale à l'épaisseur de cette plaque, plus une ligne en sus tout autour. On verra

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un instant l'utilité de cet excédant. Il gratte bien cette plaque d'argent, afin de la rendre bien brillante et sans défauts.

2°. Les deux plaques ainsi préparées, il passe sur la surface de la plaque de cuivre une forte dissolution de NITRATE D'ARGENT, et, dans le langage des ouvriers, ils disent que le cuivre est *amorcé*. La plaque d'argent étendue sur l'établi, le côté gratté en haut, ils appliquent dessus le côté amorcé de la plaque de cuivre, en ayant soin de la placer de manière que l'argent déborde tout autour de la même quantité. Alors, à l'aide d'un maillet, ils redressent l'excédant sur l'épaisseur du cuivre, et ils rabattent ce qui reste sur la surface non grattée. Par cette opération, l'argent ne peut ni glisser ni se séparer du cuivre. Cet assemblage est prêt à passer sous le laminoir.

3°. On fait fortement chauffer le tout dans un fourneau disposé exprès à côté des laminoirs, et lorsque les plaques ont acquis par la chaleur une couleur rouge-brun, on les passe de suite sous le laminoir, non pas dans la vue de *comprimer* l'air qui se trouve entre les deux plaques, mais pour le chasser en entier; car le doublage serait imparfait s'il restait le moindre atome d'air entre les deux métaux. C'est par la privation entière d'air et la compression que les deux métaux adhèrent, sans soudure, entre eux, de manière à ne pouvoir plus être séparés.

On continue alors à laminer les deux plaques ensemble jusqu'à ce qu'on les ait réduites à l'épaisseur d'environ un millimètre. Ces deux métaux laminés ensemble conservent toujours le même rapport d'épaisseur, de sorte que l'argent est toujours le vingtième de l'épaisseur totale.

Si l'on ne considérait que ce que nous avons dit en expliquant la manière de disposer le plaqué, on pourrait être induit en erreur sur la proportion d'argent qui reste après l'opération. La plaque de cuivre pesait dix kilogrammes ou vingt livres; nous avons dit que, voulant plaquer au vingtième, on disposait une plaque d'argent du poids d'une livre, et l'on se-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rait en droit de conclure que l'argent n'est que le vingt-unième du cuivre. Nous rappellerons à ce sujet ce que nous avons déjà dit : la plaque d'argent est plus grande que celle de cuivre de toute l'épaisseur de cette dernière, plus un petit excédant. Or, tout ce qui dépasse la plaque de cuivre ne se plaque pas, on le retire en l'ébarbant lorsque l'opération est terminée, et l'expérience a prouvé qu'après le laminage et cette soustraction, il ne reste plus que 19 parties de cuivre et une d'argent, ce qui porte le doublage au vingtième, comme on l'avait annoncé.

On voit, par cet exemple, qu'il est facile de plaquer au degré de force qu'on désire. Pour plaquer au quarantième, qui est le plus bas, en supposant toujours la plaque de cuivre au même poids de 20 livres, on emploie une demi-livre d'argent. Pour plaquer au dixième, on emploie deux livres d'argent, et ainsi de suite.

Doublé d'or et de platine. La seule différence entre le doublé d'argent, le doublé d'or et le doublé de platine, consiste seulement dans la liqueur d'*amorce*. Pour le *doublé d'or*, on emploie une dissolution saturée d'or par l'acide hydrochloro-nitrique, vulgairement appelé *eau régale;* pour le *doublé de platine*, une semblable dissolution de platine par le même acide. Tous les autres procédés sont les mêmes que ceux que nous avons décrits pour le doublé ou plaqué d'argent.

Ouvrages en plaqué. Lorsque les feuilles de plaqué sont terminées au laminoir, comme nous l'avons expliqué, il ne s'agit plus, pour les mettre en œuvre, que de leur donner la forme que doivent avoir les objets selon l'usage auquel on les destine. L'ouvrier doit éviter de présenter, dans les dessins qu'il adopte, toutes les parties angulaires et les ciselures qui présenteraient trop de difficultés pour le nettoyage, dont le frottement enlèverait, dans peu de temps, la légère couche d'argent, qui est d'autant plus mince que son titre est exprimé par un plus grand nombre, c'est-à-dire que le 40^{e} est moitié plus mince que le 20^{e}, celui-ci moitié moins que le 10^{e}, et ce dernier moitié moins que le 5^{e}.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous devons faire observer que lorsque le plaqué doit être exécuté sur les deux faces de la plaque de cuivre, l'opération nécessaire pour arriver à ce but oblige l'ouvrier à ne mettre sur chaque surface que la moitié de l'argent qu'il emploierait sur la même plaque, s'il ne devait être appliqué que sur une seule surface, pour avoir le même titre. Ainsi, par exemple, s'il s'agissait d'une soupière qui doit être plaquée sur les deux surfaces, et qu'on demandât du plaqué au vingtième, l'ouvrier ne devrait appliquer sur chaque surface qu'un demi-vingtième d'argent, ce qui réduirait de suite l'argent à un quarantième. Si, au contraire, il s'agissait d'une casserolle de cuisine, qui n'a besoin que d'être plaquée intérieurement, aucune explication ne sera nécessaire, et l'argent sera exactement le 20^{e} de l'épaisseur totale. Ainsi pour la solidité d'une soupière, d'une cafetière, etc., il faut demander qu'elles soient plaquées au 10^{e}, afin que sur chaque surface il y ait un vingtième d'argent.

Dans l'orfévrerie et la chaudronnerie, on se sert de la *retreinte* pour exécuter des vases creux, tels que des cafetières, des soupières, des timbales, des bols, etc. Le doubleur ne pourrait pas employer ce moyen ; il risquerait, par l'usage du marteau, d'amincir le plaqué ou d'altérer l'uniformité d'épaisseur qu'il doit conserver dans toute son étendue. L'art et le génie sont venus à son secours, et M. Tourrot a bien perfectionné cette partie. Après avoir coupé la plaque de la grandeur et de la forme qui lui sont nécessaires, l'ouvrier la place sur le tour, sur un mandrin en bois, et à l'aide d'un levier en acier bien trempé et parfaitement poli, il force la pièce à s'adapter exactement sur toutes les parties du mandrin. Il lui donne d'abord la forme d'une capsule aplatie, ensuite il change de mandrin plusieurs fois, et il obtient, en définitive, la forme qu'il désire. Il fait recuire sa pièce toutes les fois qu'elle en a besoin, afin qu'elle puisse se ramollir au point de suivre toutes les dépressions ou les grosseurs du mandrin ou moule sur lequel il travaille. C'est ainsi que nous avons vu, chez M. Fabre, fabriquer une ca-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fetière d'une seule pièce avec la plus grande facilité, et dans un temps très court.

C'est d'après des procédés semblables que M. Fabre a exécuté, en plaqué d'argent, une lampe d'église d'une dimension colossale; elle a 15 pieds (4^m,873) de circonférence, sur douze pieds (3^m,898) de hauteur; elle est ornée à sa surface des têtes des douze apôtres, en demi-bosse, surmontées de leurs auréoles. Entre chaque tête et en élévation, se trouve une croix d'un élégant effet, et douze guirlandes, également en demi-bosse, lient les têtes l'une à l'autre. Le couronnement de la lampe, le culot, le gland qui la termine, les chaînes qui la supportent, le vase qui renferme l'huile, sont décorés de feuilles d'acanthe, de feuilles de vignes et d'autres ornemens d'Architecture, remarquables par le bon goût et le fini des ciselures. Elle a été exécutée d'après les dessins de M. Debret, l'un de nos plus habiles architectes.

Toutes les pièces sont soudées à l'argent, fixées par des vis et des écrous, et sont par conséquent susceptibles d'être démontées et d'être remises à neuf comme l'argent massif.

Cette lampe fit l'admiration de tous les connaisseurs à l'exposition de 1827; elle fixa l'attention du jury central, qui décerna la médaille d'or à M. Fabre.

Pour juger de la difficulté qu'a éprouvée l'auteur, il est indispensable de savoir que jusqu'alors on n'avait pu doubler que des plaques du poids de 60 marcs au plus; que la partie supérieure de la lampe a près de 5 pieds de diamètre; qu'il lui a fallu une plaque carrée de 5 pieds de côté, présentant une surface de 25 pieds carrés, du poids de 120 marcs, et qu'il n'aurait jamais pu réussir, sans l'obligeante assistance des propriétaires de la manufacture royale du plomb laminé, à Saint-Denis, qui ont mis à sa disposition, pendant plusieurs jours et plusieurs nuits, leur laminoir, mu par une machine à vapeur.

Cette lampe a été donnée par S. A. R. M^{gr} le duc de Bordeaux, à l'église métropolitaine de Notre-Dame, à Paris;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elle est suspendue au milieu de la nef, où tous les curieux se rendent pour l'admirer.

Du plaqué sur fer. Il était tout naturel qu'après avoir trouvé le moyen de plaquer le cuivre, on s'occupât aussi de la recherche des procédés susceptibles de procurer au commerce des couverts plaqués d'argent. Les Anglais avaient déjà livré à la consommation des couverts en fer et en acier; mais ils tenaient leurs procédés secrets. Cependant des fabricans de Paris obtinrent quelques renseignemens, et leurs expériences furent couronnées de succès. Ils perfectionnèrent même bientôt leurs procédés, et ils sont parvenus à faire si bien, qu'on a peine à distinguer, à la simple vue, si le couvert est d'argent ou s'il est plaqué.

La difficulté ne consistait pas tant dans les cuillers que dans les fourchettes, à cause des quatre branches, qui doivent être couvertes en entier d'une lame d'argent. Voici en général comment on s'y prend : on découpe à l'emporte-pièce une plaque de tôle ou d'acier, on lui donne la forme sous le balancier. On forme, dans des matrices en fonte, des coquilles d'argent du huitième de l'épaisseur de la tôle, et des coquilles semblables de feuilles très minces d'étain. Enfin, on dispose des feuilles de papier blanc coupées à l'emporte-pièce de la forme convenable, qu'on trempe dans une eau légèrement gommée. On place dans la matrice six feuilles de papier l'une sur l'autre, par-dessus une coquille d'argent, puis une feuille d'étain, ensuite la cuiller ou la fourchette bien limée et légèrement étamée. On met par-dessus la feuille d'étain, la coquille d'argent et les six feuilles de papier; on recouvre le tout de la seconde partie de la matrice; on fait fortement chauffer; on place la matrice sous l'action d'une très forte presse à deux vis, et le plaqué est formé de la manière la plus solide.

MM. Patoulet, Lebeau, Audoy, Picoux et L'huilier, prirent, en 1797, un brevet d'invention, auquel ils ajoutèrent, l'année suivante, un brevet de perfectionnement. Ces brevets sont expirés depuis long-temps; ils sont décrits dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

T. II des Brevets d'invention expirés, page 122; ils sont accompagnés de deux grandes planches qui ne laissent rien à désirer. Le lecteur intéressé à connaître les détails de cette fabrication pourra consulter ce mémoire avec facilité. Un exemplaire de cet ouvrage important est déposé au secrétariat de toutes les préfectures du royaume, afin qu'il puisse être consulté par tous les artistes qui le désirent. L.

PLATE-FORME. Ce terme a plusieurs acceptions dans les Arts.

Le CHARPENTIER nomme *plate-forme* une pièce de bois plate et large, qu'il scelle sur le haut des murs, à plat, et suivant la longueur de la muraille, pour porter, soit les bouts de solives d'un plancher, soit ceux des CHEVRONS d'un toit. (*V.* COMBLE.)

On donne aussi ce nom à une terrasse horizontale au sommet d'un édifice; à une aire plane couverte d'un enduit en plâtre, pour y dessiner en grand les épures de construction; à un bâti sur pilotis, dont toutes les parties sont liées ensemble par des pièces de bois plates et horizontales, et par du mortier de béton. (*V* PILOTS), etc.

L'HORLOGER donne le nom de *plate-forme* à une petite machine en cuivre dont il se sert pour diviser et fendre à la fraise les roues dentées. Cet instrument est décrit au mot DIVISER (*Machine à*). FR.

PLATINE (*Arts chimiques*). Le nom de ce métal provenant du mot espagnol *platina* (*petit argent*), lui a été donné à cause de sa couleur blanche, beaucoup plus sombre que celle de l'argent, et qui, lorsqu'il a été poli, se rapproche de celle de l'acier. Le platine brut se présente naturellement sous la forme de paillettes minces, ou de petits grains irréguliers, le plus souvent aplatis; les plus volumineux sont, pour l'ordinaire, de la grosseur d'un petit pois. On cite cependant, comme exceptions très rares, deux ou trois masses ou *pépites* de platine, d'un volume extrêmement remarquable. L'une d'elles, rapportée par M. Humboldt, et donnée par ce savant au cabinet de Berlin, pèse 55 grammes; une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre pesant 2 grammes 1 décigramme, fait partie de la collection de M. Gillet Laumont; le Musée de Madrid en possède une troisième, dont le poids s'élève jusqu'à 760 grammes. Les grains de platine, même les plus petits, sont toujours reconnaissables, d'abord par leur couleur, qui est toujours celle de ce métal, quoiqu'il y soit allié à plusieurs autres métaux, ensuite par leur densité, qui, quoique diminuée par cet alliage, est au moins quinze fois, et souvent dix-huit fois plus considérable que celle de l'eau distillée. On a observé que la densité des grains les plus gros est supérieure à celle des plus petits, vraisemblablement parce que le métal est plus pur dans les premiers que dans les seconds.

Les mines de platine les plus abondantes existent dans l'Amérique méridionale, au Pérou, dans les provinces du Choco, de Novita et de Santa-Rita; ce n'est qu'en 1741 que don Ulloa, savant portugais, en fit la découverte, et seulement en 1748, que Wood, essayeur anglais, le fit connaître par la publication d'un mémoire où il décrivit une partie de ses propriétés. Antérieurement à cette époque, le gouvernement espagnol, dans la crainte qu'on ne se servît de ce métal pour falsifier l'or, avait ordonné qu'on jetât, à mesure qu'on les recueillait, les grains de platine dans la rivière voisine du lieu de l'exploitation. Cette manière d'agir a sans doute retardé la connaissance du platine en Europe, et a occasioné la perte d'une immense quantité de ce métal. On a d'autant plus lieu de regretter cette perte, qu'il est aujourd'hui bien prouvé qu'on ne peut allier à l'or une quantité notable de platine; un vingtième de son poids suffit pour en faire disparaître entièrement la couleur.

On trouve encore le platine en grains moins aplatis que globuleux, à Matto-Grosso, au Brésil; en grains semblables à ceux du Choco, à Saint-Domingue (Haïti), dans le sable de la rivière Jacky. Il y a environ vingt ans que M. Vauquelin constata la présence de ce métal dans un minerai de cuivre argentifère provenant de Guadalcanal en Espagne, et qui le contenait dans la proportion de dix centièmes; depuis ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

temps, aucun chimiste n'en a confirmé l'existence dans cette mine. On a tout récemment (en 1824) découvert des mines de platine en Russie, aux monts Ourals, près d'Ékaterinebourg ; il y est en grains beaucoup plus gros et plus arrondis que ceux du Choco, moins brillans et d'une couleur plus plombée (1).

Les grains de platine se rencontrent presque toujours dans des sables aurifères, ou dans des terrains meubles de transports anciens, associés avec des paillettes d'or : aussi voit-on quelques parcelles de ce dernier métal dans le platine brut, lorsqu'on n'a point employé l'amalgamation pour le séparer, ou bien, qu'après l'amalgamation, on l'a soumis à la calcination pour en volatiliser le mercure uni à cette petite quantité d'or.

Le minerai de platine, tel qu'on le livre au commerce, offre la réunion d'un grand nombre de substances; on y trouve du fer oxidulé, du sable quartzeux, de petites hyacinthes, de petits rubis spinelles, du fer combiné aux acides titanique et chromique, substances qui, à cause de leur légèreté, peuvent être séparées, au moins en grande partie, au moyen du lavage. Ce que l'eau n'enlève point se compose de sulfures de fer, de cuivre et de plomb; d'un alliage de platine, de palladium et de rhodium, qui en forme plus des deux tiers; enfin, d'un alliage d'iridium, d'osmium et de fer en très petits grains isolés, qui résistent à l'action des acides. Ce dernier alliage se rencontre depuis peu, mais en petite quantité, dans le commerce, en petites plaques, d'un vif éclat, de la grosseur et de la forme d'une lentille. L'essai qu'on en a fait prouve que cette substance a exactement la même composition que ce qu'on nomme la *poudre noire*. On prétend que cet alliage naturel, si différent de celle-ci par son volume, vient du Guadalcanal en Espagne; mais il est

(1) L'examen chimique du platine de Russie a été fait par M. Laugier, dont le Mémoire est inséré dans le XXIXe vol. des Annales de Physique et de Chimie, page 289.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus probable qu'on en ignore complètement l'origine et la localité.

On connaît deux procédés pour séparer le platine des substances qui y sont mêlées ou combinées dans la mine brute : l'un consiste à employer la voie sèche, et l'autre la voie humide; nous les décrirons successivement.

Le premier est fondé principalement sur la facilité avec laquelle le platine s'allie et se fond avec l'arsenic par la chaleur, et sur la propriété qu'une chaleur plus forte a de détruire cette combinaison, avec le contact de l'air. L'alliage d'arsenic et de platine, ou l'arseniure de platine, gris, cassant et fusible, se décompose entièrement lorsqu'on le chauffe fortement à l'air; l'arsenic se volatilise, le platine reste. Ce procédé, dû à Jeanety, et long-temps usité pour le traitement en grand du minerai de platine, ne donne point le métal pur ; il le fournit seulement à un état qui permet de le forger et de le travailler.

Après avoir pilé le platine brut, l'avoir lavé avec soin à plusieurs reprises, et de manière à en séparer les matières les plus légères, on mêle le résidu, devenu beaucoup plus dense, avec six fois son poids d'acide arsenieux ou d'oxide blanc du commerce, et 2 parties de carbonate de potasse ; on projette peu à peu le mélange dans un grand creuset rougi, que l'on couvre immédiatement, et que l'on pousse au feu pour opérer la fusion de la matière. On obtient par ce moyen un culot, en grande partie formé d'arseniure de platine, que l'on fond une seconde et une troisième fois, si cela est nécessaire, avec de nouvelles quantités d'arsenic blanc et de potasse, jusqu'à ce que l'alcali qu'on enlève par le lavage ne soit plus coloré. L'alliage, ainsi privé par la potasse de la plus grande partie des métaux qui accompagnaient le platine, est cassé en petits fragmens, et fondu de nouveau avec 3 parties d'arsenic blanc et 1 partie de potasse. Le nouveau culot d'arseniure de platine est chauffé fortement, pendant six heures, dans un fourneau à moufle, puis retiré du feu, refroidi, trempé dans de l'huile, et chauffé derechef, à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'effet d'en dégager tout l'arsenic. Après ce traitement, on plonge le culot dans l'acide nitrique, on le fait bouillir dans l'eau, puis, après l'avoir rougi à blanc, on le frappe fortement avec un mouton. On en rapproche ainsi les parties, et on lui donne la forme d'un prisme carré. M. Chevreul, d'après des expériences qui lui sont propres, a donné la théorie de cette opération. Il pense que la potasse, en vertu de son affinité pour l'acide arsenique, détermine la réduction d'une portion de l'arsenic, et l'acidification de l'autre; il en résulte que, tandis que l'arsenic réduit s'unit au platine, la potasse se combine à l'acide arsenique formé. L'arseniure, comme on l'a dit, est ensuite décomposé par une forte chaleur.

Ce procédé, long et dangereux pour les ouvriers, à cause des émanations arsenicales, n'est plus en usage aujourd'hui; on lui a substitué le procédé par la voie humide, qui a le double avantage d'être plus expéditif, et de fournir le platine dans un état de pureté parfaite. Nous allons l'exposer, avec les détails qu'il exige.

Lorsque l'on agit en grand, on peut se contenter de séparer, au moyen de plusieurs lavages, la plupart des substances étrangères au platine; cette opération mécanique achevée, on traite une partie de la mine lavée avec 10 parties d'un mélange formé de 2 parties d'acide hydrochlorique et de 1 partie d'acide nitrique du commerce. A cet effet, on introduit le platine dans une grande cornue de verre tubulée, placée sur un bain de sable, et à laquelle est adaptée une allonge dont l'autre extrémité plonge dans un ballon. On verse sur le métal, par la tubulure, la moitié seulement de l'eau régale préparée, et l'on fait chauffer le mélange, que l'on entretient à la chaleur d'environ 70° de Réaumur, jusqu'à ce que la dissolution, qui se colore en rouge-brun foncé, soit suffisamment rapprochée pour se prendre en masse solide par le refroidissement. Cette masse cristalline refroidie est lavée avec une quantité d'eau assez grande pour la dissoudre complètement. On décante la dissolution, et l'on verse sur le pla-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tine non attaqué l'autre moitié de l'eau régale : cette fois, l'action est plus lente et plus difficile ; elle doit être continuée jusqu'à ce qu'on n'ait plus pour résidu qu'une matière à laquelle de nouvelle eau régale n'enlève plus rien, et qu'on a désignée sous le nom de *poudre noire*.

La première portion d'eau régale, à part l'action qu'elle exerce sur les titanate et chromate de fer, sur les sulfures de fer, de cuivre et de plomb, ne dissout d'abord que l'alliage de platine, de palladium et de rhodium ; la seconde portion au contraire, en se chargeant de ce qui reste de cet alliage, décompose en même temps une petite quantité des grains d'osmium et d'iridium qui constituent la poudre noire. C'est ce que prouve évidemment la manière très différente dont ces deux dissolutions se comportent avec le sel ammoniac dissous dans l'eau, qui jouit de la propriété de ne précipiter que le platine et l'iridium. Ce sel, versé dans la première dissolution, donne un précipité d'un jaune pur, et dans la seconde, un précipité d'un rouge plus ou moins foncé, selon qu'il s'y trouve plus ou moins d'iridium. Ces différences de couleur si remarquables, et dont Descotils et M. Vauquelin ont les premiers recherché la cause, ont été la source de la découverte des quatre métaux nouveaux que renferme le platine brut ; ils ont prouvé que la dissolution de platine pur donnait constamment un précipité jaune par le sel ammoniac, et que l'addition de la moindre quantité d'iridium suffisait pour changer en rouge la couleur du précipité.

La première portion d'acide qui agit sur le platine brut fournissant une dissolution qui précipite en jaune par le sel ammoniacal, tandis que la seconde portion donne un précipité rouge, on pourrait précipiter séparément ces deux dissolutions, au lieu de les mêler, comme on a coutume de faire, surtout quand on a besoin de se procurer promptement du platine pur.

Le plus souvent, et surtout lorsqu'on agit sur de grandes masses, on réunit les dissolutions, on les évapore doucement à siccité, pour en séparer le trop grand excès d'oxide ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on redissout le résidu salin dans une quantité d'eau suffisante, et l'on y verse de la dissolution de sel ammoniac jusqu'à ce qu'il ne s'y fasse plus de précipité. On décante, on filtre, on évapore de nouveau, on reprend le résidu par une petite quantité d'eau qui ne redissout pas le sel de platine retenu d'abord dans la dissolution, et l'on ajoute ce sel au premier précipité obtenu.

Le précipité de platine est considéré aujourd'hui comme un double chlorure de ce métal et d'ammoniaque. Il suffit de chauffer ce chlorure au rouge obscur, après l'avoir introduit et tassé dans un creuset de terre, pour le décomposer, en chasser le chlore et l'ammoniaque, et obtenir le métal qui y reste sous la forme d'une masse grise, sans éclat, poreuse, légère, à laquelle on a donné le nom de *mousse* ou d'*éponge* de platine.

Si l'on a mêlé les précipités obtenus des deux dissolutions, on conçoit que le platine, au lieu d'être pur, est mêlé d'une quantité quelconque d'iridium.

Pour le purifier, on le fait chauffer doucement avec 8 ou 10 parties d'une eau régale faible, qui dissout le platine sans toucher à l'iridium. Celui-ci reste sous la forme d'une poudre noire, qui ne peut se dissoudre dans les acides qu'autant qu'elle a été préalablement traitée à chaud avec la potasse caustique ou le nitrate de potasse. (*V.* le mot IRIDIUM.)

Cette dernière dissolution de platine est de nouveau précipitée par le sel ammoniac, et le précipité jaune qui s'en sépare fournit, par une seconde calcination, une éponge de platine parfaitement pur.

L'éponge de platine prend bientôt du brillant et de l'éclat, par la seule compression à froid, au moyen du pilon. Lorsqu'on la percute fortement, encore rouge de feu, sur une enclume, ou mieux à l'aide du mouton, on parvient à en unir, à en rapprocher les particules, et à en former un lingot que l'on forge à peu près aussi bien que l'argent, c'est-à-dire un platine ductile, non susceptible de s'écrouir, et qui,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sous la main d'un ouvrier habile, prend toutes les formes qu'il veut lui donner.

Si l'on voulait faire l'analyse de la mine de platine, séparer méthodiquement les substances qui la composent, on devrait, ainsi que l'a conseillé M. Vauquelin, en enlever à la main le quartz, les zircons, les rubis et les parcelles d'or, puis, par le lavage, la plus grande partie des corps les plus légers, tels que les titanate et chromate de fer, et traiter le résidu par l'acide hydrochlorique, qui, en décomposant ce qui resterait de titanate et de chromate, ainsi que les sulfures de fer, de cuivre et de plomb, s'emparerait de leurs métaux, sans toucher sensiblement aux alliages de platine et des autres métaux qui s'y trouvent; ce n'est que lorsque cet acide cesserait d'agir et de se colorer, qu'on emploierait l'eau régale. On procéderait ensuite comme il a été dit ci-dessus, pour avoir le platine à l'état de pureté.

On peut expliquer de deux manières l'action de l'eau régale sur le platine et ses métaux, selon que l'on considère les composés qui en résultent comme des hydrochlorates ou des chlorures. Dans la première supposition, l'oxigène de l'acide nitrique se porte sur les métaux et les convertit en oxides qui se combinent à l'acide hydrochlorique; dans la seconde, l'oxigène de l'acide nitrique sert à dépouiller l'acide hydrochlorique de son hydrogène, et met à nu le chlore, qui s'unit aux métaux pour former des chlorures. Par cette dernière explication, on conçoit très bien comment le chlore liquide peut agir immédiatement sur le platine divisé et le dissoudre, sans qu'il soit besoin d'admettre la décomposition de l'eau.

Les intéressans travaux de Descotils, de M. Vauquelin, de Tennant et de Wollaston ont fait connaître l'existence, dans la mine de platine, de quatre métaux particuliers. Les deux premiers y ont signalé d'abord la présence de l'iridium. Tennant a, bientôt après, constaté que les caractères attribués par ces chimistes à l'*iridium* seulement, appartenaient réellement à deux métaux, l'*iridium* et l'*osmium*, qu'il est parvenu à isoler de la la poudre noire. Wollaston ayant ensuite porté son attention

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur la dissolution du platine brut déjà précipitée par le sel ammoniac, a reconnu avec une merveilleuse sagacité qu'indépendamment du fer, du cuivre, du plomb, etc., elle contenait deux autres métaux qui n'y étaient pourtant qu'en bien petite quantité, et auxquels il a donné les noms de *palladium* et de *rhodium*. Nous n'entrerons ici dans aucun détail sur les divers procédés mis en usage pour obtenir ces quatre métaux à l'état de pureté, ni sur les propriétés très remarquables qui les caractérisent, ces objets devant être traités spécialement aux articles qui leur seront consacrés dans ce Dictionnaire. (*V.* les mots IRIDIUM, OSMIUM, PALLADIUM et RHODIUM.)

Le traitement du minerai de platine, par la voie humide, définitivement adopté depuis quelques années, était connu bien antérieurement au traitement par la voie sèche, proposé par Jeanety. Ce fait est prouvé par le rapport même que Pelletier père a fait à l'Académie des Sciences, sur le procédé de ce fabricant. Il y est établi positivement qu'en 1774, un sieur de l'Isle, en dissolvant le minerai de platine dans l'eau régale, en précipitant la dissolution par le sel ammoniac liquide, en calcinant le sel jaune, en chauffant le résidu en éponge qui est susceptible de s'agglutiner, et en le comprimant fortement encore rouge de feu, était parvenu à obtenir des morceaux de platine pur et malléable. On pourrait être surpris que ce procédé, si complètement décrit à cette époque, auquel on est enfin revenu, ait été si long-temps négligé, et qu'on lui ait préféré, pendant plus de trente ans, un procédé plus long, d'une exécution difficile et dangereuse, si l'on ne savait que l'esprit humain préfère rarement la voie la plus courte et les moyens les plus simples. Peut-être aussi a-t-on cru que le procédé de M. de l'Isle ne pouvait être pratiqué que sur de petites quantités, et que l'emploi des acides hydrochlorique et nitrique, beaucoup plus chers alors qu'ils ne le sont aujourd'hui, serait trop dispendieux.

Le platine, obtenu par le procédé ci-dessus décrit, a des propriétés qui le distinguent de tous les autres métaux. Quoiqu'il soit susceptible d'un assez beau poli, sa couleur, d'un blanc

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toujours sombre, n'a point assez d'éclat pour qu'il puisse être employé en bijoux. Cependant on a essayé d'en faire des chaînes de montres, des tabatières qui, dénuées de cet éclat qui flatte les yeux, étaient tout au plus propres à piquer la curiosité, à l'époque où ce métal était encore rare et où l'on commençait à le travailler. Mais, au défaut du brillant, le platine possède beaucoup de qualités qui le rendent extrêmement précieux à un grand nombre d'usages dans les Arts. Il n'a ni saveur ni odeur ; il est inaltérable à l'air, même aidé du contact de la chaleur qui, quelque forte qu'elle soit, ne saurait le fondre. On peut, à l'aide du chalumeau à air, opérer la fusion des corps placés sur une feuille ou une petite cuiller de platine, sans que celles-ci soient sensiblement attaquées.

Lavoisier et M. Vauquelin n'ont réussi à fondre de très petites quantités de ce métal, qu'en les plaçant dans la cavité embrasée d'un charbon, et en dirigeant sur elles le jet d'un chalumeau alimenté par le gaz oxigène pur. Cette infusibilité, infiniment supérieure à celle de l'argent, de l'or, et de tous les métaux malléables, le rend propre à former des creusets, des cornues, des capsules ou vases à évaporer, des alambics, etc., qu'on peut exposer impunément au feu le plus violent.

Il est également inaltérable par l'action des acides les plus concentrés, à l'exception de l'eau régale. On fait une heureuse application de cette propriété, dans l'art de fabriquer l'acide sulfurique, en substituant des chaudières de platine aux vases de plomb et de verre pour la concentration de cet acide. On se sert journellement, en Chimie, de creusets, de capsules et de cornues de platine, pour le traitement d'un grand nombre de corps, au moyen des acides et particulièrement de l'acide sulfurique concentré.

Les vases de platine ne résistent point autant à l'action des alcalis qu'à celle des acides; leur surface est sensiblement altérée, et la portion d'oxide qui se forme, surtout avec le contact de l'air, se dissout ensuite aisément dans les acides; aussi préfère-t-on en général les creusets d'argent à ceux de platine pour le traitement des minéraux par les alcalis.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a profité de cette inaltérabilité du platine par le contact de l'air, de la chaleur et des acides, pour en fabriquer des *lumières* de fusil, et des cuillers destinées à être plongées dans des mélanges acides, tels que la moutarde.

La densité du platine est supérieure à celle de tous les autres corps; selon Wollaston, elle est de 21,47, et de 21,53, lorsqu'il a été battu. Il a assez de tenacité pour qu'un fil de 2 millimètres de diamètre supporte, avant de se rompre, un poids de $124^{kil.},690$. Il est à la fois malléable et ductile; on le réduit facilement en lames très minces et en fils très fins. On doit à Wollaston un moyen très ingénieux pour l'amener à un état de ténuité extrême. On fixe un fil de platine, plus ou moins gros, dans un cylindre creux où l'on coule de l'argent fondu, de manière à ce que celui-là en soit entouré; on tire à la filière le cylindre d'argent qui facilite le tirage du platine, au point qu'on peut s'en procurer un fil de $\frac{1}{1200}$ de millimètre; on en sépare ensuite l'argent au moyen de l'acide nitrique qui n'a aucune action sur le platine.

Ce métal étant bon conducteur du fluide électrique et galvanique, on l'emploie sous la forme de fil dans les appareils électriques, et notamment dans la pile voltaïque, avec d'autant plus de succès, qu'aucun des réactifs dont on a coutume de faire usage n'a d'action sur lui.

Van Marum a le premier observé qu'un fil de platine, soumis à une forte décharge électrique, brûle avec une flamme blanche, et se divise en une poussière grise, que ce célèbre physicien considérait comme un oxide de ce métal, mais qui, selon l'opinion de plusieurs physiciens et chimistes, ne serait que du platine très divisé. On s'est assuré depuis que ce métal est fondu et en partie volatilisé, lorsqu'on l'expose au courant du mélange comprimé d'un volume d'oxigène et de deux volumes d'hydrogène qui s'échappe du chalumeau de Clarke.

Le plus important usage qu'on ait fait du platine est fondé sur la résistance qu'il oppose aux variations de température;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sa dilatabilité presque insensible le rend préférable à tout autre métal pour la fabrication des étalons de poids et de mesures, de pièces d'horlogerie délicates, comme les balanciers, ainsi que pour la construction des thermomètres métalliques.

Plus parfait que l'or et l'argent, selon l'expression des anciens, c'est-à-dire plus inaltérable que ces métaux par le contact de l'air, de la chaleur et des agens les plus puissans, doué de plus de dureté, inodore et insipide, le platine serait plus propre qu'eux à devenir le signe représentatif des valeurs commerciales. Déjà le gouvernement de Russie, convaincu de l'avantage qu'on peut retirer du platine sous ce rapport, a donné un exemple qui vraisemblablement sera suivi par les autres gouvernemens; il vient tout récemment de faire frapper des pièces de monnaie de ce métal, remarquables par la beauté et le fini du travail. Ces pièces, d'une dimension moindre que celles d'or, à cause de la densité plus grande du platine, offrent par là même un avantage de plus, mais dont on ne pourrait profiter pour la fabrication de la monnaie de petite valeur.

Le platine s'allie à l'arsenic, à l'or, à l'étain, au cuivre, et s'amalgame, à l'état d'éponge, au mercure, à l'aide de la trituration. Les alliages avec l'arsenic et le cuivre sont les seuls usités dans les Arts : le premier est employé au traitement du platine brut par la voie sèche; on se sert du second, d'après l'invention de MM. Rochon et Carrochez, pour la fabrication de miroirs de télescopes, qui ont le double avantage de recevoir un très beau poli, et de n'éprouver aucune altération.

Le platine se combine à l'oxigène, au soufre, au phosphore; on connaît deux oxides, deux sulfures et deux phosphures de ce métal, mais nous ne dirons rien de ces combinaisons, qui ne sont d'aucune utilité dans les Arts. Nous ferons seulement observer que l'affinité du platine pour le phosphore est telle, qu'il faut bien se garder de chauffer ce dernier ou des phosphates, avec du charbon capable de dé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

composer ces sels, dans un creuset ou tout autre vase de platine. Le phosphore exposé au dard du chalumeau, sur une feuille de platine, la perce en quelques instans.

Sa combinaison avec le chlore ou le chlorure, qu'on peut également considérer comme un hydrochlorate de platine, lorsqu'elle est dissoute dans l'eau, a plus d'importance que les précédentes, parce qu'on l'emploie comme réactif pour reconnaître la présence de certains corps, tels que la potasse et la soude, et parce qu'elle possède des caractères qui lui sont propres, et qui servent à la distinguer des autres chlorures métalliques.

La dissolution de chlorure ou d'hydrochlorate de platine a une couleur jaune-orangée; sa saveur est âpre, mais beaucoup moins âcre et moins caustique que celle d'or. L'ammoniaque, l'hydrochlorate de cette base, et les sels à base de potasse y forment des précipités jaunes peu solubles dans l'eau et cristallisables en octaèdres réguliers. Ces précipités sont des chlorures doubles, ou des chlorures de platine et d'ammoniaque, ou de platine et de potassium, qui sont entièrement décomposables par la chaleur. Les sels à base de soude ne forment point de précipité dans la dissolution de platine, ils en foncent seulement la couleur en rouge, et lui communiquent la faculté de fournir, par l'évaporation, des cristaux d'un beau rouge *nacarat*, en prismes quadrangulaires aplatis, qui sont un chlorure double de platine et de sodium.

Quelques gouttes de la dissolution d'étain versées dans la dissolution de platine y occasionent sur-le-champ une couleur rouge foncée.

La moindre quantité de la dissolution d'hydriodate de potasse, ou la plus petite parcelle de ce sel, ajoutées dans la dissolution de platine, y déterminent, d'après l'observation récente de M. Lassaigne, une couleur rose qui se fonce bientôt après en orangé, puis en brun; ce sel est le réactif le plus sensible pour déceler la présence du platine, qui, dans ce cas, passe probablement à l'état d'iodure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On doit à M. Doëbéreiner une découverte très importante, qui n'intéresse pas moins la Physique que la Chimie. De l'éponge de platine en contact avec un gaz combustible, tel que l'hydrogène, en absorbe une quantité considérable. Pendant cette absorption, il se dégage une chaleur suffisante pour faire rougir l'éponge et déterminer la combinaison de l'hydrogène avec l'oxigène de l'air. Une petite quantité de platine en éponge, placée à un pouce et demi d'un orifice étroit duquel un courant d'hydrogène s'échappe, comme dans la lampe de M. Gay-Lussac, devient rouge sur-le-champ et capable d'enflammer les allumettes soufrées qu'on en approche. Les Arts se sont empressés de mettre à profit cette découverte, pour la fabrication de petits appareils, servant de briquets, aussi commodes qu'élégans.

Selon l'observation du même chimiste, l'éponge enveloppée dans du papier joseph, et plongée dans un vase rempli de gaz hydrogène, n'absorbe point ce gaz; mais si l'on y mêle de l'oxigène, l'absorption a lieu sur-le-champ, le platine s'échauffe et l'oxigène s'unit à l'hydrogène.

A ces faits, MM. Dulong et Thénard en ont ajouté beaucoup d'autres dont nous ne rapporterons que les plus intéressans. Lorsqu'on plonge, à la température ordinaire, de l'éponge dans un mélange d'un volume de gaz oxigène et de deux volumes de gaz hydrogène, il y a détonation. Des fils, des lames, de la poudre de platine, qui n'ont point d'action sur le mélange des gaz à froid, en opèrent lentement la combinaison, quand ils ont été chauffés à 200 ou 300 degrés. Le même effet est produit, à la même température, par des fils, des lames ou de la poudre d'or, sur le mélange indiqué.

Lorsque l'éponge de platine a perdu, par une longue exposition à l'air, la propriété d'agir sur l'hydrogène, on la lui rend en la plongeant dans l'acide nitrique ou en la chauffant au rouge. Ces célèbres chimistes en ont conclu que la propriété dont l'éponge jouit doit être attribuée, soit au contact de l'acide qui se dégage, soit à l'incandescence qu'elle subit pendant sa préparation. L*****R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PLATINE. Pièce qui fait partie de la batterie d'un fusil. (*V.* T. II, page 228.)

On donne le nom de *platines* aux deux plaques circulaires en cuivre qui, dans une montre, sont placées parallèlement et renferment entre elles le mouvement. Ces platines sont percées de trous pour recevoir les pivots : il importe surtout que ces trous soient exactement situés deux à deux sur une ligne perpendiculaire aux deux platines. Lorsqu'on a percé l'un de ces trous au foret, on a un instrument qui sert à marquer la place du trou correspondant. Les platines sont tenues à distance l'une de l'autre par des *piliers* d'égale longueur, situés vers leur contour. FR.

PLATRE (de πλασσω, *façonner, mouler*). On désigne sous ce nom la matière plastique obtenue avec le sulfate de chaux hydraté natif, calciné et réduit en poudre.

Le sulfate de chaux hydraté, connu aussi sous le nom de *pierre à plâtre*, se rencontre, en général, dans les parties supérieures des terrains secondaires, et dans les terrains tertiaires. Dans les premiers, il constitue des couches puissantes, intercalées de lits calcaires; parmi les seconds, il forme des dépôts plus ou moins étendus, accompagnés d'argile ou de marne ; c'est ainsi qu'on le trouve aux environs de Paris, où il s'en fait une exploitation considérable. Le département de la Seine, seul, en consomme environ 5 millions d'hectolitres. On en expédie dans plusieurs autres départemens voisins, et il s'en exporte jusqu'en Angleterre, où l'on remarque des marchands de plâtre de Paris (*plaster from Paris*).

L'exploitation du sulfate de chaux natif hydraté se pratique à l'aide de puits et de galeries, de la même manière que cela a lieu pour divers autres matériaux tirés des CARRIÈRES. (*V.* ce mot.)

On remarque, dans l'extraction de la pierre à plâtre, trois variétés principales. L'une, en cristaux agglomérés ou masses informes, dont on exploite les plus grandes quantités, contient environ douze centièmes de son poids de carbonate de chaux ; c'est la pierre communément employée pour former

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le plâtre qui sert aux constructions, et pour amender les terres en culture. La deuxième, formée de sulfate de chaux lamelleux, cristallisé et presque pur, se présente en tables biselées à base de parallélogrammes obliquangles; on le rencontre aussi sous la forme de prismes et de lentilles plus ou moins volumineuses, isolées ou groupées en rosaces, en fer de lance, et jaunâtre ou limpide comme de l'eau; il sert à la préparation du plâtre fin, qui est réservé pour les divers moulages, la fabrication du Stuc. La troisième variété, en usage dans les Arts industriels, se présente en masses homogènes, demi-transparentes, blanches, offrant des zones jaunâtres; elle est susceptible d'acquérir plus de dureté par un léger recuit, et de prendre différentes teintes. Cette substance, que l'on connaît sous le nom d'Albatre *gypseux*, et dont on fait des vases et divers autres objets d'ornemens, ne doit pas être confondue avec l'albâtre des anciens, qui est formé de carbonate de chaux cristallisé de couleur jaunâtre, veiné, susceptible d'un poli très doux.

On trouve encore, dans la nature, une sorte de sulfate de chaux anhydre; mais comme elle n'est pas susceptible de se solidifier avec l'eau, on n'en fait presque aucun usage. Une seule variété silicifère bleuâtre, que l'on trouve en Italie, est employée pour faire des chambranles de cheminées, des carreaux, etc.

C'est le sulfate de chaux ou plâtre cru, qui, disséminé en grande abondance dans le terrain de Paris et des hauteurs environnantes, communique aux eaux des puits de cette ville la qualité séléniteuse, et les rend ainsi impropres au savonnage et à la cuisson des légumes. On pourrait remédier en partie à cet inconvénient, en décomposant le sulfate de chaux dont elles sont presque saturées, par le sous-carbonate de soude, qui précipiterait la chaux à l'état de carbonate; il faudrait à peu près 250 grammes de sous-carbonate de soude pour 100 litres d'eau, en admettant que celle-ci contient environ la trois-centième partie de son poids de sulfate de chaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cuisson du plâtre.

On se sert, pour la cuisson du plâtre, de plusieurs sortes de fourneaux ; celle qui est le plus communément en usage consiste en un bâtiment rectangulaire, de 8 à 10 pieds en carré, sur environ 9 pieds de hauteur, formé de trois murs en briques ou moellons, de 16 à 18 pouces d'épaisseur, terminé par une voûte en plein cintre, et recouvert d'un toit à 2 pieds de distance.

On construit, par la devanture ouverte de ce bâtiment, avec la pierre à plâtre, plusieurs voûtes parallèles à claire-voie, en y employant des plus beaux moellons, ainsi que l'indique la figure ; on charge sur ces voûtes la pierre à plâtre, dont on amoncelle d'abord les plus gros fragmens, puis ensuite des morceaux de plus en plus petits ; et enfin, on recouvre le tout, près de la voûte, avec les menus débris et la poussière provenant de l'exploitation. On place sous les voûtes de pierre à plâtre quelques bourrées de bois sec, auquel succède du bois de fagots ou des bûches fendues, suivant la localité ; la flamme pénètre dans tous les interstices des voûtes et des pierres qui la surmontent, puis elle se rend, par des carneaux pratiqués dans la muraille opposée à la devanture du four, vers la cheminée.

Les Fours a chaux (*V.* ce mot) à calcination continue ou intermittente, soit au bois, soit à la houille, sont mis en usage en plusieurs localités, pour la cuisson du plâtre.

Quel que soit le mode de construction du four adopté pour cette opération, on remarque de grandes variations dans la qualité du plâtre obtenu ; et en effet, cela doit être, puisque dans les parties de la pierre les plus rapprochées du feu, la température trop élevée opère un commencement de fusion ignée, qui rend le plâtre incapable d'absorber l'eau, de même que le sulfate de chaux natif anhydre. Or, au milieu de ces mêmes pierres, et surtout au centre de celles qui sont plus éloignées du feu, il se rencontre presque toujours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un noyau plus ou moins volumineux de plâtre cru, et par conséquent inerte. On conçoit que le mélange de ces parties trop calcinées, et d'autres incomplètement cuites en différentes proportions, donne un produit de qualité très variable. Il arrive souvent qu'une fournée entière, trop calcinée ou trop peu cuite, ne fournit que du plâtre de rebut, et que les constructeurs refusent, avec raison, de payer au PLATRIER; celui-ci se décide généralement, dans ce cas, à mélanger ce mauvais plâtre, en différentes proportions, avec le produit de meilleures fournées.

On conçoit que, par toutes les causes ci-dessus indiquées, on ne peut se procurer généralement que du plâtre d'une qualité inférieure. En m'occupant de recherches sur les moyens de faire acquérir constamment au sulfate de chaux la plus grande dureté possible, dans ses emplois comme matière plastique, j'eus l'occasion d'observer :

1°. Que ce ne peut être, comme on l'avait supposé jusqu'aujourd'hui, la chaux qui augmente la propriété de se solidifier avec l'eau dans certaines variétés de pierres à plâtre. En effet, la température d'une calcination convenable, fut, dans mes essais, de beaucoup inférieure à celle qui est utile pour opérer la décomposition du carbonate de chaux; et si cette dernière substance a concouru, dans les procédés en usage, à améliorer la qualité du plâtre, c'est probablement que, par son interposition, elle aura facilité la transmission de la chaleur et empêché une partie du mauvais effet de la calcination à une température trop élevée; et peut-être aussi, parce que le carbonate en grains durs aura fait, relativement au plâtre, ce que produit un CIMENT dans les mortiers.

2°. Que dans les diverses parties des fours ordinaires, la calcination, très inégale, présente de grandes différences entre les propriétés utiles du plâtre obtenu, et que presque toutes les variétés produites ainsi sont défectueuses, par suite de l'excès ou du défaut de température.

3°. Enfin, que, dans les parties de l'intérieur des pierres calcinées avoisinant les cristaux non altérés ou incomplète-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment privés de leur eau de cristallisation, se rencontrent les propriétés recherchées de cette matière plastique.

Ces premières remarques m'ayant porté à supposer que le degré de température utile à la fabrication du plâtre devait être beaucoup moins élevé qu'on ne l'admet généralement, je ne tardai pas à en acquérir la certitude par l'essai suivant.

Je réduisis en poudre grossière de la pierre à plâtre de Montmartre, et je la maintins, par une double enveloppe, autour d'un tube que chauffait, à 105 degrés, un courant continu de vapeur, sous la pression correspondante à cette température. Au bout de six heures, je broyai cette poudre, et reconnus, en la gâchant, qu'elle avait acquis la propriété de se solidifier par l'eau avec plus d'énergie que le plâtre de même sorte cuit dans les fours à la manière accoutumée. Voulant connaître la limite de la température à laquelle le sulfate de chaux natif en poudre très fine perd son eau de cristallisation, j'essayai successivement l'effet des températures inférieures, et constatai qu'à 80° centigrades le plâtre obtenu fait prise solide avec l'eau; que les fragmens de plâtre impur ayant 5 millimètres de grosseur sont suffisamment calcinés à 95°; qu'enfin, le sulfate de chaux en cristaux réguliers n'éprouve à la même température qu'une dessiccation partielle, pénétrant à peine d'un cinquième de millimètre perpendiculairement aux lames superposées, et d'un demi-millimètre parallèlement à ces lames.

Ces faits permettent d'espérer qu'à l'avenir on pourra traiter en grand la pierre à plâtre avec beaucoup de régularité, et en obtenir constamment la meilleure qualité de matière plastique. En effet, toute la question de la *cuisson* du plâtre se trouve réduite à une simple dessiccation facile à opérer par la vapeur; ainsi disparaissent toutes les difficultés que dissimulaient mal les diverses constructions de fours pour le chauffage au bois, à la houille et à la tourbe.

Non-seulement on pourra utiliser l'énorme quantité de pierres à plâtre en poudre qui, en ce moment, encombrent les carrières; mais il sera convenable, désormais, de con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

casser toute la pierre à cuire en fragmens menus, et mieux de la broyer en poudre grossière dans un MOULIN *à meules verticales*. Cette première façon ne sera pas perdue, car le plâtre cuit pourra être tamisé et employé directement sans lui faire subir le battage, opération dispendieuse, et qui cause la déperdition d'une grande quantité de matière.

Parmi les dispositions nouvelles qui seront applicables à la cuisson du plâtre, d'après les observations précédentes, les deux suivantes me semblent susceptibles d'être adoptées. La construction de l'une d'elles est indiquée par la fig. 3, Pl. 55. A représente le foyer en coupe; B, le conduit des produits de la combustion qui se rendent dans la cheminée; C, des plaques en fonte D, placées en avant du foyer, au-dessus de celui-ci et dans tout le prolongement du conduit de l'air chaud jusqu'à la cheminée; une trémie E, adossée à celle-ci, sert à contenir le plâtre cru en poudre qui doit alimenter la cuisson continue; deux barres transversales en fer FG limitent entre elles l'espace qui, sur les plaques, doit achever la cuisson; une troisième barre transversale H sert de rebord à l'espace FH des plaques prolongées au-delà des foyers destinés au refroidissement du plâtre cuit; enfin, des ouvertures circulaires I, à l'extrémité de ces plaques, munies d'un court entonnoir en tôle, servent à ensacher le plâtre cuit.

La marche de l'opération, à l'aide de ce fourneau, est facile à concevoir.

On remplit d'abord la trémie de plâtre cru en poudre grossière, et l'on étale du même plâtre en couche de 1 pouce d'épaisseur sur toute la surface des plaques en fonte comprise entre la trémie et la première barre F; on allume dans le foyer A un feu de charbon de terre, de coke, de tourbe ou de tout autre combustible, le plus économique suivant la localité; on renouvelle les surfaces de la couche de plâtre à l'aide d'un râteau, afin d'accélérer leur dessèchement. Dès que la quantité comprise entre les deux barres FG est complètement desséchée, on l'amène, au moyen d'un râble, vers la partie FH en dehors du four, afin de l'y laisser refroidir,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puis la mettre en sacs. On remplit de nouveau l'espace FH en tirant, à l'aide du même râble, la quantité nécessaire du plâtre étendu sur les plaques entre la barre G et la trémie, et dont la dessiccation est déjà commencée ; enfin, on remplace également celle-ci en faisant écouler par le bas de la trémie une nouvelle quantité de plâtre cru.

On voit que la main-d'œuvre, dans ce système de four, est très facile et peu dispendieuse ; que le plâtre obtenu en poudre peut être expédié et employé directement pour la plupart des ouvrages de maçonnerie. On pourrait également l'obtenir en poudre très fine, à l'aide d'un broyage fait après la cuisson, dans un MOULIN *à meules verticales* ou *à meules horizontales*.

On obtiendra plus de régularité encore dans ce mode de cuisson du plâtre, en substituant au chauffage des plaques par le produit de la combustion, un chauffage à la vapeur, d'un plan également incliné, formé de tubes en fonte aplatis à leur partie supérieure, et communiquant les uns avec les autres par leurs extrémités. La fig. 4 indique cette disposition. On voit que le tuyau de vapeur communiquant avec une chaudière ordinaire à bouilleurs est disposé de manière à ramener l'eau condensée dans cette chaudière ; que la cheminée C fait passer les produits de la combustion, au sortir des carneaux enveloppant la chaudière, sous les tubes à vapeur, dont il contribue à entretenir la vapeur ; qu'enfin, il passe, comme dans la première disposition indiquée précédemment, sous des plaques en fonte destinées à commencer la dessiccation du plâtre.

On conçoit, à la seule inspection de cette figure, que l'opération s'y conduit absolument de la même manière que relativement au fourneau décrit d'abord. Un manomètre peut être placé sur une des parties des tubes pour indiquer la pression de la vapeur et régler la température correspondante. Un tube à robinet dans un des points les plus élevés des mêmes tubes, sert à évacuer l'air qui s'opposerait à la communication constante et au chauffage de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la vapeur. On pourrait adapter à la plupart des fours déjà employés, soit continus, soit à charges successives, un système de plaques en fonte sous lesquelles passeraient les produits de la combustion, après avoir servi à calciner les pierres, en sorte que l'on ferait cuire la poussière du plâtre sur ces plaques, et que l'on utiliserait mieux ainsi et le combustible et tous les produits de l'extraction.

Quel que soit le mode de cuisson que l'on ait adopté relativement au plâtre, il faut éviter soigneusement de le laisser trop long-temps exposé à l'air, surtout quand celui-ci est humide ; car, en absorbant de l'eau peu à peu, il deviendrait incapable de se prendre lorsqu'on viendrait à le gâcher, et ne présenterait plus alors qu'une poussière inerte.

Tout le monde connaît en France la manière d'employer le plâtre : on sait qu'il suffit de l'ajouter en poudre dans une quantité d'eau suffisante pour qu'il présente directement la consistance d'un mortier ordinaire ; on le malaxe à cet effet, ou, comme on le dit habituellement, on le *gâche* à l'aide d'une truelle, et l'on se hâte de l'appliquer, soit en enduits, soit entre des matériaux de maçonnerie, avant que sa solidification se soit opérée. Les degrés variables que l'on doit donner au plâtre, suivant le genre d'ouvrage qu'on veut faire, seront indiqués plus bas, à l'article PLATRIER.

Le plâtre fin, gâché avec une solution de colle-forte, et dans lequel on introduit ensuite, avant qu'il ait fait prise, diverses substances dures colorées, constitue la base de l'un des procédés de la fabrication du STUC, imitant le marbre ; on trouvera des détails sur ce procédé dans l'article STUC, auquel nous renvoyons.

Les emplois du plâtre ne se bornent pas aux travaux de construction, au moulage des objets de sculpture et à la fabrication du stuc ; il sert à décomposer le carbonate d'ammoniaque dans la fabrication du SEL AMMONIAC (*V.* ce mot) ; enfin, on en fait un grand usage en Agriculture ; nous entrerons à cet égard dans quelques détails.

L'emploi du plâtre pour l'amendement des terres ne date

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que du siècle dernier ; il s'est propagé rapidement, et jusque dans le Nouveau-Monde. L'expérience a démontré qu'un grand nombre de plantes, affaiblies par l'humidité ou un excès de végétation, surtout dans les terres fortes, acquièrent une vigueur nouvelle par l'application du plâtre ; c'est ainsi qu'il agit avec une grande efficacité lorsqu'on le répand sur un champ de trèfle, dans les prés bas et marécageux. Il présente, en outre, l'avantage de nuire au développement de certaines plantes parasites, telles que les roseaux, les glayeuls, les flèches et les prèles ; de garantir le froment qui succède au trèfle, des vers qui abondent ordinairement dans les terres où l'on a cultivé ce dernier.

Le plâtre cru, tel qu'il sort des carrières, et lorsqu'il est suffisamment friable, peut être employé, sans autre préparation qu'un simple battage ; le plâtre cuit éventé à l'air est préférable, parce qu'il se présente dans un plus grand état de division ; enfin, les plâtras, surtout lorsqu'ils ont absorbé des matières animales, et contiennent du *salpêtre* ou d'autres sels, sont préférables encore. Dans tous les cas, ces matériaux doivent être écrasés et passés au crible : l'automne et le printemps sont les saisons les plus favorables à leur emploi. On sème le plâtre à la volée, comme le grain, mais en quantité à peu près double ; il convient de choisir un moment où l'air est tranquille, afin d'éviter que le vent ne le disperse d'une manière inégale ; l'approche d'une rosée abondante ou d'une pluie fine offre une circonstance très favorable à la première action du plâtre.

Il me paraît que le plâtre agit particulièrement en augmentant la solidité du tissu végétal, dans lequel la sève l'entraîne et le dépose ; peut-être aussi sert-il de stimulant à la force végétative, comme la plupart des sels. (*V.* les articles AMENDEMENT, ENGRAIS.)

Quel que soit l'usage auquel on destine le plâtre, il peut être utile de connaître sa composition, soit avant d'exploiter une carrière, soit pour déterminer le choix que l'on doit faire entre les diverses qualités qu'offrent les extractions en activité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'analyse chimique qui remplit ce but est facile à faire : on traite la pierre à plâtre par l'acide hydrochlorique étendu; elle s'y dissout avec effervescence, parce que le sous-carbonate de chaux qu'elle contient est décomposé; on fait évaporer la dissolution jusqu'à siccité complète. On traite le résidu par l'alcool; celui-ci dissout le chlorure de calcium et un peu de chlorure de fer provenant de l'oxide de ce métal, que contient ordinairement la pierre à plâtre. La portion du résidu insoluble dans l'alcool est le sulfate de chaux isolé; on précipite le fer par l'ammoniaque; on filtre la liqueur, puis ajoutant dans celle-ci de la solution de sous-carbonate de soude jusqu'à léger excès, on précipite à l'état de sous-carbonate toute la chaux qu'elle contient. Il suffit de recueillir ce précipité sur un filtre, et de le faire dessécher à la température de 100 degrés, pour connaître le poids du sous-carbonate calcaire que contenait la pierre à plâtre. P.

PLATRE-CIMENT. C'est sous ce nom que M. Lesage, ingénieur militaire, fit connaître, il y a vingt ans, une sorte de chaux hydraulique obtenue par la calcination ménagée de la pierre calcaire compacte, qui compose les galets de Boulogne-sur-Mer. Cette chaux est la même matière que celle désignée en Angleterre sous les noms de *roman-cement* et de *parker's-cement*. En effet, les propriétés du plâtre-ciment d'Angleterre et de Boulogne sont semblables, et l'analyse comparée des deux matières premières offre à peu près les mêmes résultats, ainsi qu'on le peut voir ci-dessous.

		Pierre anglaise.	Pierre de Boulogne.
Carbonate de chaux		0,657	0,616
Carbonate de magnésie		0,005	» »
Carbonate de fer		0,060	0,060
Carbonate de manganèse		0,019	» »
Argile	silice	0,180	0,150
	alumine	0,066	0,048
	oxide de fer	» »	0,030
Eau		0,013	0,066
		1,000	0,970

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La propriété importante du plâtre-ciment est de faire prise sous l'eau, et d'apporter une grande économie, ainsi que beaucoup de solidité dans les travaux hydrauliques. C'est avec cette matière que la construction du pont sous la Tamise a été commencée et poursuivie au point où elle en est actuellement. Il est douteux qu'aucune autre substance plastique eût permis d'exécuter d'aussi difficiles travaux.

La pierre d'Angleterre compacte, susceptible de poli, est d'un gris-brun, et pèse 259, l'eau pesant 100. On l'exploite dans des marnes dites *London-clay*, où elle se trouve en grande abondance sous forme de rognons.

Des ingénieurs français ont rencontré en Russie la matière première d'un *plâtre-ciment* semblable à ceux d'Angleterre et de Boulogne. Enfin, M. Lacordaire, ingénieur des Ponts et Chaussées, a découvert, dans les environs de Pouilly, deux variétés de *pierres à plâtre-ciment*, qui ont donné lieu récemment à une grande et utile exploitation. Cette pierre appartient, suivant MM. Lefroy, Brochand et Élie de Beaumont, à la formation jurassique; on la trouve dans la partie la plus basse de ce terrain, en couches horizontales séparées par des lits schisteux. La première variété, provenant d'un calcaire à zones de diverses teintes, donne le *ciment blond;* la deuxième, extraite dans la couche de calcaire siliceux, produit le *ciment noir*. Ces deux variétés sont composées des substances suivantes :

	1re variété.	2e variété.
Eau et acide carbonique.....	25	30
Silice.....	19	24
Alumine.....	10	10
Chaux.....	30	24
Magnésie.....	2	0 traces.
Oxide de fer.....	8	8
Perte.....	6	4

On exploite cette pierre au fleuret et à la poudre, par des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puits et galeries descendus à la profondeur de 80 mètres ; on la casse en morceaux de la grosseur du poing, que l'on calcine modérément dans un four à feu continu. Le *plâtre-ciment* ou la chaux obtenu, est réduit en poudre dans un moulin à meules verticales en fonte; le produit du broyage est passé d'abord dans un tamis de toile métallique, dont les fils sont espacés d'un millimètre et demi. On obtient ainsi le *ciment* n^o 2 ; celui-ci, passé dans un bluteau également en toile de fer, mais dont les fils sont moins espacés, donne le *ciment* dit n^o 1.

Ces matières offrent les poids spécifiques suivans :

	1re variété, donnant le *ciment brun.*	2e variété, donnant le *ciment blond.*
Pierre compacte.....	2,617	2,520
Ciment { qualité n° 1...	1,380	1,260
Ciment { *id.* n° 2...	1,500	1,440.

Pour employer le plâtre-ciment dans les constructions auxquelles il est propre, c'est-à-dire celles qui sont ordinairement exposées à l'eau ou à l'humidité, on le mêle généralement avec partie égale de sable ; on jette ce mélange, formé à sec, dans une auge ; on l'y ramasse en un tas, dans le milieu duquel on fait un trou, puis on y verse de l'eau, dans la proportion de deux cinquièmes du volume total, et en agitant continuellement. Pour les murailles en maçonnerie et les enduits, on emploie le *plâtre-ciment* de la même manière que le plâtre commun, mais en ayant le soin de former pour les enduits la couche en une seule fois, et ordinairement d'une épaisseur de 3 centimètres. Lorsqu'un ouvrier a étendu environ 1 mètre carré d'enduit, d'une main il projette de l'eau sur toute la superficie, à l'aide d'un pinceau large et plat, tandis que de l'autre main il unit la surface à l'aide d'une petite *taloche* en bois, qui fait disparaître les joints et amène le sable à la superficie.

On fait en plâtre-ciment divers moulages d'ornemens et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

statues, de même qu'avec le plâtre, si ce n'est qu'il est inutile de laisser du jeu dans les moules, ce ciment n'augmentant ni ne diminuant de volume après la prise. On se sert de saindoux ou d'huile pour graisser les moules.

Les objets moulés en plâtre-ciment ne résistent pas toujours long-temps à l'action de l'air sec, surtout relativement à certaines variétés de cette matière. (*V.*, pour complément de cet article, les mots CHAUX HYDRAULIQUE, CIMENT, FOUR A CHAUX et PLATRIER.) P.

PLATRIER. On nomme ainsi celui dont le métier consiste à extraire la pierre à plâtre et à la faire cuire, pour l'expédier en sacs aux différens constructeurs. On donne encore ce nom à l'ouvrier maçon qui emploie le plâtre. (*V.* ci-après.) P.

PLATRIER (*Technologie*). On désigne sous le nom de *plâtrier*, l'ouvrier qui ne travaille absolument que le plâtre pour l'ornement de l'intérieur des maisons et des appartemens. Ce n'est guère qu'à Paris, où le plâtre est d'une excellente qualité, résistant parfaitement aux vicissitudes de l'atmosphère, qu'on l'emploie à la construction des édifices et aux ouvrages extérieurs, excepté dans les fondations, où l'on se sert de mortier composé de chaux et de sable. A Paris, ce sont les mêmes ouvriers qui travaillent avec le mortier, ce qu'on appelle *limousinage*, et qui se servent du plâtre, tant pour les ouvrages extérieurs que pour les ornemens intérieurs. Ils portent généralement le nom de *maçons*.

Il n'en est pas de même dans les départemens et dans les pays où le plâtre est d'une moins bonne qualité ; on ne l'emploie jamais aux ouvrages extérieurs. On y distingue le maçon du plâtrier : le premier construit les murs et tout ce qui est en pierre ou en moellons, à chaux et à sable ; le second fait tous les travaux qui exigent l'emploi du plâtre. Nous allons nous occuper spécialement de ce dernier art.

Le plâtre est fourni aux ouvriers dans de petits sacs, après avoir été écrasé à côté du four où il a été cuit. L'ouvrier l'écrase de nouveau à la batte, le passe dans différens cribles, afin de l'approprier aux divers emplois qu'il en doit faire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tel qu'il le reçoit de la fabrique, il le désigne sous le nom de *gros plâtre ;* il est en sorte, c'est-à-dire de toute grosseur ; il est destiné pour les gros ouvrages, tels que les gros murs de moellons ou les hourdages de cloison.

Après l'avoir battu de nouveau et écrasé, il le passe à travers un panier à claire-voie ; il est alors demi-fin, et porte le nom de *plâtre au panier.*

Lorsqu'il est passé au travers d'un tamis clair et fin, il prend le nom de *plâtre au sas ;* il sert aux ouvrages délicats, et à couvrir le *plâtre au panier,* afin de terminer les ouvrages.

Le plâtrier recouvre en plâtre tout l'intérieur des murs des appartemens, sur lesquels on se propose de tendre des tapisseries, qui sont généralement en papiers peints, qu'on ne pourrait pas coller sur un mur blanchi à la chaux : cette dernière substance altérerait même la plupart des couleurs qui orneraient la tapisserie. Il applique d'abord une couche de plâtre gris, ou de plâtre grossier, qu'il recouvre ensuite d'une légère couche de plâtre fin et blanc.

Pour employer le plâtre, l'ouvrier le délaie avec de l'eau naturelle, dont il met une plus ou moins grande quantité, selon l'emploi qu'il en veut faire. Il incorpore l'eau à l'aide de la truelle, en le pétrissant dans l'auge. Il verse d'abord l'eau, ensuite il y jette le plâtre et le pétrit, ce qu'il désigne par les mots *gâcher le plâtre.* Le plâtre gâché prend différentes dénominations, selon qu'il est mêlé avec une moindre ou une plus grande quantité d'eau.

Par *plâtre gâché serré,* on entend celui qui est le moins abreuvé d'eau, pour les parties qui exigent le plus de solidité, et qu'on doit employer très promptement, par la raison qu'il prend et se dessèche très vite.

Par *plâtre gâché clair,* on désigne celui qui est abreuvé d'une plus grande quantité d'eau, afin qu'il ne sèche pas aussi promptement, et qu'il laisse à l'ouvrier le temps de le travailler, pour lui donner les formes que son emploi exige. Il sert à faire les corniches, les cimaises, les baguettes et les divers ornemens.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par *plâtre gâché liquide*, on indique celui qui est abreuvé de beaucoup d'eau, et qu'on emploie pour les enduits, les crépis, les cloisons, les plafonds, que l'ouvrier doit avoir le temps d'étendre uniformément sur une assez grande surface, avant son dessèchement entier.

Enfin, par *plâtre coulé*, ou *coulis de plâtre*, celui qui est le plus abreuvé d'eau, et que l'ouvrier destine à remplir des cavités, et dont il veut combler tous les interstices, dans lesquels un plâtre plus solide ne pourrait pas pénétrer.

Le cadre de notre Dictionnaire ne nous permet pas d'entrer dans les détails nécessaires pour décrire tous les ouvrages que fait le plâtrier proprement dit; nous nous bornerons aux principaux, d'où l'on pourra déduire tous les autres.

Des cloisons. On les fait de plusieurs manières : 1°. avec des pièces d'assemblage que le charpentier place aux distances convenables, et avec lesquelles il marque les portes et autres ouvertures; l'ouvrier remplit les vides avec de vieux plâtras, qu'il lie avec du plâtre neuf, et enduit ensuite avec du plâtre fin; 2°. les cloisons préparées, par le charpentier, de la même manière, et dont les vides sont remplis par deux briques ordinaires placées de champ l'une devant l'autre, et liées avec du plâtre neuf. Ces deux sortes de cloisons ont trois pouces d'épaisseur, et chargent considérablement les planchers; nous ne nous étendrons pas davantage sur leur construction : nous allons décrire la troisième.

La troisième manière, qui est généralement pratiquée dans tout le midi de la France avec beaucoup d'avantage et moitié moins de dépense, présente autant de solidité, est exécutée avec beaucoup de promptitude, n'exige l'emploi d'aucune pièce de bois, et n'a que 18 lignes (4 centimètres) d'épaisseur. Voici comment on procède :

On fabrique exprès des briques carrées d'un pouce (27 millimètres) d'épaisseur, et d'un pied (325 millimètres) de côté. On en fabrique aussi, pour les angles, d'un pied de long sur six pouces de large, afin de n'avoir rien à détacher des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grandes briques pour couper les joints. On se procure toutes celles dont on peut avoir besoin.

Après avoir tracé sur le plancher la place que doit occuper la cloison, par un double trait de l'épaisseur des briques, et avoir marqué sur ce tracé l'emplacement des ouvertures des portes; supposons, pour plus de simplicité, qu'il ne doit y en avoir qu'une, on fixe au plafond plusieurs cordeaux armés d'un plomb, qui indiquent la verticale qui s'élève au-dessus du trait qu'on a tracé sur le plancher. Les ouvriers fixent quelquefois des cordeaux horizontaux qui vont d'un mur à l'autre, afin de les guider pour que la cloison soit bien en ligne droite dans ce sens; la plupart sont assez exercés pour n'avoir pas besoin de cette précaution. Ils fixent des cordeaux verticaux à la place où doit se trouver la porte, qui est toujours disposée de manière que l'espace renfermé entre elle et le mur contienne un certain nombre de briques exact, afin qu'ils n'aient rien à couper. Les briquetiers ont le soin d'en faire qui soient la moitié, le tiers ou le quart de la largeur des briques entières.

Ce préalable rempli, ils prennent une brique entière, la garnissent de *plâtre gâché serré* sur son épaisseur et sur deux côtés contigus du carré qu'elle présente; ils l'assurent bien verticalement. Ils en placent une seconde à côté, de la même manière, puis une troisième, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'ils soient arrivés au vide qu'ils doivent laisser pour la porte, bien entendu que si une brique entière est trop large pour remplir l'espace restant, ils y substituent une demi-brique, ou ils combinent cette dernière avec des tiers ou des quarts, pour remplir exactement l'espace.

Pour le second rang, ils commencent par une demi-brique, puis des briques entières, afin de rompre les joints. Ils continuent à l'élever de la même manière, jusqu'à ce qu'ils aient atteint la hauteur de la porte, c'est-à-dire six assises de briques. Alors ils élèvent la cloison de l'autre côté de la porte, en suivant les mêmes procédés, en observant toujours que les deux côtés de l'ouverture réservée pour la porte soient bien verticaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La cloison étant parvenue à ce point, ils prennent deux forts liteaux de deux pouces en carré, de la hauteur de la porte moins deux pouces, qu'ils placent des deux côtés de l'ouverture contre les épaisseurs des briques ; ils placent au-dessus un liteau semblable, exactement de la largeur de l'ouverture, et un autre liteau semblable dans le bas, qui arc-boute bien contre les deux liteaux verticaux. Ils ont formé par là un cadre solide, qui suffit pour soutenir le reste de la cloison au-dessus de la porte. On doit faire attention que la surface du liteau horizontal supérieur soit de niveau avec la surface supérieure des briques des deux parties de la cloison.

Tout étant ainsi disposé, ils placent une nouvelle assise de briques, de la même manière qu'ils ont assujetti les premières, d'un bout à l'autre de la pièce, et sans interruption d'un mur à l'autre, en ayant soin de ne pas mettre du plâtre au-dessous de la brique, afin de ne pas la lier avec le liteau de bois, qui doit être enlevé lorsque la cloison est terminée. Ils achèvent la cloison de la même manière qu'ils l'ont commencée. Vingt-quatre heures après qu'elle est terminée, ils enlèvent les quatre liteaux, et la cloison est très solide.

Le plâtrier couvre enfin les deux surfaces des briques par une couche de plâtre fin, qu'il unit parfaitement. Le menuisier assure les placards qui doivent supporter la porte par des boulons à vis qui traversent l'épaisseur des briques, en passant dans des trous pratiqués exprès à l'aide du vilbrequin et d'une bonne mèche ; ils noient dans l'épaisseur des placards la tête et l'écrou de chaque boulon.

Des corniches. Elles servent de bordures aux plafonds ; elles se poussent, à l'aide d'un calibre en bois découpé selon le dessin donné par l'architecte, en faisant glisser le calibre le long de deux règles, dont l'une est fixée sur le mur, et l'autre sur le plafond. On applique d'abord le plâtre liquide sur les saillies, et l'on traîne dessus, et à diverses reprises, le calibre, en appuyant ferme sur les règles, et en remettant de nouveau plâtre au fur et à mesure, jusqu'à ce que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

corniche soit entièrement pleine, en réservant, pour pousser à la main et au ciseau, les parties angulaires et courbes qu'on ne pourrait pas traîner au calibre.

On est dans l'usage, aujourd'hui, de placer entre les baguettes des corniches de petites rosaces, ou d'autres ornemens de cette nature, également ou symétriquement espacés. Ces ornemens, qui se faisaient autrefois au ciseau, étaient très coûteux ; on y substitue aujourd'hui des morceaux moulés et préparés d'avance. On a un moule en plâtre ou en soufre, bien exécuté, on y moule autant de ces ornemens qu'on en désire, et on les fait tenir à l'aide d'un peu de plâtre. Ils ont l'avantage d'être tous égaux et bien finis.

Les *plafonds* ont été traités plus haut, dans un article particulier, au mot PLAFOND, PLAFONNEUR.

Ce sont les plâtriers qui, comme nous l'avons dit, font tous les ornemens de l'intérieur des maisons ; ils construisent les cheminées, font les carrelages, etc. Les détails dans lesquels nous sommes entrés suffiront pour faire comprendre les moyens qu'ils emploient pour exécuter les autres travaux dont nous n'avons pas parlé. L.

PLOMB. Ce métal, un des plus anciennement connus, était désigné par les alchimistes sous le nom de *Saturne*, auquel il était dédié. L'abondance du plomb et la facilité avec laquelle il prend les différentes formes qu'on veut lui donner, le rend un des métaux les plus utiles aux Arts. On s'en sert pour couvrir les maisons, pour doubler les réservoirs, pour faire des tuyaux de conduite, etc. La résistance que le plomb oppose à l'action de l'acide sulfurique permet de l'employer dans la fabrication de cet acide, soit pour la construction des chaudières de concentration, soit pour la construction des chambres de plomb dans lesquelles s'opère la condensation de l'acide. L'oxide de plomb uni à une certaine quantité de silice et de potasse produit le cristal, dont l'usage est maintenant si répandu ; le plomb fournit en outre aux Arts plusieurs couleurs et à la Médecine plusieurs préparations d'un usage habituel ; enfin, ce métal sert pour déterminer le titre des matières

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'or et d'argent, et pour extraire ces deux métaux de leurs minerais.

Propriétés principales du plomb. Il est d'un blanc-bleuâtre; son éclat, assez grand sur les surfaces fraîches, se ternit promptement à l'air. Il donne par le frottement une odeur qui lui est propre; il laisse sur les doigts et sur le papier une teinte bleuâtre. La pesanteur spécifique du plomb est de 11,35. Ce métal est très malléable; il s'étend facilement sous le marteau, et peut être réduit en feuilles très minces au moyen du laminoir. Sa ductilité et sa ténacité sont peu considérables; un fil de plomb de $0^m,002$ peut à peine supporter un poids de 9 kilogrammes sans se rompre.

Le plomb entre en fusion à peu près à 260 degrés de chaleur; sa grande fusibilité fait qu'on l'emploie avec avantage pour souder les métaux. La soudure des plombiers est un alliage composé d'environ moitié de plomb et d'étain. Le plomb n'est pas sensiblement volatil; il se combine avec l'oxigène par la seule action de l'air atmosphérique; aussi voit-on la surface des objets en plomb se ternir promptement. Elle prend d'abord une couleur d'un gris sale, puis elle devient bientôt presque blanche. Ce changement est dû à sa combinaison par degré avec de l'oxigène et à sa conversion en un oxide. Le plomb présente trois combinaisons différentes avec l'oxigène. On peut indifféremment les considérer comme formant trois oxides différens, ou seulement deux, le troisième étant alors composé d'un atome de peroxide et de protoxide. Les proportions adoptées par M. Berzélius pour la composition de ces oxides sont les suivantes:

Le *protoxide* ou *oxide jaune*, désigné par Berzélius sous le nom d'*oxidum plumbicum*, contient: plomb, 92,829; oxigène, 7,171, ou 1 atome de plomb et 2 atomes d'oxigène.

Le *deutoxide*, *oxide rouge*, *superoxidum plumbosum* de Berzélius, contient: 89,62 de plomb, et 10,38 d'oxigène, ou 1 atome de plomb et 3 atomes d'oxigène.

Enfin, l'*oxide puce*, ou *peroxide*, *superoxidum plumbicum*, est composé de 86,62 de plomb, et 13,38 d'oxi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gène, ce qui correspond à 1 atome de plomb et 4 atomes d'oxigène.

Le protoxide semble être le seul qui soit susceptible de se combiner avec les acides de manière à former des sels; ils sont reconnaissables à une saveur plus ou moins sucrée, et à un certain point astringente; la plupart d'entre eux sont à peine solubles dans l'eau, s'ils ne contiennent pas un excès d'acide. Le sulfate de plomb est entièrement insoluble : cette propriété le rend un des meilleurs réactifs pour doser l'acide sulfurique et le plomb. Les hydrosulfates et l'acide hydrosulfurique précipitent en noir les sels de plomb.

Le plomb se combine avec le soufre et le phosphore; il forme deux sulfures; le sulfure au *minimum* présente la même composition que la galène ordinaire des minéralogistes.

Minerais de plomb. Ce métal se trouve sous un assez grand nombre de combinaisons dans la nature; les principales sont : le *sulfure de plomb* ou *galène*, le *plomb carbonaté*, *sulfaté*, *phosphaté*, *chromaté*, *arseniaté*, *molybdaté*, etc. Quelques-unes d'entre elles seulement sont assez abondantes pour être exploitées comme mines de plomb. Le sulfure est le véritable minerai de plomb; il fournit à lui seul plus des 999 millièmes du plomb livré au commerce. Les carbonates et les phosphates forment aussi la base de quelques exploitations, à la vérité peu importantes. Ces trois combinaisons seront donc les seules sur lesquelles nous allons donner quelques détails.

Sulfure de plomb ou *galène des minéralogistes.* Cette substance est très reconnaissable par son éclat vif, qui ne se ternit pas comme celui du plomb. Elle est presque toujours à l'état cristallin; elle présente alors une cassure dans laquelle on aperçoit distinctement trois sens de lames qui conduisent à un cube. Il suffit, pour obtenir cette cassure, de lui faire subir une légère percussion. La couleur de la galène est le gris métallique du plomb, mais un peu plus clair; sa pesanteur spécifique est de 7,58; non malléable; elle se brise facilement, ainsi qu'on vient de le dire; pure, elle est composée de 87

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de plomb et de 13 de soufre ; elle contient toujours une petite quantité d'argent ; dans la plupart des cas, elle est assez notable pour être extraite du plomb. On regarde généralement que de la galène contenant 3 onces au quintal de minerai peut supporter les frais que nécessite la séparation de l'argent. La galène est quelquefois antimonifère.

Plomb carbonaté. Cette combinaison est également désignée sous le nom de *plomb blanc*, à cause de sa couleur. Le plomb carbonaté est cristallisé ou compacte ; la forme des cristaux est celle d'un prisme rhomboïdal droit, sous l'angle de 117° et 63° ; ils sont souvent aciculaires ; il a un éclat très vif, que l'on désigne sous le nom d'*éclat adamantin;* la pesanteur spécifique du plomb carbonaté est de 67 ; il est composé de 84 d'oxide de plomb et de 16 d'acide carbonique ; lorsqu'il est compacte, sa pesanteur considérable et ses réactions chimiques sont des caractères qui le font reconnaître facilement des minéraux avec lesquels il a du rapport.

Plomb phosphaté. Cette combinaison se présente sous deux couleurs également habituelles : l'une, d'un beau vert pré ; l'autre, d'un brun clair. Dans l'une et l'autre circonstance, le plomb phosphaté jouit d'un éclat assez vif. Il se trouve en cristaux et en masses aciculaires cristallines. Les cristaux sont des prismes hexagonaux réguliers, rarement modifiés ; sa pesanteur spécifique est 69. Fusible au chalumeau, il donne en se refroidissant un bouton polyédrique. Cette propriété fournit un caractère excellent pour le distinguer des autres substances avec lesquelles son aspect pourrait le rapprocher.

Gisement des minerais de plomb. Les différens minerais de plomb se trouvent presque toujours réunis dans le même gîte ; ils forment des filons et des petites veines dans les terrains anciens ; mais c'est principalement dans les terrains de transition que sont exploités la plupart des filons qui contiennent ce métal. Les mines de la Saxe, de l'Angleterre et de la France sont dans cette position. Les terrains secondaires renferment aussi quelques mines de plomb ; on peut dire qu'elles y sont rares, proportionnellement à celles qui existent dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les terrains de transition. A Tarnowitz en Silésie et dans les Mendip-Hills en Angleterre, on en exploite dans un calcaire qui correspond au *zechstein* des Allemands, et qui recouvre immédiatement le terrain houiller. En France, plusieurs mines sont ouvertes sur des veinules de galène disséminées dans un calcaire qui paraît de l'âge du *calcaire à gryphites, lias* des Anglais. Dans ces formations secondaires, les minerais de plomb paraissent contemporains au terrain ; du moins ils n'y sont pas déposés à la manière des filons.

Traitement des minerais de plomb. La fusion des minerais de plomb s'exécute de deux manières différentes, suivant leur richesse, et principalement suivant la nature de la gangue qui les accompagne. Lorsqu'ils sont riches, on se sert ordinairement de la méthode du fourneau à réverbère, qui consiste à exposer le minerai de plomb sur la sole de ces fourneaux, sans aucune addition. Quand ils sont pauvres, et qu'ils ne contiennent aucun autre métal que du plomb, l'emploi des fourneaux à réverbère est encore usité en Angleterre ; mais dans ce cas on ajoute un fondant, de manière à obtenir des scories qui entraînent toutes les matières étrangères mélangées avec le minerai de plomb. La forme des fourneaux doit alors être très surbaissée, la température nécessaire pour fondre les scories étant plus grande que celle propre à la réduction des minerais de plomb riches. Lorsque les minerais sont, comme en Allemagne, mélangés avec des minerais argentifères, on les fond dans des fourneaux à manche, pêle-mêle avec du charbon ; on y ajoute presque toujours, dans ce cas, des substances plombeuses et des scories produites par des opérations précédentes. Cette addition a pour but de faciliter la fusion de la gangue pierreuse qui accompagne toujours le minerai argentifère, et en même temps d'obtenir le plomb que contiennent ces produits de fourneaux. Nous allons décrire succinctement ces deux méthodes ; nous commencerons par le travail du fourneau à réverbère, que l'on peut regarder comme le plus simple et le plus avantageux, dans le cas des minerais de plomb non mélangés. Nous ne parlerons que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du traitement du *sulfure de plomb* ou *galène*, le *plomb carbonaté* retiré de quelques mines se traitant exactement de la même manière que les litharges que l'on obtient de l'affinage du plomb.

Fusion des minerais de plomb au fourneau à réverbère. Nous venons d'annoncer que, sauf quelques exceptions, on soumettait seulement au traitement du fourneau à réverbère les minerais de plomb riches. Quelle que soit la richesse de ces minerais, ils contiennent toujours une certaine quantité de gangue qui exigerait, pour être fondue, une température plus grande que celle habituelle aux fourneaux à réverbère employés pour la fusion des minerais de plomb. Il s'ensuit naturellement que les matières étrangères qui restent dans le minerai forment des *crasses* à la surface du bain de plomb. Ces crasses entraînent avec elles une assez grande quantité de métal, et produisent pour ainsi dire un nouveau minerai, qu'on ne peut plus traiter de la même manière, et que l'on est obligé de fondre dans des fourneaux où la température soit plus élevée. On se sert, pour cette nouvelle opération, de fourneaux à manche, dont la hauteur varie suivant la richesse de ces résidus; on les fond avec les autres produits plombeux qui résultent du traitement de ce métal, tels que les *soles de fourneaux*, les *fonds de coupelle*, etc. Souvent on ajoute en outre les poussières que les orfèvres ramassent dans leurs ateliers, et plusieurs autres produits analogues, que l'on désigne généralement dans le commerce sous le nom de *cendres d'orfèvre* ou de *terre de monnaie*. D'après cet aperçu, on voit que le traitement au fourneau à réverbère exige deux genres d'opérations très distinctes, qui consistent : 1°. *dans la fusion des minerais;* 2°. *dans celle des crasses* provenant du fourneau à réverbère. Nous allons les indiquer successivement; et pour que notre description soit plus exacte, nous donnerons pour exemple les résultats que l'on obtient dans une usine que nous avons visitée avec détail, et dans lequel le traitement peut être pris pour modèle.

Forme du fourneau. Le fourneau à réverbère dont on se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sert est représenté fig. 14, 15 et 16, Pl. 54. Il présente une double pente vers le milieu du fourneau, de manière que le plomb puisse s'y rassembler à mesure qu'il fond. Lorsqu'il y a une certaine quantité de plomb réuni, on le fait couler dans le bassin de réception extérieur. Le fourneau a trois portes pour le travail et une pour la chauffe; il est servi par quatre ouvriers, savoir : un chef fondeur, deux aides fondeurs, appelés *consors*, et un chauffeur.

Charge du fourneau. La quantité de minerai que l'on charge sur la sole du fourneau varie en général de 1200 à 1500 kilogrammes, suivant la richesse du minerai et la courbure du fourneau. Dans celui dont nous donnons le dessin, la charge est de 1300 kilogrammes. Le minerai que l'on fond provient de deux mines différentes; il est le produit du mélange de minerai des tables, appelé *schlick*, et des grenailles que l'on obtient dans le criblage. Ce minerai contient, moyennement, d'après l'essai, 0,586 de plomb, et 0,00075 d'argent.

Conduite de l'opération. On charge le minerai sur la sole du fourneau, de manière qu'il soit également étendu sur toute sa surface, à l'exception du bassin de la sole, que les ouvriers doivent laisser libre. On ferme alors le fourneau, et l'on donne un bon coup de feu, pour faire venir le minerai d'un rouge obscur, ce qui a lieu environ une heure après que la charge est mise dans le fourneau. Le chef ouvrier ouvre alors la porte du milieu, il tâte avec une *spadelle* (espèce de ringard aplati à une de ses extrémités) si la matière commence à s'agglutiner; il renouvelle alors les surfaces en retournant le minerai avec sa spadelle, afin de favoriser le grillage. Au bout d'une demi-heure, il ferme sa porte, et les deux consors travaillent à la leur, en remuant le minerai qui est en face. Après avoir travaillé ainsi pendant une heure, le chef ouvrier recommence à son tour à brasser la matière; ils se remplacent ainsi jusqu'à ce que le grillage soit terminé, ce qui dure à peu près quatre heures. Dans le commencement de l'opération, les ouvriers doivent agir avec précaution, sans quoi les vapeurs nom-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

breuses qui s'échappent entraîneraient le minerai menu. A mesure que le soufre se dégage, la masse devient de plus en plus pâteuse, et les vapeurs, moins abondantes, font moins craindre les pertes; les fondeurs peuvent alors brasser plus hardiment le minerai, en ayant soin d'écraser les pelotes qui se forment continuellement. Quand le grillage est à peu près terminé, la masse, devenue pâteuse et homogène, donne déjà quelques gouttes de plomb qui coulent dans le bassin de la sole : il ne s'agit plus que de hâter la réduction et la fusion. Les ouvriers jettent alors sur la matière de petites bûches, qui élèvent la température autour d'elles et en fournissant du charbon, accélèrent la réduction de l'oxide de plomb formé ; mais le but principal que l'on se propose est d'empêcher l'adhésion de la masse grillée, de lui opposer un barrage qui la retienne sur les côtés du fourneau, afin que le plomb fondu se rende seul dans le bassin qui est au milieu. A mesure qu'il en est besoin, on jette de nouvelles bûches, et souvent du gros charbon, soit devant, soit sur la matière, suivant que l'état du fourneau le réclame.

Pour que l'opération réussisse, il faut que la matière ait une consistance moyenne : si elle est trop *liquide*, elle coule avec le plomb, et le bassin n'est jamais net; si elle est trop *dure*, le plomb qu'elle renferme ne peut que très lentement se réduire et couler à travers. On prévient ces deux excès en diminuant ou en augmentant le feu, en amenant la matière devant les portes, si elle est trop molle, ou la poussant sur l'arrière du fourneau, si elle est trop dure; dans ce cas, on jette du bois dessus pour la ramollir et pour élever la température du fourneau. Enfin, on augmente ou on diminue le tirage, pour accélérer ou retarder la combustion.

Première coulée du plomb. Lorsque le bassin de la sole est rempli de plomb, ce qui a lieu sept heures après le commencement de l'opération, le chef fondeur nettoie la surface du bain, puis il ouvre la percée, pour que le plomb se rende dans le bassin de réception. Quand tout le plomb

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'est écoulé, il rebouche la percée avec un morceau de bois ou un tampon d'argile. Malgré le soin que le chef fondeur a mis à nettoyer le plomb lorsqu'il était dans le bassin de la sole, il est toujours mélangé d'une certaine quantité de mattes (sulfures métalliques), dont il faut le débarrasser. Ces mattes étant moins fusibles que le plomb, il s'en solidifie une croûte à la surface du bain. On l'enlève, et lorsque le plomb n'est plus que d'un rouge sombre, on y projette une petite brassée de débris de fagots; on les enfonce dans le bain de plomb au moyen d'une cuillère; bientôt ils s'enflamment par la chaleur qu'ils éprouvent, et ils dégagent une très grande quantité de gaz, qui, en donnant une grande agitation au plomb, font porter à la surface le peu de mattes encore mélangées avec le plomb. Le charbon produit par les broussailles réduit en outre le peu d'oxide qui s'était formé. Après avoir laissé reposer le bain quelques instans, on enlève avec une écumoire les impuretés qui se sont portées à sa surface.

Moulage du plomb. Quand le plomb est ainsi nettoyé, on le puise avec des cuillères en fonte; on le porte dans des lingotières également en fonte, qu'on a préparées un peu d'avance. Cette première coulée donne ordinairement plus du tiers total du plomb que l'on obtient à chaque opération. Le premier plomb obtenu est le plus riche en argent; dans quelques usines, lorsque le minerai est très pauvre, on le met à part pour le coupeller; le plus ordinairement on ne prend pas cette précaution, et tout le *plomb d'œuvre* est coupellé dans la même opération.

Secondes coulées. Pendant la purification du plomb obtenu dans la première coulée et son moulage, il s'est accumulé de nouveau plomb dans le bassin de la sole: s'il est en quantité suffisante, on fait de suite une nouvelle coulée; dans le cas contraire, le travail est repris, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, jusqu'à ce qu'il y ait assez de plomb dans le bassin. On fait ainsi quatre à cinq coulées après la première. A chaque nouvelle coulée, la quantité de plomb diminue, de sorte qu'à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la dernière on n'en obtient plus qu'une très petite quantité. Il ne faut pas trop multiplier les coulées, parce qu'à chacune d'elles il résulte une perte de temps et un refroidissement du fourneau; mais il y aurait aussi beaucoup d'inconvénient à laisser le plomb trop long-temps dans le bassin de la sole. Dans les dernières coulées, le fourneau étant presque vide, il est plus difficile de le maintenir à la température convenable; il faut alors pousser plus fortement le feu, et faire *ressuer* les crasses et les verres terreux, pour en extraire le plus de plomb possible. Lorsque le plomb qui reste dans les crasses n'est plus en assez grande quantité pour être retiré avec avantage, on arrête l'opération, et l'on *rince* le fourneau pour faire une charge nouvelle. On enlève les crasses avec un ringard. Il faut que le fourneau soit rincé très exactement. Si l'on s'aperçoit qu'il existe dans la sole quelques crevasses, on les répare, en y tassant fortement une certaine quantité de crasses. Les résidus que l'on retire du fourneau à réverbère sont désignés sous le nom de *crasses blanches;* elles contiennent moyennement 40 pour 100 de plomb; elles sont mises à part pour être fondues avec les autres résidus de fonderie.

Produits et consommations. On obtient moyennement 600 kilogrammes de plomb d'œuvre, contenant cent cinquante à cent soixante cent-millièmes d'argent (150 à 160 grammes par 100 kilogrammes), et 300 kilogrammes de crasses blanches. En additionnant la quantité de plomb produit par le fourneau à réverbère, et celui qui reste dans les crasses blanches, on trouve qu'il est de 720 kilogrammes, correspondant à 55,35 pour 100; de sorte qu'il n'y a que 3 pour 100 de perte dans cette opération, encore recueille-t-on quelques cadmies et des débris de sole fort riches en plomb. On consomme environ 45 pieds cubes de bois et six cents fagots. On use en outre sept lames de spadelle, pesant chacune 12 kilogrammes. Dans quelques usines, on remplace le bois par de la houille: il y a de l'avantage à cette substitution, suivant le prix de ce dernier combustible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'opération dure ordinairement seize à dix-sept heures; elle exige donc un poste un quart d'ouvrier, chaque poste étant de douze heures.

Un fourneau à réverbère marche ordinairement douze ou treize mois, sans qu'on soit obligé d'arrêter l'opération; après ce temps, il est ordinairement trop dégradé pour qu'on puisse s'en servir avec avantage.

Fusion du minerai avec addition de fer. Dans l'opération que nous venons de décrire, on a remarqué que la désulfurisation du métal avait été faite seulement par l'action de l'air atmosphérique, qui transforme le sulfure en sulfate. Ce dernier, en réagissant sur le sulfure, met du plomb métallique à nu. Quelquefois, pour séparer plus complètement le soufre que contient la galène, on a fait des additions de chaux et de fer. On emploie ce dernier procédé dans quelques usines, et notamment à Poullaouen en Bretagne, lorsque l'on veut fondre des minerais fort impurs. Cette méthode, introduite par M. de Miremont, exige des fourneaux particuliers, dans lesquels la température soit beaucoup plus élevée que dans les autres, parce que l'on doit obtenir des scories au lieu de crasses; on désigne ces *fourneaux* sous le nom de *viennois* (fig. 10, Pl. 54); ils sont beaucoup plus surbaissés que les autres fourneaux à réverbère, et percés de moins de portes. Le fer est introduit à l'état de vieille ferraille. L'opération marche beaucoup plus vite; elle dure, moyennement, de trois à quatre heures; elle donne du plomb d'œuvre, des mattes et des scories. Deux ouvriers suffisent pour desservir ces fourneaux, qui n'exigent d'autres soins que de chauffer constamment; on prend en outre un manœuvre pour enlever les scories et les mattes, et pour aider au moulage du plomb. La quantité de plomb obtenue est à peu près la même que par l'autre procédé : du minerai contenant 51,15 pour 100 a produit 47,70. La dépense en main-d'œuvre est un peu moins grande, mais celle en combustible excède de quelque chose.

Traitement des résidus de fourneaux. Les *crasses* qui proviennent des fourneaux à réverbère, les *soles* de ces four-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

neaux, les *cadmies* qui se déposent dans les cheminées, les *crasses* qui résultent de la coupellation, dont nous parlerons bientôt, les *fonds de coupelle*, etc., sont des produits qui contiennent tous une grande proportion de plomb; ces résidus, dans lesquels le métal est en grande partie à l'état d'oxide, sont peu fusibles à cause de la grande quantité de substances terreuses qui s'y sont accumulées; on les fond dans des fourneaux à manche, où ils sont en contact avec du charbon. Suivant la plus ou moins grande richesse de ces produits métallurgiques, on se sert de fourneaux plus ou moins élevés, représentés dans les fig. 1, 2, 3, 7, 8 et 9 de la Pl. 54. On ajoute dans cette opération des scories, qui communiquent de la fusibilité au mélange, ou des substances riches en argent, si l'on en a à sa disposition; telles sont les cendres d'orfèvre, etc. Souvent aussi quand les matières plombeuses contiennent du soufre, on ajoute des scories de forge, pour aider leur désulfurisation. Il est difficile de donner des règles générales sur ce travail au fourneau à manche; il dépend entièrement de la nature des produits que l'on doit fondre et de leur abondance. Ne pouvant pas entrer, dans cet article, dans des détails nombreux sur ce sujet, nous indiquerons un exemple particulier, qui pourra être pris pour guide dans les autres cas.

Nous supposerons que les matières soient assez riches et assez fusibles, de sorte qu'on emploiera de préférence le bas-fourneau (fig. 7, 8 et 9), qui a 5 pieds de haut. L'intérieur ayant été réparé, on fait la sole avec un mélange de brasque et d'argile, et l'on construit en briques le devant du fourneau. On chauffe graduellement le fourneau, au moyen de quelques charbons mis dans le creuset et dans l'intérieur: on le remplit alors complètement de charbon, de manière à le chauffer: quand cette première charge est à moitié consummée, on remplit de nouveau le fourneau, et l'on commence à charger avec des matières d'abord très fondantes, pour qu'elles ne courent pas risque de s'attacher sur les parois du fourneau, dont la température n'est pas encore celle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

convenable pour un bon fondage. Quelquefois même ces premières charges se font seulement avec des scories riches. Pendant qu'on prépare ainsi le fourneau, le chef fondeur dispose le lit de fonte par couches successives de différentes substances. Voici un exemple de ces lits de fondage.

1°.	Sur le sol,	une couche de scories plombeuses, pesant.....	600 kil.
2°.	Immédiatement au-dessus,	une couche des premières et dernières litharges.	50
3°.	*Idem*,	de cendres d'orfèvre.....	300
4°.	*Idem*,	de crasses blanches provenant du fourneau à réverbère...	300
5°.	*Idem*,	de fonds de coupelle.....	175
6°.	*Idem*,	d'écumages.....	175
7°.	*Idem*,	de cadmies de différens fourneaux.....	50
8°.	*Idem*,	de débris de soles.....	500
9°.	*Idem*,	de scories de forges	75
10°.	*Idem*,	de scories plombeuses riches.	600

Pour que le mélange chargé dans le fourneau soit homogène, on coupe le lit de fondage en tranches, et on les mêle avec soin.

Dans le commencement du fondage, les parois du bassin de réception n'étant pas assez chaudes, il s'attache à sa surface des couches de scories qu'il faut détacher soigneusement. A mesure que les matières fondent, elles se rendent dans le creuset et s'y rangent d'après leur ordre de pesanteur spécifique. Le plomb occupe toujours la partie inférieure du creuset, tandis que les scories viennent à sa surface. Lorsque les scories sont très fusibles et abondantes, elles s'écoulent continuellement, mais souvent elles se figent à la surface du bain en forme de gâteau, et il faut les enlever avec un ringard, sans quoi elles obstrueraient le devant du fourneau et nuiraient beaucoup à la régularité de sa marche. En même temps que les scories et le plomb coulent dans le creuset, il s'y rend aussi des masses plus ou moins considérables de matières à demi fon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dues qu'il faut avoir soin d'enlever; sans cette précaution, le fourneau s'engorgerait promptement. Ces masses, désignées sous les noms de *bonnets* et de *cochons*, sont fort riches en plomb, et doivent être mises à part, pour être ajoutées dans un autre fondage.

A mesure que le charbon brûle et que les charges s'abaissent, on doit en mettre de nouvelles. Tantôt on jette des couches successives de charbon et de matières à fondre, tantôt on remplit le fourneau de charbon et l'on met la charge par-dessus. La première méthode est souvent préférable; il est cependant des cas où il est nécessaire de mettre de suite une assez grande quantité de charbon dans le fourneau. Suivant la manière dont le fondage se comporte, on augmente la proportion relative de combustible et de matières, on donne plus ou moins de vent et l'on modifie le lit de fondage. Ainsi, il est telle circonstance où il faut ajouter des scories fusibles, et d'autres où il faut retrancher celles qui entrent dans la composition du mélange. Le principal guide que l'on consulte pour connaître la marche du fourneau est le tube de scories qui se fige au-dessus de la tuyère, et que l'on désigne en général par le nom de *nez*. Lorsqu'il est trop long, c'est un signe que le fourneau se refroidit et qu'il n'y a pas assez de charbon sur le devant; lorsqu'il est trop court, le fourneau chauffe trop fort, c'est-à-dire qu'il n'y a pas assez de charge; il faut alors augmenter la proportion de matière que l'on met dans le fourneau. Quelquefois aussi la longueur du nez est modifiée par des circonstances accidentelles, comme des engorgemens dans le fourneau, une inégale répartition de la charge et du charbon, etc. Dans ce cas, la direction de la flamme, l'inégale descente des charges, etc., sont d'autres guides qu'il faut consulter. Une chose qui mérite toute l'attention des ouvriers, c'est que la descente des charges ne soit ni trop lente ni trop prompte; dans le premier cas, il se forme des engorgemens dans le fourneau, il tombe des bonnets dans le creuset; dans le second, les scories sont riches. Avec la composition que j'indique, la longueur du nez doit être de 8 à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

9 pouces. Souvent, malgré le soin que l'on apporte dans la conduite du feu, il s'amasse sur les parois du fourneau des matières qui se solidifient et forment des engorgemens. On tâche de les enlever, soit en dirigeant le vent du côté où l'on présume que ces engorgemens existent, soit en augmentant la quantité de charbon de ce côté. Dans quelques cas, ces moyens ne suffisent pas pour les détruire ; il faut enlever les masses agglutinées en travaillant dans le fourneau ; pour y parvenir, on introduit des ringards par des trous ménagés à cet effet dans le mur qui forme le devant. Quelquefois ces engorgemens sont tellement adhérens au fourneau, et prennent tant d'extension, qu'il faut cesser le fondage et mettre hors.

Lorsque le bain de plomb vient affleurer presque la surface du creuset, on procède à la coulée. Pour cela, on nettoie le bassin de réception et l'on agit ainsi que nous l'avons indiqué en parlant de la fusion des minerais de plomb au fourneau à réverbère. Après avoir laissé purifier le plomb par un repos de masse, et l'avoir nettoyé au moyen de l'écumoire, on le moule en lingots. La quantité de plomb que l'on obtient varie avec la richesse du mélange. Elle est à peu près de 200 kilogrammes par poste de douze heures pour le lit de fonte dont nous avons donné la composition. Pendant ce temps, on consomme 24 ou 25 pannerées de charbon. D'après le relevé que nous avons été à même de faire, on a obtenu sur 29,550 kilogrammes de matières qui ont été passées au fourneau, pendant quatorze jours de travail, et qui contenaient 19 pour 100 de plomb, 4,748 kilogrammes ou 16 pour 100. On a consommé, pour obtenir cette quantité de plomb, 187 barriques de charbon. Le nombre d'ouvriers qui desservent un fourneau est de trois, un chef fondeur et deux aides.

Un fourneau dure moyennement de trois semaines à un mois.

Le plomb que l'on obtient de ces produits métallurgiques est généralement aigre et plus difficile à coupeller que celui produit par les fourneaux à réverbère ; on le met donc à part, et on fait des affinages composés exclusivement de ces plombs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Affinage ou *coupellation*. L'argent que contient le plomb d'œuvre obtenu, soit dans le travail au fourneau à manche, soit dans celui des fourneaux à réverbère, est retiré par une opération que l'on désigne sous les noms d'*affinage* et de *coupellation ;* elle consiste à fondre dans des fourneaux dits de *coupelle* le plomb, et à exposer le bain à un courant d'air qui oxide ce métal et laisse l'argent intact. Nous ne décrirons pas les fourneaux employés à cet usage, parce qu'ils l'ont été dans l'article COUPELLATION, imprimé dans ce Dictionnaire ; nous donnerons seulement le dessin (fig. 11, 12 et 13, Pl. 54) d'un fourneau à coupelles mobiles, employé à Aldston-Moor, dans le Cumberland. On peut enlever le châssis en fer dans lequel la coupelle, composée de cendres d'os, est battue et le remplacer immédiatement par un autre. Dans le fourneau de coupelle donné Pl. 18, qui accompagne l'article COUPELLATION, il n'y a pas de cheminée ; on est maintenant dans l'habitude d'en ajouter, pour éviter qu'il se répande des vapeurs plombeuses, vapeurs qui sont très nuisibles pour la santé des ouvriers.

L'affinage s'exécute de deux manières, soit en mettant immédiatement dans le fourneau tout le plomb qu'on veut coupeller, soit en l'ajoutant successivement. Cette dernière méthode, qui consiste à introduire du plomb à mesure que l'oxide de plomb ou *litharge* s'écoule, exige que la composition de la sole du fourneau de coupelle soit très réfractaire, ce qui fait qu'elle est employée dans peu d'usines. La substance dont on se sert ordinairement est de la cendre parfaitement lessivée, pour en extraire tout l'alcali qu'elle contient. Celle de vigne paraît la meilleure ; on y substitue avec économie de la pierre à chaux que l'on mélange avec de l'argile réfractaire. Il faut avoir soin de bien griller ce mélange, afin que la chaleur n'y produise pas de vides. Lorsqu'il s'en forme, le plomb fondu s'introduit dans la coupelle, la dégrade et fait manquer l'opération. C'est pour la même raison que la coupelle doit être battue avec beaucoup de soin. Quand elle est préparée, on la remplit de lingots de plomb

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(de 10,000 à 12,000 kilogrammes), en les plaçant à côté les uns des autres, de manière à perdre le moins de place possible. On baisse alors le chapeau, et après l'avoir luté tout autour, on allume le feu. Au commencement on se sert de broussailles qui donnent un feu clair et sèchent la coupelle dont on voit l'humidité sortir de tous côtés. Après neuf à dix heures de mise en feu, tout le plomb est fondu; il se recouvre alors d'une grande quantité d'écumages ou *abstrieks* que l'on enlève avec soin, afin qu'ils entraînent le moins possible de plomb riche. On les met de côté pour être ajoutés à la fusion des matières plombeuses traitées au fourneau à manche. Quand le bain de plomb est net, on donne le vent: l'oxidation du plomb commence, et bientôt on voit se former les premières litharges. Celles-ci, entraînant toujours avec elles une certaine quantité de plomb, sont mises à part pour être fondues. La litharge coule par une rigole placée à l'extrémité opposée du diamètre de la tuyère, de manière qu'elle soit dirigée vers ce point. L'affineur, armé d'un long crochet en fer, portant une espèce de couteau à son extrémité, regarde continuellement le bain de plomb et la rigole. Il veille à ce que la litharge coule continuellement, et qu'elle n'entraîne pas de plomb avec elle. Pour cela, il creuse la voie de litharge avec l'extrémité coupante de son crochet, ou il l'exhausse en y mettant une petite quantité de cendres. Il laisse la litharge s'accumuler sur le devant du fourneau et se refroidir lentement, pour que sa couleur soit rouge. Cette litharge est livrée directement au commerce ou est transformée en plomb marchand. Vers la fin de l'opération, la conduite devient plus difficile, et de crainte de perdre du plomb, qui alors est très riche, les dernières parties de litharges sont mises à part pour être ajoutées à un lit de fondage du fourneau à manche. Enfin, il arrive un moment où l'argent n'est plus recouvert que d'une pellicule de litharge; bientôt après, elle s'écarte et l'argent se découvre. Sa surface éclatante et non oxidée réfléchit alors le feu avec vivacité, et l'on voit ce qu'on appelle l'*éclair*. On laisse alors le feu s'affaiblir de lui-même. Quand on juge que l'argent est assez refroidi, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jette de l'eau dans le fourneau pour rendre le refroidissement complet, et l'on tire le gâteau d'argent. On le nettoie, on le pèse et on l'envoie à l'atelier de raffinage, où il doit être soumis à une nouvelle opération, pour le porter au degré de pureté convenable. Au sortir du fourneau de coupelle, il contient environ dix-neuf vingtièmes de fin.

Un affinage dure de cinquante-cinq à soixante heures. Trois affinages dans lesquels on a coupellé 32,961 kilogrammes de plomb d'œuvre, contenant, d'après l'essai, 45k,597 d'argent, ont donné 45,599. Ainsi, on voit que le produit en grand a surpassé celui qu'on devait obtenir d'après l'essai. Quant au produit en plomb et en substances plombeuses, il a été de

1°.	31,100 kil. de litharge contenant.	28,890 kil. de plomb;
2°.	740 kil. d'écumages contenant.	518
3°.	5,190 de pierres de coupelle, contenant.....	803
	TOTAL.....	30,211.

La perte dans l'affinage a donc été de 2,750 kilogrammes de plomb, ou à peu près de 6,60 pour 100.

On doit ajouter en outre, à cette perte, celle qui résulte de la fonte des crasses et de celle des litharges, perte qui n'existerait pas sans l'opération de l'affinage; elle est à peu près de 3 pour 100, ce qui porte la perte totale à 9,60 pour 100.

La consommation en combustible a été 1,068 pieds cubes de bois et 1,340 fagots.

Réduction des litharges, ou revivification du plomb. On donne ces deux noms à l'opération qui a pour but d'extraire le plomb des litharges produites par l'affinage. Cette désoxidation s'exécute, soit dans des fourneaux à réverbère, soit dans des petits fourneaux désignés sous le nom de *fourneaux écossais*, et dont nous donnons un dessin (fig. 4, 5 et 6, Pl. 54). La première méthode étant la plus généralement employée, nous la décrirons seule. Dans les usines où l'on fait la revivi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fication dans des fourneaux à réverbère, on est dans l'habitude de l'exécuter à la fin de la campagne, et l'on se sert des mêmes fourneaux qui ont servi au traitement de la galène. La quantité de litharge que l'on met dans le fourneau varie entre 2,500 kilogrammes et 3,000. On mélange la litharge avec de la poussière de charbon, puis on la charge dans le fourneau, en ayant soin de la jeter sur les deux côtés et vers le fond, afin de ne pas obstruer le bassin dans lequel le plomb doit se rendre à mesure qu'il fond. Quand la charge est terminée, le maître fondeur place des petites bûches dans le bassin du fourneau, afin d'en élever la température; il en met également sur les côtés, pour empêcher la litharge de couler vers le milieu; il ferme ensuite les portes. Une demi-heure après, les aides fondeurs brassent la matière; ils travaillent en même temps aux deux portes de côté; le chef fondeur les remplace bientôt, et il brasse par la porte du milieu la litharge placée au fond du fourneau. Les ouvriers ajoutent, en même temps et suivant le besoin, de la poussière de charbon destinée à désoxider la litharge, et des fagots pour tenir la température assez élevée. Au bout de deux heures environ, il s'est accumulé une assez grande quantité de plomb dans le bassin et l'on fait la première coulée. Après avoir bouché le trou de la coulée avec un tampon d'argile, les ouvriers continuent à brasser les matières, de manière à bien mélanger le charbon avec la litharge et à exprimer le plomb métallique qui coule continuellement. Après trois heures environ, l'opération est terminée; il ne reste plus que des crasses dont on ne peut plus, par ce procédé, retirer avec économie le plomb qu'elles contiennent. On enlève alors ces crasses, qui sont envoyées au fourneau à manche pour être fondues avec les autres produits plombeux. Après avoir laissé refroidir le fourneau pendant une heure, on commence une nouvelle opération. On est dans l'habitude, quand cette seconde opération est terminée, de laisser refroidir le fourneau jusqu'au lendemain matin.

Nous avons vu fondre dans une quinzaine, et en trente charges, 148,500 kilogrammes de litharges. Cette quantité a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donné 120,362 kilogr. de plomb métallique, et 15,360 kilogr. de crasses de litharges, contenant à peu près 50 pour 100 en plomb; d'où il résulte que la perte dans la reconversion serait de 3 à 4 pour 100, la litharge contenant 0,90 de plomb.

Fonte des minerais de plomb au fourneau à manche. Nous avons annoncé qu'on ne traitait ordinairement le minerai de plomb au fourneau à manche, que lorsqu'on y ajoutait des minerais argentifères. Pour donner une idée de cette opération, nous allons indiquer brièvement en quoi elle consiste : la galène doit d'abord être grillée pour lui enlever la plus grande partie du soufre qu'elle contient et la transformer en partie à l'état d'oxide. Ce grillage s'opère quelquefois en plein air; il vaut mieux l'exécuter dans des fourneaux destinés spécialement à cet usage. Ceux employés actuellement à Freyberg sont des fours à réverbère à peu près aussi larges que longs; ils ont 6 pieds sur 5; leur coupe, au-dessus du pont de la chauffe, présente la figure d'un arc de cercle d'un rayon très grand. On grille, dans ces fourneaux, 4 quintaux à la fois. On commence par donner un feu gradué que l'on augmente tant que la grille n'est pas couverte de combustible jusqu'à la hauteur du pont et que le minerai n'est pas rouge. Une heure et demie environ après la mise au feu, on laisse tomber le feu. Le travail consiste à favoriser le grillage en retournant le minerai plusieurs fois, de manière à exposer toutes ses parties à l'action de la flamme; quand on voit le soufre brûler, il faut favoriser cette action en donnant un courant d'air. Le grillage est ordinairement terminé au bout de quatre heures; on retire alors le minerai pour le mélanger avec les autres substances qu'on veut y ajouter.

Les fourneaux dont on se sert pour la fusion ont moyennement 10 à 12 pieds de haut; leur forme est celle représentée par les figures 1, 2 et 3, Pl. 54. Ils sont surmontés d'une ou plusieurs chambres pour la condensation des poussières. Le lit de fusion varie beaucoup suivant la richesse des minerais d'argent que l'on traite, parce que l'on cherche toujours à avoir un plomb d'une richesse moyenne; en outre, on fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des changemens au mélange pendant la fusion, suivant que la manière dont se comporte l'opération l'exige. Dans l'usine de Halsbrücke, aux environs de Freyberg, on mélange ensemble de la galène grillée, des minerais plombifères, des minerais d'argent et de cuivre, et différens produits de fourneaux. Dans une fonte qui a duré trois semaines, on a passé dans trois fourneaux les quantités suivantes :

721 quintaux de galène ;
423 quintaux de minerais plombifères ;
402 quintaux de minerais maigres ;
20 de minerais de cuivre ;
720 de mattes crues ;
460 de litharges ;
127 de fonds de coupelles ;
90 de crasses ;
228 de scories riches.

On a obtenu 889 quintaux de plomb d'œuvre, 270 quintaux de mattes de plomb, 90 quintaux de crasses et 1992 quintaux de scories. La quantité de plomb qui aurait dû être produite, d'après la teneur des différentes substances qui ont été fondues, est de 904 quintaux; d'où il suit que la perte, pendant cette opération, a été de 15 quintaux, environ 2 pour 100.

La conduite de l'opération est fort simple ; elle consiste à charger du minerai et du charbon dans le fourneau à mesure qu'il se vide. Les substances plombeuses ne s'ajoutent pas cependant indifféremment à toutes les époques de l'opération. Le fondeur se guide, pour leur répartition, d'après la marche du fourneau qu'il observe souvent au nez, surtout avant la coulée. Il ajoute ordinairement, à cette époque, une certaine quantité de litharge qui arrive réduite dans le creuset, un instant après la mise dans le fourneau.

La coulée a lieu trois fois par vingt-quatre heures. On obtient dans un bassin inférieur du plomb d'œuvre et des mattes de plomb. Les scories sont enlevées avec un râble, lorsque les matières sont encore dans le creuset supérieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les mattes que l'on obtient dans une première fonte sont encore très riches en argent et en plomb. Avant de les griller, on les repasse au fourneau pour les appauvrir. Une certaine quantité est ajoutée avec le minerai, ainsi que nous venons de le dire plus haut. Le reste est fondu dans une opération particulière, analogue à celle que nous avons indiquée pour la fonte des produits obtenus dans le travail au fourneau à réverbère. Quant aux plombs d'œuvre, ils sont affinés.

Suivant les localités, on consomme dans le travail au fourneau à manche du charbon de bois ou de la houille; dans les environs de Freyberg, on emploie ordinairement ce dernier combustible.

Essais et analyses des minerais de plomb et des produits qui résultent du traitement de ce métal. Les seuls minerais de plomb qu'on ait à essayer sont les carbonates et les sulfures. Pour obtenir le plomb des carbonates, il suffit, quand ils sont très purs, de les fondre dans un creuset brasqué; mais comme ils sont toujours mélangés d'une petite quantité de gangue, il convient d'y ajouter une demi-partie de flux noir. Quant à l'essai des sulfures, on peut le faire de deux façons, soit en le réduisant à l'état d'oxide par le grillage préliminaire, soit en y ajoutant un corps qui ait plus d'affinité pour le soufre que le plomb. Le premier mode d'essai, le plus anciennement employé, est maintenant peu en usage, parce que le grillage est une opération longue et qui demande beaucoup de soin. On se sert presque exclusivement de l'essai par le fer; il est de beaucoup préférable à tous les autres, surtout quand la galène à essayer est presque pure: dans le cas contraire, il faut y ajouter une certaine quantité de flux qui dépend de la richesse présumée du minerai. Le but de cette addition est d'aider la fusion des substances étrangères sans qu'elles soient obligées d'absorber une certaine quantité d'oxide de plomb.

Le fer que l'on emploie doit être propre et non oxidé; pour pouvoir le mélanger plus intimement avec la galène, on doit se servir de préférence de limaille de fer. Il suffit de 0,33 de fer pour absorber le soufre que contient la galène; mais on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut porter la proportion jusqu'à 0,40 sans inconvénient. Quand on dépasse ce terme, la matte de fer qu'on obtient, contenant trop peu de soufre, perd de sa fluidité et le plomb s'en sépare moins facilement; néanmoins, elle est toujours homogène. Si l'on ne mettait pas assez de fer, la matte serait plombeuse et la quantité de plomb serait d'autant moindre que la proportion de fer serait plus petite.

L'analyse des carbonates et des sulfures purs est extrêmement simple. Il suffit de les dissoudre dans de l'acide nitrique faible : le plomb est dissous, et l'on peut le doser à l'état de sulfate en versant de l'acide sulfurique dans la liqueur ; mais il est fort rare que les minerais de plomb soient purs, ainsi que nous le supposons, et dans ce cas leur analyse est plus compliquée. Supposons, par exemple, que la galène soit accompagnée, ainsi qu'il arrive fréquemment, d'une certaine quantité de sulfure de zinc, de sulfure de fer, de sulfure de cuivre, de quartz, d'argile et de sulfate de baryte. On attaquera ce minerai par l'acide nitrique faible, en ayant soin de chauffer très légèrement, pour qu'il se forme le moins possible de sulfate. Quand l'attaque est complète, on filtre la liqueur. On divise par ce moyen le minerai à analyser en deux parties. Une à l'état liquide, contient le plomb, le zinc, le cuivre et le fer; l'autre, qui forme le résidu, est composée du quartz, de l'argile, du sulfate de baryte, d'une petite quantité de sulfate de plomb qui s'est produite par l'action de l'acide nitrique sur le minerai et du soufre. Pour séparer les différentes substances qui existent dans la liqueur, on y versera d'abord de l'acide sulfurique qui précipitera le plomb à l'état de sulfate ; on filtrera de nouveau la liqueur, et l'on pèsera le sulfate de plomb après l'avoir fait dessécher fortement. Le poids du sulfate de plomb indiquera la quantité de plomb qui avait été dissoute, attendu que l'on sait que 100 de sulfate de plomb correspondent à 68,29 de métal ou à 73,56 d'oxide. Pour précipiter le fer, on ajoutera à la liqueur de l'ammoniaque en excès qui redissoudra le cuivre et le zinc. Enfin, pour séparer ces deux métaux, on décompose les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ammoniures de cuivre et de zinc, en évaporant la liqueur à siccité. Pour que la décomposition soit complète, il faut ajouter un peu de sous-carbonate de soude ou de potasse ; on obtient par ce moyen les oxides de cuivre et de zinc que l'on pèse ensemble. Connaissant le poids de ces oxides, on les redissout dans un acide et l'on précipite le cuivre, soit au moyen d'une lame de fer, soit en ajoutant dans la liqueur de la potasse caustique qui redissoudra le zinc. Afin que la dissolution du cuivre soit complète, il est nécessaire d'ajouter de la potasse à plusieurs reprises sur l'oxide de cuivre précipité.

Procédons maintenant à l'analyse du résidu composé, ainsi que nous l'avons dit, de soufre, de sulfate de plomb, de sulfate de baryte, d'argile et de quartz. On le séchera à une température douce, et, après en avoir pris le poids, on le chauffera de manière à brûler tout le soufre : la différence de poids indiquera la quantité de soufre que contenait le résidu. On le fera bouillir ensuite avec du carbonate de soude ou de potasse, de manière à décomposer les sulfates. Il se formera alors du sulfate de soude et du carbonate de plomb et de baryte. En filtrant et lavant avec soin, on isolera le sulfate de soude du résidu contenant les deux carbonates, le quartz et l'argile. On dosera l'acide sulfurique en versant un peu de nitrate de plomb dans la liqueur. Quant au nouveau résidu, on le fera digérer dans l'acide nitrique, qui dissoudra la baryte et le plomb ; on précipitera cette dernière substance par l'acide hydrosulfurique, et la baryte par l'acide sulfurique. Comme on ne peut pas doser le plomb à l'état de sulfure, il faudra le dissoudre dans l'acide nitrique et le précipiter de nouveau par l'acide sulfurique. Enfin pour séparer le quartz de l'argile, il faudra attaquer ce résidu par la potasse caustique dans un creuset d'argent. Quand l'attaque sera terminée, on fera digérer de l'acide muriatique qui dissoudra le tout. Pour séparer la silice de l'alumine, il suffira alors d'évaporer la liqueur à siccité, de manière à décomposer le muriate de silice.

Les produits des fourneaux les plus habituels contiennent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du plomb, du cuivre, de l'antimoine, du fer, du zinc et des terres, comme silice, chaux, alumine. La composition de ces produits est analogue à celle du minerai, à l'exception de l'antimoine qui y existe en grande abondance. La dissolution dans l'acide nitrique pur et concentré suffira pour séparer l'antimoine de toutes les autres substances, l'acide nitrique ayant la propriété de transformer ce métal en un oxide insoluble dans cet acide. Si la silice n'était pas entièrement attaquée par l'acide, on pourrait séparer la partie mélangée avec l'oxide d'antimoine; au moyen d'acide hydrochlorique concentré qui dissoudrait complètement l'antimoine. Lorsque le plomb est mélangé avec de l'étain, on peut le séparer par l'acide hydrochlorique qui est le véritable dissolvant de l'étain; mais lorsque ces deux métaux sont alliés, comme dans beaucoup de produits d'Arts, le plomb est alors dissous en partie par l'acide hydrochlorique : dans ce cas, on les sépare par un hydrosulfate alcalin. D.

PLOMB GRANULÉ, PLOMB GRENAILLÉ ou PLOMB DE CHASSE. Noms par lesquels on désigne les grains de plomb arrondis dont on se sert pour la chasse Le procédé par lequel on communique au plomb la propriété de se réduire ainsi en petits grains sphériques a été pendant long-temps un secret. Maintenant encore il est peu connu, et il n'existe que quelques établissemens où il soit exécuté. Il serait à désirer qu'il fût plus répandu dans les usines à plomb, parce que c'est un moyen de faire passer dans le commerce les *plombs aigres* qui restent dans les fonderies, et qui éprouveraient beaucoup de déchet pour être convertis en *plomb doux*.

Le plomb acquiert la propriété de se granuler par l'addition d'une certaine quantité d'arsenic. On fait tomber dans l'eau les globules de plomb à mesure qu'ils se forment, pour les isoler. On conçoit que, suivant la hauteur de la chute, ils sont plus ou moins solidifiés en entrant dans l'eau, et que le choc qu'ils éprouvent les déforme plus ou moins; aussi, un grand perfectionnement apporté depuis quarante ans dans cette fabrication est de l'exécuter à de grandes hauteurs. On se sert

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec avantage, pour cet usage, des puits des mines et des tours abandonnées. La première usine de ce genre qui a été établie en France a été construite à Paris, dans la tour Saint-Jacques-de-la-Boucherie.

Les grenailles de plomb que l'on obtient par l'alliage de ce métal avec l'arsenic sont ordinairement de dimensions différentes; il faut les classer de grosseur, séparer ceux qui sont imparfaits, enfin les ébarber et les lustrer. Nous allons indiquer successivement ces différentes opérations, au nombre de cinq.

Formation du bain de fonte. Suivant la nature du plomb que l'on emploie, la quantité d'arsenic à ajouter varie beaucoup. Cette proportion n'est pas encore bien connue dans la fabrication du plomb de chasse : on sait seulement que plus le plomb est aigre, plus il faut ajouter d'arsenic. D'après les renseignemens que j'ai recueillis, elle paraît être seulement à peu près de 3 kilogrammes par millier métrique de plomb doux, et elle s'élève jusqu'à 8 kilogr. pour le plomb aigre. Ce résultat d'expérience est contraire à l'opinion généralement reçue que les plombs aigres sont plus faciles à granuler. On les emploie de préférence à cet usage, il est vrai, mais seulement parce que c'est une manière avantageuse de les verser dans le commerce. Le mélange d'arsenic se fait de deux manières, soit en préparant immédiatement du plomb très chargé d'arsenic, et ajoutant ensuite une certaine quantité de cette composition dans le plomb que l'on veut granuler, soit en faisant le bain à chaque fonte. La première méthode est employée principalement dans les établissemens où l'on refond des vieux plombs, la seconde dans les usines où l'on destine à cet usage les plombs aigres. L'ouvrier n'est guidé dans le mélange qu'il doit faire, que par des tâtonnemens qui consistent à examiner la forme du grain. Si les grains sont *lenticulaires,* la proportion d'arsenic est trop grande. Elle est au contraire trop faible, si les grains sont aplatis d'un côté, et qu'ils présentent un creux dans le milieu, forme que les ouvriers désignent sous le nom de la *coupe* : enfin, lorsque la quantité d'arsenic est beaucoup trop

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faible, les grains s'allongent davantage, ils ont encore un creux vers le milieu, et ils forment alors *la queue*.

La première méthode est ainsi décrite dans le brevet d'importation obtenu par MM. Akerman et Martin (1) : « Faites » fondre un mille de plomb doux. Lorsqu'il est fondu, il faut » semer dans la chaudière de fer où il est, mais seulement » autour des bords, ayant soin de laisser le centre bien net, » environ deux pelletées de cendre ou de terre, après quoi » il faut mettre dans la partie du milieu, non couverte de » cendre, vingt livres d'arsenic pour être amalgamées avec le » plomb ; couvrir la chaudière avec un couvercle de fer, fer- » mer ce couvercle hermétiquement avec du mortier ou ci- » ment, pour empêcher l'évaporation de l'arsenic, et faire » ensuite un bon feu sous la chaudière pendant trois ou quatre » heures ; après quoi coulez le tout dans des moules ou lin- » gots, ayant eu soin avant de le couler, de le bien écumer » pour retirer la cendre mise sur les bords du plomb fondu.

» Après avoir ainsi préparé la composition, on fond un » mille de plomb doux dans une chaudière de fer, et on y » ajoute un lingot. Quand le tout est fondu et mêlé, on en » prend avec une écumoire, et on laisse tomber quelques » gouttes dans l'eau : si elles ne sont pas globulaires, il faut » y ajouter une nouvelle quantité du mélange. »

Quand on opère avec du plomb aigre (2), on ajoute, ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'arsenic peu à peu dans le plomb fondu. L'arsenic est mis souvent à l'état de sulfure

---

(1) T. I, vol. in-4°, pages 154 et 155, contenant la description des machines et procédés spécifiés dans les brevets d'invention, de perfectionnement et d'exportation, dont la durée est expirée. Chez Mme Huzard.

(2) Les plombs aigres que l'on obtient dans les usines doivent principalement cette propriété à une certaine quantité d'antimoine qui existait dans le minerai et qui s'est concentrée dans les plombs provenant de résidu d'opération. Les plombs qui sont aigres par un mélange d'étain, comme ceux contenant beaucoup de soudure, doivent être rejetés avec soin, parce qu'ils donnent à la granulation des aiguilles allongées. On ajoute alors, comme correctif, du muriate d'ammoniaque.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(orpiment), parce qu'il coûte moins. La quantité de plomb que l'on fond à la fois varie entre 2000 et 2400 kilogrammes. La chaudière dont on se sert est en fonte ; elle est placée sur un fourneau qui l'entoure de tous côtés. On chauffe graduellement jusqu'à parfaite fusion ; on a soin de recouvrir la surface du plomb d'une couche de cendre et de poussière de charbon, dont le but est à la fois d'empêcher le plomb de s'oxider, et de réduire l'oxide formé. On brasse de temps en temps le bain pour le rendre homogène, et pour exprimer en même temps le plomb métallique que les crasses peuvent retenir. On enlève ensuite au moyen d'une écumoire les crasses et les cendres qui sont à la surface du bain ; c'est à cette époque que l'on y projette le sulfure d'arsenic, en ayant soin de bien brasser la matière à chaque addition. La surface du plomb se recouvre d'une crasse que l'on enlève d'abord ; les dernières formées, qui sont blanches, poreuses, à demi fluides et que l'on désigne dans les usines sous le nom de *crème,* servent à faire le *filtre* à travers lequel il faut que le plomb s'écoule pour se granuler. On ne pourrait parvenir à ce résultat, si l'on versait simplement le plomb dans une passoire ; il se formerait alors des grains très allongés, presque aucun ne serait sphérique. Il faut pour réussir que la passoire soit garnie intérieurement d'une matière poreuse qui puisse s'appliquer exactement contre ses parois, et conserver à la température du plomb fondu une tenacité telle, qu'à chaque instant ce dernier ne puisse traverser les pores avec ni trop ni trop peu de vitesse, de sorte que le plomb se divise en gouttes, et qu'à sa sortie du filtre il puisse se grenailler. La composition du filtre est regardée par les ouvriers comme une chose très importante, et ils en font presque toujours un secret.

Granulage du plomb. Les passoires dont on se sert sont des demi-sphères en tôle de $0^m,25$ de diamètre, percées de trous qui doivent être parfaitement ronds et sans bavures. Les trous d'une passoire sont égaux ; on a des passoires de différens calibres, suivant la grosseur des grains que l'on veut obtenir, grosseurs que l'on divise en dix, depuis le n° 0, qui est le plus gros, jusqu'au n° 9, qui est le plus petit. Pour ob-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tenir ces différens numéros, les trous des passoires ont à peu près les diamètres suivans :

Pour le n° 0	$0^m,0050$
n° 1	0 ,0045
n° 2	0 ,0040
n° 3	0 ,0035
n° 4	0 ,0030.

Depuis le n° 4 jusqu'au n° 9, le diamètre décroît d'une manière insensible ; il est de $0^m,0007$ pour le plomb de ce dernier échantillon.

Le travail s'exécute toujours dans trois passoires à la fois ; on les place sur des grilles saillantes d'une espèce de réchaud en tôle, en forme de triangle. Ce réchaud doit être placé immédiatement au-dessus de la chute ; au bas se trouve une cuve à demi pleine d'eau destinée à recevoir le plomb granulé, à mesure qu'il se forme. Les passoires ne sont pas contiguës, elles sont séparées par du charbon allumé qui entretient continuellement le plomb à la température convenable, et empêche la matière de se figer dans le filtre. La température du bain doit varier avec la grosseur des grains : pour les plus gros, elle doit être telle, qu'un tuyau de paille que l'on plonge dans le bain se roussisse à peine. Il faut apporter le plus grand soin à conserver au plomb la température convenable ; car s'il était trop froid, il ne pourrait couler, et les grains se déformeraient en arrivant dans l'eau si la température du plomb était trop élevée.

La hauteur dont il faut laisser tomber les gouttelettes de plomb varie également avec la grosseur du grain, la congélation du plomb étant d'autant plus rapide que les grains sont plus petits. Avec une chute de 30 mètres, on peut faire depuis le n° 4 jusqu'au n° 9 ; il en faut une de près de 50, pour les plus forts échantillons.

Tout étant ainsi préparé, l'ouvrier met le filtre dans la passoire, en ayant soin de le presser contre les parois. Il y verse ensuite du plomb au moyen d'une cuiller en fer. Il ne doit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas en mettre une trop grande quantité ; car si la pression était trop forte, le métal, au lieu de s'imbiber dans le filtre et de tomber lentement, sortirait avec vitesse et ne donnerait que des aiguilles.

Mise d'échantillon. Les grains qui se forment en traversant les trous d'une même passoire ne sont pas tous égaux. Il paraît que le centre étant moins chaud, donne des grains de plus fort échantillon que les côtés de la passoire, constamment entourés de charbon. Souvent, en outre, les trois passoires dont on se sert à la fois ne sont pas de même calibre, de sorte que la cuve renferme des grains de presque tous les numéros. Pour les séparer, on se sert de *cribles* ou *tamis* rectangulaires de $0^m,25$ de large sur $0^m,45$ de long ; leur fond, formé d'une plaque de tôle mince, est percé de trous de même diamètre que ceux des passoires. Ces cribles sont suspendus au moyen de deux courroies au-dessus d'une caisse destinée à recevoir les grains qui passent à travers les cribles. On en met ordinairement deux au-dessus l'un de l'autre ; ils doivent être de numéros qui se suivent, comme 1 et 2. On met des grains de plomb sur le crible supérieur, et on les agite. Le n° 0 reste alors sur ce crible, le n° 1 sur le crible inférieur, et tous les autres numéros se réunissent dans la caisse. On conçoit qu'en substituant successivement des cribles de différentes dimensions, on parvienne à classer très facilement tout le plomb granulé suivant sa grosseur.

Triage. Dans l'opération précédente, on a séparé les grains suivant leur grosseur ; il reste encore à isoler ceux qui ne sont pas ronds, ou qui présentent quelques défauts Pour arriver à ce but, on se sert d'une planche longue de $0^m,65$ à $0^m,70$, sur $0^m,40$ de large, et ayant des rebords ; on y place une poignée ou deux de plomb à trier, on incline très légèrement la planche, et en lui donnant un petit mouvement d'oscillation dans le sens horizontal, les grains ronds glissent dans une case destinée à les recevoir, tandis que ceux qui ont des défauts restent sur la planche, et sont mis à part pour être refondus.

Rodage et lustrage. Après ce triage, il existe encore beaucoup de grains présentant de légères aspérités ; on les enlève

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen du rodage, opération qui s'exécute en même temps que celle qui a pour but de donner au plomb de chasse un beau poli. On se sert pour cet usage du *rodoir*, petit tonneau octogonal sur la paroi latérale duquel est pratiquée une porte pour faire entrer et sortir le plomb. Il est traversé d'un axe horizontal en fer, portant à ses extrémités des manivelles opposées, tournant dans des boîtes en cuivre. On ajoute dans le rodoir une certaine quantité de graphite (carbure de fer) en poudre, et on la tourne jusqu'à ce que le plomb ait acquis le degré de poli et de lustre convenable pour être livré au commerce.

Dépense. Dans une usine que nous avons visitée, on évalue les frais de fabrication pour un millier métrique, à peu près de la manière suivante :

1°. Orpiment (4 kilogrammes).....	12 fr.
2°. Main-d'œuvre.....	15
3°. Bois (un tiers de corde).....	7
4°. Graphite.....	1
	35 fr.

Il faut ajouter à cette somme la réparation des outils, l'entretien de l'établissement; enfin, une perte de 2 pour 100 du plomb employé. D.

PLOMBAGINE (*Arts chimiques*). On désigne sous ce nom un composé de charbon et de fer, que l'on rencontre dans la nature, ordinairement dans les terrains primitifs, rarement dans les montagnes de transition. Elle a reçu successivement les dénominations de *mine de plomb*, de *fer carburé*, et de *graphite;* elle existe ordinairement sous la forme de rognons, quelquefois sous celles de lames ou de feuillets; M. Manthey, minéralogiste, l'a trouvée au Groenland, pour la première fois, en cristaux hexaédriques. La plombagine est d'une couleur grise sombre, avec brillant métallique; sa surface est lisse, comme grasse et onctueuse au toucher, sa cassure grenue; elle tache les doigts, et laisse sur le papier blanc des traces de sa couleur, que le frottement d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

morceau de gomme élastique ou *caoutchouc* fait aisément disparaître ; frottée sur la porcelaine, elle y laisse des traces grises, qui servent à la distinguer du molybdène sulfuré, dont les traces sur la même matière sont d'un vert sale. La densité de la plombagine varie de 2,08 à 2,45. Elle est d'une combustion difficile, si ce n'est à un feu soutenu de chalumeau. Les analyses qu'on en a faites donnent, pour la moyenne, 0,92 de charbon, et 0,8 de fer.

On emploie la plombagine à plusieurs usages. Mêlée en poudre fine avec de l'huile, on en fait un enduit pour recouvrir les ouvrages en fer ou en fonte, et les préserver de la rouille. On en forme, avec la graisse, une espèce de pommade propre à adoucir les frottemens dans les machines à rouage. On l'emploie, réduite en poussière et pétrie avec de l'argile, à la fabrication de creusets très réfractaires, utiles pour quelques expériences de Chimie, et surtout aux fondeurs en cuivre, à cause de leur résistance aux alternatives de la chaleur et du froid. On se sert encore de plombagine, sous la dénomination impropre de *plomb de mer*, pour vernisser le plomb de chasse, que l'on fait tourner dans des tonneaux avec cette matière en partie en poudre, et partie en petits morceaux. On donne ainsi aux grains de plomb, surtout lorsque le mouvement n'est point trop prolongé, un aspect très brillant. Le principal et le plus important usage de la plombagine est de servir comme crayon : celle d'Angleterre, qu'on exploite dans le Cumberland, est la plus estimée sous ce rapport, et forme les meilleurs crayons que l'on connaisse. Pour les fabriquer, on ne fait subir à la plombagine d'autre préparation que de la diviser, au moyen d'une scie, en petites baguettes que l'on enchâsse dans du bois. Ces crayons, qui sont les plus simples, sont très rares et fort chers. Les crayons plus communs sont faits avec la poussière de plombagine d'Angleterre ou d'autres pays, réunie avec de la gomme ou de la gélatine. L'article Crayons de ce Dictionnaire sera consulté avec fruit par ceux qui désireraient des détails sur leur fabrication. L*****R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PLOMBIER-FONTAINIER (*Arts physiques*). Ouvrier qui travaille et façonne le plomb, pour l'employer à différens usages, qui fabrique les pompes, se charge de la conduite des eaux, de la confection des bassins, digues d'étangs, tuyaux de conduite, aqueducs, cascades, puits, etc.

L'art du plombier-fontainier est un de ceux qui exigent le plus de connaissance de Physique, de Mécanique et d'Hydraulique, et qui est pourtant exercé par des hommes privés de toute instruction positive. Quelques procédés dus à l'expérience plutôt qu'au travail, et une routine souvent aveugle, sont les fondemens d'une profession qui, par la multitude des objets qu'elle embrasse et la variété des applications qu'on en fait, suppose un savoir et des études que les artisans sont loin d'avoir. La plupart des sujets auxquels le plombier donne ses soins sont traités dans des articles séparés. (*V.* CONDUITE, POMPE, DIGUE, AQUEDUC, PUITS, etc.) Nous ne nous occuperons donc ici que des généralités de l'art, et de quelques applications spéciales.

Fonte du plomb. Nous ne dirons rien de la construction des FOURNEAUX qui servent à fondre le plomb; ils ne présentent rien de particulier. Une chaudière supportée par des barreaux de fer reçoit l'action d'un feu qui n'a pas besoin d'être bien ardent, puisqu'il suffit d'une température de 260 degrés centigrades pour fondre le plomb. On estime qu'une corde de bois de chêne écorcé et neuf suffit pour fondre 15 mille kilogrammes en dix-huit heures. Souvent on fond ensemble du vieux plomb et du *plomb en saumon;* on met le premier d'abord, et les plus petits morceaux au fond de la chaudière : les saumons sont posés par-dessus. Le vieux plomb refondu étant aigre et cassant, on lui allie au moins son poids de plomb en saumon.

On évite avec soin de ne pas employer du plomb mouillé; on a remarqué que l'eau se réduisant en vapeur, n'acquérait quelquefois une force expansive suffisante pour s'échapper à travers la masse, que lorsqu'elle devenait capable d'exercer une pression de huit à dix atmosphères : en se dégageant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

brusquement, cette vapeur projette le plomb brûlant, et met les ouvriers en danger.

Outre le feu qui est sous la chaudière, on en fait aussi au-dessus, et l'on recouvre ces bûches enflammées par d'autres pièces de plomb. Les charbons rouges qui tombent dans la masse ne sont pas nuisibles ; ils revivifient le métal : seulement, on écume les cendres et les crasses qui surnagent. On a renoncé à purifier le plomb fondu en y jetant de la graisse ou de la résine, à cause de l'odeur désagréable que ces substances répandent. Les *cendrées* fournissent du plomb à la fonte ; on en fait de la LITHARGE, etc.

Le plomb se coule, quand on remarque qu'il commence à s'attacher aux parois de la chaudière. Avant cet instant, il n'est pas assez chaud ; plus tard, il devient aigre, oxidé et cassant. On reconnaît que le degré de chaleur est atteint, en voyant si un morceau de papier qu'on y jette jaunit fortement sans s'enflammer. Il y a deux manières de couler le plomb, en moule et en nappe ou table.

La première consiste à jeter le plomb fondu dans des moules de la forme qu'on veut donner au métal ; les ornemens de cascades, d'Architecture et de Sculpture, où l'on veut éviter la dépense des dorures et des bronzes, se traitent de cette manière. Les tuyaux sont dans le même cas. Il ne nous reste rien de plus à dire sur ce sujet ; les difficultés de l'opération consistent dans la confection des moules. (*V.* FONDEUR, BRONZE, TUYAUX, etc.)

Il y a trois manières de couler le plomb en nappe ou table.

1°. *Plomb coulé sur sable.* Une table faite en madriers de chêne jointifs et épais est inclinée de 12 à 15 lignes par toise, et bordée d'un châssis qu'on nomme *éponge*, ayant environ 1 pied de haut. Quelquefois on double l'éponge intérieurement en tôle, pour que le plomb fondu n'y mette pas le feu. Cette caisse est dressée sur des tréteaux près de la chaudière ; on répand sur sa surface une couche de sable doux et tamisé d'environ 6 pouces d'épais, qu'on humecte et qu'on unit avec une règle nommée *râble* : on fait une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encoche à chacun des bouts du râble, et l'on fait porter le fond de cette encoche sur les bords opposés de la caisse; on promène la règle de champ selon la longueur de la table. Le sable se répand ainsi sous une épaisseur uniforme, laissant un vide d'environ 2 à 3 pouces au-dessous du niveau des bords de la caisse. Il y a une *auge* en tête de la table, pour recevoir le plomb fondu.

Quand on n'opère que sur de petites quantités, le plomb est versé dans l'auge à la cuillère; autrement, il faut établir un tuyau de communication de la chaudière avec l'auge. Dans ce dernier cas, la table doit être plus basse que le fond de la chaudière.

L'auge occupe toute la largeur de la table, et le métal qui y est introduit est versé par un mouvement de bascule, qu'on aide avec un treuil lorsque le poids est considérable. Il faut qu'il y ait plus de plomb qu'il n'est nécessaire pour la nappe qu'on veut obtenir; le surplus, appelé *rejet*, se répand dans une rigole, nommée *fossé*, qu'on pratique dans le sable au bout de la table.

On promène de nouveau le râble sur la surface; mais cette fois les échancrures sont moins profondes que la première, de toute l'épaisseur qu'on veut donner à la nappe. En faisant glisser ce râble sur les éponges avec rapidité, on aplanit la surface. Il faut séparer le métal du fossé avant qu'il soit figé, à cause du retrait produit par le refroidissement, qui pourrait fendre la nappe. On implante, dans le plomb coulant qui remplit le fossé, des *gâches* ou demi-cercles en fer, qui se prennent dans la masse et servent de poignées pour soulever le rejet. Le retrait est évalué à 6 millimètres pour mètre.

Lorsque la feuille est assez refroidie pour le permettre, on l'enlève du moule, en ouvrant un des côtés du châssis, et la roulant sur elle-même. Des leviers, un treuil, sont souvent nécessaires pour cette opération, quand la masse est très lourde. Dans ce cas, on implante une cheville de fer dans le sable, et lorsque le plomb est figé, on la fait sauter; il en résulte un œil qui sert de prise. On laboure ensuite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le sable, on l'unit, on l'aplanit, et l'on recommence à couler.

2°. *Plomb coulé sur pierre.* Sur une table en pierre très unie, et dont les joints sont bouchés avec de la terre glaise, on coule le plomb, en suivant les procédés décrits ci-dessus. Le métal de rejet est reçu dans une lingotière. Ce moyen d'opération est le plus fréquemment employé; mais il ne faut pas que la nappe ait plus de 2 à 3 lignes d'épaisseur, parce que la table se fendrait par l'excès de chaleur qui résulterait d'une trop forte masse de plomb.

3°. *Plomb coulé sur toile.* Sur une planche de dimension suffisante, on tend un drap, qu'on recouvre d'une toile de coutil; on supprime même assez souvent le drap. Les bords sont cloués à ceux de la planche; il faut avoir soin qu'il n'y ait aucun pli : on garnit l'appareil d'un rebord. La toile est graissée de suif ou de résine. On pose la planche sur deux tréteaux, en lui donnant un sixième de pente (33 centimètres pour 2 mètres). On coule le plomb, et on l'étend au râble avec célérité. L'excédant est reçu dans une lingotière. On peut, par ce procédé, se procurer des feuilles de plomb aussi minces qu'on veut.

Mais le *laminage* est beaucoup préférable pour obtenir des feuilles minces, parce que le métal est plus régulièrement étendu et moins cassant, que ses feuilles sont beaucoup plus longues, les pores plus serrés, et le procédé plus économique. (*V.* LAMINOIR.)

Tous ces procédés conviennent, lorsqu'on veut obtenir des nappes de plomb pour garnir les bassins, les réservoirs, les baignoires, pour couvrir les combles, et principalement les FAÎTAGES des toits en ardoises, les NOUES, les tuyaux, les pannes de brisés des toits en mansarde, les chéneaux, etc.

Lorsqu'on doit employer le plomb en nappe, on trace sur la surface, avec le *tire-ligne*, les traits suivant lesquels il faut le découper; on le coupe avec le couteau et la *batte* ronde; après quoi, on façonne, et l'on roule et soude les parties, selon l'objet qu'on a en vue. Ainsi, pour obtenir des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tuyaux d'un calibre donné, on taille une longue bande ayant en largeur trois fois et un septième le diamètre du tuyau, plus le rebord de recouvrement pour la soudure : on roule cette bande sur un mandrin, on aplatit les bords en feuillure, on soude et l'on répare ; enfin, on retire le mandrin. Mais cette manière de faire des tuyaux n'est guère usitée que pour les grands diamètres ; quand le tuyau ne passe pas 2 à 3 pouces de large, on préfère couler le plomb dans un moule, ou le *tirer au banc;* mais nous reviendrons sur cette fabrication en traitant des TUYAUX.

La soudure des plombiers se compose d'un tiers, et même d'un quart d'étain, et le reste en plomb. Cet ALLIAGE fond à une température moins élevée que le plomb, et se coule aisément sur les joints. Plus il y entre d'étain, et plus la soudure se fond facilement, en même temps qu'elle est plus coulante. Ainsi, on établit la proportion d'étain d'après les circonstances où se fait l'opération. Sur les pentes rapides, on met davantage de plomb ; il en faut moins sur les joints fins et serrés. Il y a des *soudures à côtes*, lorsque les joints forment un bourrelet proéminent en longueur ; et des *soudures à nœuds*, comme lorsqu'on réunit deux tuyaux bout à bout.

Pour faire une soudure, on gratte au vif les parties qu'on veut réunir, on chauffe fortement avec des charbons, une torche en paille, etc. ; on saupoudre la place de résine, et l'on y jette de la soudure liquide, en se servant d'une cuillère. Il faut frotter de terre les parties voisines, pour que la soudure qui y arrive s'en détache ensuite aisément. Le fer à souder est conique, ou en coin, selon les cas ; il a un manche qu'on saisit entre deux bouts de bois creusés en gouttière. Ce fer est d'abord chauffé au rouge sur des charbons ardens, et on le passe sur la soudure à plusieurs reprises, en la pétrissant avec de la résine, afin de bien lier la soudure aux bords de la plaie. On enlève ensuite l'excédant de soudure avec un fer.

Les cuvettes et hottes de plomb se taillent sur la nappe ; et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lorsqu'on a dessiné les traits de coupure, d'après la forme et la grandeur qu'on veut donner à l'appareil, on façonne la feuille de découpoir et l'on fait les soudures convenables. Les bords se rabattent ensuite en bourrelet avec un maillet en bois qu'on nomme *boursault*. Le fond de la hotte est percé; on y adapte une pièce appelée *crapaudine* ou *pommelle*, qu'on soude à l'entrée du tuyau de dégorgement.

Les détails que nous venons d'exposer suffisent pour faire connaître les procédés usités dans la plomberie : on comprendra aisément comment on exécute les autres travaux de cet art; comment on place sur la charpente des édifices des CHÉNEAUX en plomb, des couvertures sur les dômes, sur les toitures des églises, des cordons de plomb sur les faîtages, les arêtiers, les noues; comment on double les réservoirs, on soude les robinets, on embranche les tuyaux, on travaille les cascades et jets d'eau, etc. Une multitude d'opérations diverses exigeraient un volume, si l'on voulait en faire la description complète. Ce qui vient d'être dit suffira pour faire comprendre tous les autres procédés de la plomberie, et même pour les deviner, d'après les résultats qu'on en attend. FR.

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

Dans l'art de la NATATION et dans celui de la PÊCHE, on désigne sous le nom de *plongeur*, ceux qui descendent au fond des eaux, soit pour y chercher des objets naufragés, soit pour pêcher des poissons, ou pour en retirer le corail, la nacre de perle, etc. Dans tous ces cas, on emploie assez souvent la CLOCHE DU PLONGEUR. (*V.* ce mot, T. V, page 371.)

Dans l'art du PAPETIER, on donne, dans quelques manufactures, le nom de *plongeur* à l'ouvrier qui puise, avec la forme, la pâte dans la cuve; on le nomme OUVREUR dans la plus grande partie des *papeteries*. Nous avons expliqué ce mot, et fait connaître les travaux de cet ouvrier, au mot OUVREUR. (*V.* T. XV, page 92.) L.

PLOT (*Technologie*). Les horlogers désignent sous le nom de *plot*, un petit massif de laiton, rond ou carré, selon les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

circonstances ou le goût des ouvriers, auquel ils conservent sur le tour, à l'une de ses extrémités, un petit bout de matière cylindrique, qui leur sert à river la masse sur la platine. Ils coupent ensuite à la scie le morceau de laiton, à la hauteur qu'ils veulent donner au *plot*. Ils sont dans l'usage de marquer cette hauteur par un trait profond, qu'ils pratiquent, au tour, sur le morceau de laiton.

Le *plot* est destiné à supporter une pièce qui doit avoir beaucoup de solidité. Celle qui soutient, par exemple, le garde-chaîne doit être inébranlable; elle porte le nom de *plot de garde-chaîne*. Lorsque le *plot* est bien rivé sur la platine et coupé de longueur, on le fend au milieu de sa grosseur, perpendiculairement à la platine et dans la direction du trou de la fusée; on y ajuste le garde-chaîne, que l'on y fixe avec un jeu léger, mais sans ballottement, par une goupille qui traverse le plot et le garde-chaîne, parallèlement à la platine. L.

PLUIE (*Arts physiques*). Nous avons expliqué, en divers lieux de ce Dictionnaire, et particulièrement à l'article Hygrométrie, les causes de la pluie. Lorsque deux courans d'air se mêlent dans les régions atmosphériques, leurs températures inégales déterminent la température du mélange. Les vapeurs d'eau qui s'y trouvent répandues peuvent alors saturer l'espace, parce que la force élastique suit une loi beaucoup plus rapide d'accroissement, que celui des températures. (*V.* l'article Force, T. IX, page 304.) L'eau se précipite alors, et cela avec une abondance d'autant plus considérable, que l'air est plus chaud, que l'espace est plus humide et que l'abaissement de température est plus grand. Aussi remarque-t-on, le plus souvent, qu'il règne plusieurs vents différens lorsque le temps est pluvieux. Comme le changement de pression atmosphérique est un indice que les hautes régions de l'air ont changé d'état, que l'équilibre n'y subsiste plus et que l'agitation y est plus ou moins prononcée, l'abaissement de la colonne barométrique annonce le plus souvent que la vapeur reprend la forme liquide, et que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le temps va devenir pluvieux. L'hygromètre offre aussi d'utiles présages de ce phénomène.

Ce qu'il importe de remarquer ici, c'est que la quantité annuelle des eaux pluviales est constante en un lieu déterminé ; ou, plus exactement, lorsqu'on en mesure le volume pendant un grand nombre d'années, la moyenne n'y varie pas sensiblement : seulement, cette moyenne change avec les localités. On suppose, pour fixer cette mesure, que toutes ces eaux soient réunies au-dessus du sol, sans diminuer par l'évaporation ; et l'on évalue la hauteur qu'aurait cette masse liquide au bout de l'année, ou à toute autre époque déterminée. C'est ainsi qu'on trouve, pour hauteur annuelle, les nombres suivans :

Cap Français.....	308 *centim.*	Milan.....	94 *centim.*
La Grenade.....	284	Liverpool.....	86
Modène.....	249	Manchester.....	84
Calcuta.....	205	Venise.....	81
Kendale (Angleterre).....	156	Lille.....	76
Gênes.....	140	Utrecht.....	73
Charlestow.....	130	Londres, Paris.....	53
Pise.....	124	Pétersbourg.....	46
Naples, Douvres.....	95	Upsal.....	43

M. Arago, par la discussion de cent trente années d'observations, a déterminé qu'à Paris il tombe, par an, en termes moyens, 53,348 centimètres ou 20,45 pouces d'eaux pluviales. Cette quantité varie entre certaines limites d'une année à l'autre, sans beaucoup s'écarter de cette moyenne. Il serait utile de déterminer de pareils nombres en différens lieux ; non-seulement pour multiplier les données nécessaires à la météréologie, et arriver à prévoir, s'il se peut, les années sèches ou humides, mais aussi pour pouvoir calculer les dimensions des citernes et des toitures, lorsqu'on destine ces eaux à la consommation.

Les eaux pluviales sont, en général, les plus pures qu'on puisse se procurer, excepté dans quelques circonstances accidentelles. Nous avons déjà expliqué, au mot CITERNE, l'usage qu'on doit faire de la connaissance du volume annuel des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

eaux pluviales, pour alimenter les contrées où l'eau est rare à la surface terrestre. Il ne nous reste qu'à décrire ici l'appareil dont on se sert pour en mesurer le volume.

Cet instrument, qu'on appelle Odomètre, Hydromètre, est composé d'une espèce d'entonnoir d'environ 2 pieds, ou 6 décimètres de diamètre, plus ou moins, qu'on place sur la toiture d'un bâtiment, ou dans une cour, un jardin, etc., en l'exposant de manière à ne recevoir que les eaux qui y tombent naturellement du ciel. Cet entonnoir a son ouverture entourée d'un rebord d'environ 4 à 5 pouces de hauteur, pour éviter que les gouttes d'eau chassées par le vent ne jaillissent au dehors. Le fond communique, par un tuyau, avec un réservoir fermé, où l'eau se dépose, et qui est muni au bas d'un robinet. L'appareil est représenté Pl. 16, fig. 14 des *Arts physiques*. On mesure, quand on le juge à propos, le volume de l'eau contenue dans le réservoir R, et l'on calcule la hauteur que la colonne doit avoir au-dessus de l'orifice E de l'entonnoir, pour composer le volume dont il s'agit. Voici les élémens de ce calcul.

Soient R le rayon de l'orifice E de l'entonnoir; r celui de la capacité cylindrique d'un vase V qui sert à mesurer l'eau; x la hauteur qu'on veut trouver de la colonne d'eau tombée du ciel après un temps quelconque, h celle du volume d'eau, contenu dans la mesure V, prise pour unité. ϖR^2 et ϖr^2 sont les aires circulaires de l'orifice de l'entonnoir et du vase V, ϖ désignant le rapport $\frac{22}{7}$ de la circonférence au diamètre. (*V.* Cercle.) Ainsi, $\varpi R^2 x$ et $\varpi r^2 h$ sont les volumes d'eau reçue dans l'entonnoir E, et dans l'unité de mesure V. Comme ces volumes sont égaux, on a $R^2 x = r^2 h$, équation qui sert à trouver x, puisque h est connu par l'expérience.

Faisons le rapport des deux rayons (ou des diamètres) $= \alpha = \frac{R}{r}$. Ces rayons sont ici mesurés par une même unité quelconque (pouce, centimètre, ou, etc.), puisqu'ils n'entrent dans le calcul que par leur rapport; il en faut dire autant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de x et de h. On a donc $\alpha^2 x = h$. Supposons que le diamètre du vase cylindrique V qui sert à mesurer le volume d'eau, soit le dixième de celui de l'orifice E de l'entonnoir, en sorte que l'un soit d'autant de millimètres que l'autre a de centimètres ; alors $\alpha = 10$, et l'on a $100x = h$. En faisant $x = 1$ millimètre, on trouve $h = 100$, c'est-à-dire qu'en faisant la hauteur de la mesure de 1 décimètre, et la divisant en centimètres et millimètres, si le liquide remplit entièrement le vase, il est tombé 1 millimètre d'eau pluviale; et les fractions sont données en centièmes de millimètre par les divisions de la hauteur du vase V, depuis le fond jusqu'au niveau où l'eau s'y élève, lorsqu'on la retire du réservoir R. Si l'on a rempli deux fois le vase V, et que le reste de l'eau s'y élève à 76 millimètres, c'est-à-dire si l'on trouve 2 unités et 76 parties, on en conclura qu'il est tombé 2,76 millimètres de pluie.

La forme du réservoir R est arbitraire, parce qu'il ne sert qu'à contenir le liquide jusqu'à ce qu'il soit jaugé ; mais en le faisant cylindrique et y marquant une échelle verticale sur la paroi interne (les graduations h étant données par la formule $\alpha^2 x = h$, où l'on fait $x = 1, 2, 3\ldots$ millimètres), on peut lire directement sur cette échelle le volume d'eau pluviale. Le vase R est clos, afin d'empêcher l'évaporation, mais on laisse en haut un petit trou pour laisser passer l'air, sans quoi il ne pourrait se remplir ni se vider.

Nous exhortons les amateurs de Physique à faire construire, dans leur maison, un hydromètre, et à donner quelque soin à ce genre d'observation. La dépense est très modique, et les expériences sont très faciles à faire. La science peut retirer de grands avantages d'une multitude de résultats obtenus en différens lieux. C'est ainsi qu'on a reconnu que le volume d'eaux moyennes pluviales augmente à mesure qu'on se rapproche de l'équateur, c'est-à-dire à mesure que la température moyenne s'élève, tandis que le nombre des jours pluvieux suit une progression inverse : en sorte que les pluies deviennent plus abondantes quand elles sont moins fré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quentes. La quantité de pluie est plus grande en été qu'en hiver, et dans nos climats, celle qui tombe pendant les mois de juin, juillet et août est d'un volume presque égal à celle du reste de l'année. Il pleut davantage le jour que la nuit. Près du sol, la quantité de pluie est plus grande que lorsqu'on s'élève, en sorte que les gouttes d'eau s'accroissent en tombant à mesure qu'elles traversent des couches atmosphériques plus épaisses. M. Arago a trouvé qu'une différence de niveau de 4 mètres a donné une différence de 11 centimètres d'eau pluviale, sur une quantité de 49 centimètres recueillie à la jauge supérieure. La figure du terrain et la nature des lieux voisins influent beaucoup sur le volume des eaux pluviales. Il ne pleut que rarement en Égypte, et les pluies sont très abondantes en Abyssinie. Dans les pays de montagnes, il tombe plus d'eau que dans les plaines; près des bords de la mer, et par certaines directions de vent, les pluies sont considérables, etc. FR.

PLUMASSIER (*Technologie*). On donne le nom de *plumassier* indifféremment au fabricant qui fait préparer les plumes de certains oiseaux, pour l'ornement de la toilette des hommes et des femmes, et à l'ouvrier qui travaille ces mêmes plumes pour les faire servir aux mêmes usages.

Le *plumassier* recueille et prépare les plumes délicates des oiseaux dont les couleurs sont les plus brillantes, pour les livrer ensuite au brodeur et au fabricant de fleurs artificielles, qui les introduisent dans leurs broderies, et les forment en bouquets et en guirlandes, pour ajouter à l'élégance des habits et des ameublemens, d'après les goûts indiqués par la mode.

Le *plumassier* ne se réserve, pour les travailler selon les règles de son art, que les plumes d'autruche, d'aigrette, de héron, de paon, de cygne, d'oie, de coq, etc.; il les prépare et les dispose pour garnir des chapeaux, des robes, des lits, des dais; il en fait des aigrettes et une infinité d'autres objets. L'ouvrier qui dispose les plumes pour ces usages se nomme *panachier*. Toutes les plumes qui ont beaucoup d'é-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

clat, d'étendue et de finesse sont employées dans un grand nombre de circonstances, quoique l'on préfère en général celles que nous venons de désigner.

Nous ne nous attacherons qu'à indiquer le travail de l'apprêt des plumes d'autruche, les autres étant préparées de la même manière.

On distingue plusieurs qualités dans les plumes d'autruche: celles du mâle sont de la plus grande blancheur et les plus belles. On choisit, de préférence, celles du dos et du dessus des ailes; ensuite viennent celles du bout des ailes, et enfin celles de la queue, qu'on nomme *bouts de queue*.

Le *duvet* n'est autre chose que les plumes qui recouvrent les autres parties du corps, dont la longueur va depuis 108 millimètres jusqu'à 325 à 406 millimètres (4 pouces, jusqu'à 12 et 15). Ce duvet est noir dans les mâles; on le nomme *petit-noir;* il est gris dans les femelles, et prend le nom de *petit-gris* et à *pointe plate*.

Les plus belles plumes blanches des femelles ont toujours le bout des filets grisâtre, ce qui diminue beaucoup leur éclat, et leur fait perdre de leur prix.

Indépendamment de ces plumes, on tire du cou et des cuisses de l'autruche des tuyaux d'une molle consistance comme de la peau, qui contiennent des plumes qui n'ont pas encore acquis toute leur longueur; elles sont réunies à un filet commun, beaucoup plus délié que le tuyau qu'il était destiné à former plus tard. On emploie aussi ces plumes.

Les plumes d'autruche nous sont fournies par le commerce; elles viennent d'Alger, de Tunis, d'Alexandrie, de Madagascar et du Sénégal. Nous les avons inscrites ici dans l'ordre de leurs qualités; les premières sont les plus estimées. Les plumes brutes sont livrées par malles ou bottes de cent plumes.

Apprêts. On délie les bottes; parmi les plumes de première qualité, on tire celles qui sont renfermées dans les tuyaux de molle consistance, on les *détire*, c'est-à-dire qu'on étend les franges; on les met les unes sur les autres, on les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

frotte soigneusement avec la paume de la main, afin de bien détacher les filets, et que la plume soit à proportion autant renflée que les grandes plumes à tuyaux, pour lesquelles cette préparation est inutile.

On attache les plumes une à une avec un même bout de ficelle, en les séparant l'une de l'autre par un double nœud : on en met vingt-cinq sur chaque bout de ficelle, qui prend alors le nom de *filet*. Le filet qui porte les *bouts de queue* en contient cent attachées deux à deux. Douze *filets* forment ce qu'on appelle une *poignée*.

Dégraissage. On fait dissoudre 122 grammes (4 onces) de savon blanc coupé à petits morceaux, dans quatre litres d'eau modérément chaude, placés dans une grande bassine ; on agite bien l'eau avec une poignée d'osier, et dès qu'elle est très mousseuse, on y plonge deux filets de plumes, qu'on frotte bien avec les mains pendant cinq à six minutes. Après ceux-là on en prend deux autres, qu'on traite de même; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait bien savonné toute la *poignée*. Ce bain est alors réputé vieux, et sert, en y ajoutant un litre d'eau et en le réchauffant, à préparer d'autres poignées. On donne à chaque poignée deux bains vieux et trois neufs.

Après le savonnage, on lave les filets six par six dans deux eaux successives. Tous ces bains doivent être chauds de manière que la main puisse en supporter la chaleur.

Blanchissage. Cette opération se fait par trois manipulations différentes.

1°. On fait tremper les plumes, par six filets à la fois, dans trois litres d'eau chaude au-dessous de l'ébullition, tenant en dissolution un demi-kilogramme de blanc d'Espagne ; on agite bien cette eau; on les y laisse pendant un quart d'heure, en agitant de temps en temps, afin d'empêcher le blanc de se précipiter. On lave ensuite les six filets ensemble dans trois eaux différentes.

2°. On azure les plumes dans l'eau froide, dans laquelle on a fait dissoudre une légère quantité d'indigo, enveloppé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un linge fin et noué. Cette dissolution doit être très légère : on ne fait qu'y passer les plumes, après qu'elles ont été bien lavées.

3°. On les soufre de la même manière que nous l'avons indiqué pour les *ouvrages en paille*. (*V.* T. XV, page 134.) Ensuite on les fait sécher, en mettant les filets sur des cordes. On a soin, pendant qu'elles sèchent, de réunir les tuyaux dans la main, et on les frappe sur une table propre et unie, afin de bien détacher les filets des franges. Cette opération doit être faite pendant que les plumes sont encore un peu humides ; car si l'on attendait qu'elles fussent sèches, on risquerait de les casser ou de les endommager.

Ces diverses manipulations préparatoires terminées, on achève leurs apprêts, qui consistent à les *dresser*, les *assortir*, les *friser*, les *teindre*, etc., comme nous allons l'indiquer.

Dresser. Après avoir nettoyé les plumes, et lorsqu'elles sont entièrement sèches, on les détache des filets, on passe entre les doigts, et de haut en bas, chacune d'elles, afin d'en bien écarter les franges et de redresser la côte. On ébarbe, avec des ciseaux, celles de seconde qualité, à l'extrémité des franges qui se trouvent usées. On les *pare*, c'est-à-dire qu'à l'aide d'un couteau bien tranchant et dont la lame est forte et ne plie pas, on enlève, de dessus et de dessous la plume, une partie de sa côte. On racle, à l'aide d'un morceau de verre taillé en arc de cercle, sur un carton, afin d'amincir la côte autant qu'il est possible, pour rendre la plume souple et flottante. En raclant avec la partie ronde du verre, on ne court pas le risque d'endommager les franges de part et d'autre ; car c'est surtout à cela qu'il faut porter toute son attention.

Assortir. Les plumes de même qualité doivent être classées ensemble, selon l'usage qu'on en veut faire. Souvent on est obligé d'en assembler plusieurs l'une sur l'autre ; alors on dit qu'on les *coud* : ce qui se fait en passant l'aiguille et le fil entre les franges tout autour de la côte, en ayant soin de ne pas faire prendre de faux plis aux franges. On arrête chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tour par un nœud, et l'on continue, sans couper le fil, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au bout.

Friser. Les plumes n'auraient pas une apparence agréable, si l'on ne donnait aux franges un apprêt qu'on nomme *frisure.* Pour cela, on se sert d'un couteau sans tranchant, garni d'un manche enveloppé de drap ou de peau, afin qu'il ne tourne pas dans la main. On tire les franges à soi, en les serrant entre le pouce et le couteau, et on les fait ainsi replier sur elles-mêmes, en les bouclant comme les cheveux. D'autres fois on appuie quatre à cinq franges sur l'ongle du pouce de la main gauche, on passe fortement le couteau à friser, afin de faire revenir la frange sur le milieu de la plume, ce qui change sa position et la rend plus agréable. On désigne cette opération par ces mots, *passer le poil.*

Teindre. Les plumes que nous avons classées, avec les ouvriers, dans ce qu'ils appellent *duvet,* et que, dans leur langage, ils regardent comme *noires,* ne sont jamais que d'un brun minime. Cette couleur naturelle n'est ni agréable ni bien décidée; elle n'est pas brillante; on les teint en noir. Pour cela, on les attache cinq à six par filet, comme nous l'avons dit plus haut, et l'on prépare le bain de teinture. Pour 10 kilogrammes de plumes qu'on aurait à teindre, on fait une forte décoction de douze kilogrammes et demi de bois de Campêche coupé menu, dans une quantité suffisante d'eau. Après six heures d'ébullition, on retire le bois, et l'on jette dans le bain un kilogramme et demi de sulfate de fer, et au bout de 15 à 20 minutes d'ébullition, on retire la chaudière du feu, ou mieux, on soutire le bain, en n'en laissant dans la chaudière qu'environ deux litres, et l'on éteint le feu. On y plonge une poignée de plumes, on les y agite avec de forts bâtons, afin de les faire bien tremper; on met une seconde poignée, on y jette deux litres du bain, et l'on agite; on continue de même jusqu'à ce que toutes les plumes et tout le bain y soient entrés. Lorsqu'elles sont bien trempées, on les laisse ainsi en macération pendant deux et quelquefois trois jours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On les dégraisse dans une bonne lessive de cendres gravelées, filet par filet. Le bain de dégraissage se forme d'un quart de litre de cette lessive, d'autant d'eau bouillante et d'un peu de savon. On les savonne pendant trois fois dans un nouveau bain, et lorsqu'elles paraissent très douces au tact, on les lave dans de l'eau pure jusqu'à ce qu'elles sortent bien claires, et on les fait sécher comme les blanches.

Les plumes blanches sont très difficiles à teindre en beau noir, et cette teinture les altère. Le citrate ou le pyrolignate de fer réussit beaucoup mieux que le sulfate, qui brûle toujours.

Pour les autres couleurs, on doit bien blanchir les plumes auparavant; car plus elles sont blanches, plus les couleurs sont belles et brillantes. Quelques plumassiers ont essayé le chlorure de chaux, mais ils n'ont pas très bien réussi; ils s'en tiennent à l'ancien procédé par la rosée et le soleil. Ils coupent le tuyau en manière de cure-dent, et plantent ainsi ces plumes une à une sur un gazon, en les espaçant assez pour que la rosée les imprègne bien, et qu'elles reçoivent parfaitement les influences de l'air et du soleil. On achève le blanchissage comme nous l'avons dit plus haut, après les avoir laissées une quinzaine de jours à la rosée. Après cela, on les teint d'après les procédés suivans.

Couleur rose. Dans un bain froid de safranum, auquel on ajoute un peu de citron.

Gros rouge. Bain bouillant de bois de Brésil, après les avoir passées dans un bain d'alun.

Cramoisi. Les plumes teintes en gros rouge sont passées dans un bain d'orseille.

Prune de monsieur. En sortant du gros rouge, on les passe dans un bain alcalin de cendres gravelées.

Bleu de toute nuance. On se sert de la même dissolution d'indigo que nous avons indiquée au mot OUVRAGES EN PAILLE. (T. XV, page 137.)

Jaune. On alune les plumes, et on les passe ensuite dans un bain de *terra merita* ou de *gaude.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avec les trois couleurs *rouge*, *bleu* et *jaune*, on obtient toutes les autres couleurs composées, *vert*, *violet*, *lilas*, *souci* ou *orange*. En teignant d'abord en *jaune*, puis en *bleu*, on obtient le *vert;* le *rouge*, teint ensuite en *bleu*, donne le *violet* ou le *lilas;* le *jaune*, teint ensuite en *rouge* ou en *rose*, donne l'*orangé* ou le *souci*. Les nuances varient selon la force des bains, ou selon qu'on y laisse les plumes plus ou moins long-temps.

Ponceau. C'est la couleur la plus difficile à obtenir. On teint en *orange* dans un bain formé de rocou dissous dans une lessive alcaline de cendres gravelées, ensuite on passe plusieurs fois les plumes dans un débouilli de laine rouge, qu'on trouve chez les marchands teinturiers sous le nom de *laine à débouillir*, dont nous avons parlé au mot OUVRAGES EN PAILLE. (T. XV, page 138.) On jette dans le premier bain rose du jus de citron; dans le second, de l'eau-de-vie; dans le troisième, de l'alcool à 34 degrés; on ajoute du sel de nitre très pur dans le quatrième, et souvent dans le cinquième. Cette recette nous paraît un peu empirique, mais nous la donnons, parce que c'est celle que suivent tous les plumassiers; encore ne réussissent-ils pas toujours.

Le *héron noir* ou *héron fin* fournit une plume qui est très rare et d'un très grand prix; elles ne sont employées que pour orner les chapeaux des récipiendaires de l'ordre du Saint-Esprit. Nous n'indiquerons pas ici la manière de monter les plumes; la mode et le goût de l'ouvrier sont les seules règles que l'on suit.

L.

PLUMES (*Technologie*). Les plumes des oiseaux ont plusieurs genres d'utilité, et exigent des choix et des préparations particulières qu'il est important de faire connaître séparément.

Les unes nous fournissent un duvet doux et moelleux sur lequel nous reposons nos membres fatigués et provoqués au sommeil, ou bien sous lequel nous nous mettons à l'abri des rigueurs de l'hiver et nous les faisons servir de couverture légère pendant des nuits glacées. Nous les désignerons sous la dénomination de *plumes de lit*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'autres servent à la parure des hommes, mais le plus souvent à la parure des femmes, à cause de leurs couleurs brillantes naturelles, ou que la teinture leur communique. Nous en avons parlé au mot PLUMASSIER. (*V.* ce mot.)

D'autres sont employées comme *appât* pour la pêche du poisson. Nous avons décrit aux mots APPATS (T. II, page 19); au mot LIGNE POUR LA PÊCHE (T. XII, page 25), et au mot HAMEÇON (T. X, page 113), tout ce qu'il est important au lecteur de savoir sur ce point.

Enfin, il en est d'autres qui sont employées pour écrire, et qu'on désigne sous le nom de *plumes à écrire*. Il nous reste donc à traiter des *plumes de lit* et des *plumes à écrire*.

Des plumes de lit. On désigne généralement sous ce nom la plume qui sert à faire les *couettes* ou *lits de plumes*, les *traversins*, les *oreillers* et les *coussins* de toute espèce. C'est la plume d'oie qui est la plus estimée pour tous ces ouvrages; mais il faut qu'elle soit arrachée sur l'oiseau vivant, ce qui la fait désigner sous le nom de *plume vive*. On la trouve, à Paris, dans le commerce, sous le nom de *plume d'Alençon*, parce qu'on élève autour de cette ville une grande quantité d'oies, et que les habitans de ce pays fournissent ordinairement la Capitale, et se procurent la plume dans les autres départemens qui lui en fournissent et qu'ils vendent comme étant récoltée dans la Basse-Normandie.

Les qualités qu'on recherche dans la plume et que l'on trouve dans celle de l'oie, sont la douceur, l'élasticité, le moelleux, la légèreté, la chaleur. C'est le duvet de cet oiseau qu'on enlève en été aux oies vivantes que l'on recherche le plus. Elles n'ont besoin d'autre préparation qu'un léger battage, très soigné et souvent répété, afin de détacher tous les petits corps étrangers qui peuvent y adhérer. On a soin, avant de les battre, de les faire bien sécher, soit, dans les pays méridionaux, à l'ardeur d'un soleil brûlant, soit, dans le Nord, dans une étuve ou dans un four modérément chauffé. On ne doit les battre que lorsqu'elles sont parfaitement sèches.

C'est une mauvaise pratique que de blanchir les plumes à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la chaux; elles ne se débarrassent jamais de la poussière qu'y dépose la chaux, et l'on a beau les battre, elles restent toujours poudreuses. Ceux qui blanchissent les plumes à la chaux n'ont pour but que de débarrasser, par cette opération, le bout des tuyaux de quelques petites parties de peau arrachée; mais ce moyen est vicieux, comme nous venons de le dire, et est nuisible à la plume. Il suffit de la faire bien sécher, et alors ces petites peaux se détachent au battage. La parfaite dessiccation est une condition des plus importantes; sans cela cette humeur qui suinte au bout des tuyaux fermente par la chaleur, et le lit prend une odeur putride, souvent insupportable, et qui est nuisible à la santé.

On fait souvent usage pour les mêmes objets de la plume de volaille et de gibier, négligemment ramassée dans les ménages et à la campagne; mais c'est ici surtout qu'il faut les plus grandes précautions, afin de ne pas tomber dans les inconvéniens que nous venons de signaler. Il faut trier avec soin ces plumes, ne conserver que le duvet, le faire parfaitement sécher, et quelque petit que soit l'oiseau, rejeter les plumes des ailes et de la queue, dont le tuyau est long et dur. Lorsque les plumes n'ont pas été suffisamment séchées, elles se matonnent, s'agglomèrent, forment des paquets et des durillons qui donnent un fort mauvais coucher.

Les *couvre-pieds*, qu'on nomme en général *édredons*, sont de grands carreaux en taffetas, remplis des plumes de l'*eider-duck*, que, par corruption, on a nommé *éderdon*, et enfin *édredon*. C'est un oiseau qui habite les régions septentrionales de l'Europe, de l'Asie et de l'Amérique. Ses plumes possèdent au suprême degré toutes les qualités du duvet de l'oie. Le véritable *édredon* est très rare, et par conséquent fort cher; on y supplée en employant au même usage le duvet des petits oisons ou des jeunes cygnes; il produit le même effet que le véritable *édredon*, mai il est d'un prix beaucoup inférieur; on en fait un grand usage à Paris.

On n'emploie jamais l'*édredon* dans aucun meuble sujet à être comprimé ou qui doit servir d'appui; ce duvet est si

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux, si léger, si rare, qu'il perdrait beaucoup de son ressort pour peu qu'il fût comprimé. On s'en sert pour remplir les manchons qui, dans les pays du Nord, garantissent parfaitement, pendant l'hiver, les mains contre la rigueur du froid.

L.

PLUMES A ÉCRIRE (*Technologie*). On se sert, pour écrire et pour dessiner, de plumes de divers oiseaux, et de plumes métalliques; nous traiterons des unes et des autres.

Les plumes tirées de l'aile des oies sont celles qui sont le plus communément en usage pour l'écriture. Il y en a de deux sortes, les grosses plumes et les bouts d'ailes. Ces dernières sont préférables aux grosses plumes, elles se fendent plus net; cependant on voit les écrivains se servir de préférence de grosses plumes d'oies.

Voici les règles que prescrivent les meilleurs maîtres d'écriture sur le choix des plumes. « On doit choisir la plume, disent-ils, d'une moyenne grosseur, plus vieille que nouvellement apprêtée, afin qu'on soit plus assuré qu'elle a perdu toute sa graisse. On doit prendre de préférence celles qu'on appelle *secondes*, mais il faut qu'elles ne soient ni trop dures ni trop faibles. Il faut que la plume soit ronde, afin qu'elle ne soit pas sujette à tourner d'elle-même entre les doigts; qu'elle soit bien nette, bien claire, transparente ou à peu près, sans qu'il s'y rencontre aucune tache blanche, qui souvent empêche qu'on ne la puisse fendre nettement, et cause de petites pellicules qui se séparent, en dedans, du corps du tuyau, qui gâtent l'écriture, et quoiqu'on les enlève, elles lui ôtent de sa force première, et elle n'est plus d'un aussi bon service qu'elle l'était auparavant. »

On désigne sous le nom de *plumes hollandées*, celles qui sont préparées à la manière des Hollandais, qui furent les premiers à découvrir le véritable mode de préparer les plumes à écrire.

Cet art consiste à débarrasser la plume, tant intérieurement qu'extérieurement, d'une humeur graisseuse dont elle est naturellement imprégnée, qui, tant qu'elle y existe, empêche

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'encre de s'y attacher d'une manière uniforme, et la retient ensuite, de sorte qu'elle ne peut plus couler. Les Hollandais employèrent avec succès les cendres chaudes pour arriver à ce but. Ils conservèrent long-temps leur procédé secret; mais enfin on parvint à le découvrir et on le perfectionna.

En 1828, je fis un voyage dans le midi de la France, et j'eus occasion de visiter la belle fabrique de plumes de toute espèce de MM. J. Lèbe et compagnie, à Fleurance, département du Gers. Ces messieurs eurent la complaisance de me montrer dans tous leurs détails les diverses opérations de leur manufacture, qui est immense. Ils m'apprirent qu'on avait cherché inutilement des procédés différens de ceux des Hollandais pour arriver au même but, mais qu'il fallut en revenir à ces mêmes procédés, qu'ils ont un peu modifiés.

Ils font un bain de sable très fin qu'ils tiennent constamment à une température convenable, qui me parut, au tact, être d'environ 50 degrés Réaumur; ils y plongent la plume dans toute la longueur du tuyau et l'y laissent quelques instans; ils la sortent et la frottent de suite fortement avec un morceau d'étoffe de laine: la plume sort, de cette opération, blanche et transparente.

On avait imaginé de les faire tremper dans une dissolution de carbonate de potasse ou de soude; mais quelques expériences prouvèrent que cette méthode altérait la plume, et il fallut y renoncer. Il en fut de même de l'acide sulfurique et de l'acide nitrique qui, quoique très affaiblis, ne laissèrent pas que d'altérer beaucoup la substance de la plume, qui devenait cassante et se fendait continuellement en écrivant.

On parvient ordinairement à donner aux plumes cette couleur jaunâtre qui les fait souvent rechercher, comme annonçant la vétusté, en les faisant tremper dans de l'acide hydrochlorique très affaibli, ensuite on les fait parfaitement sécher. Cette opération ne se fait qu'après qu'elles ont été entièrement dégraissées dans le sable suffisamment chaud et bien frottées avec l'étoffe de laine, comme nous l'avons dit.

On assemble les plumes par paquets de 25, dont quatre font

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le cent. Ce serait une erreur de croire que ces paquets de 25 sont aisés à former. Ces paquets doivent être carrés, c'est-à-dire de cinq rangs, composés chacun de cinq plumes; mais il faut qu'ils soient carrés, et très peu d'ouvrières sont capables de remplir cette condition, aussi les paie-t-on fort cher lorsqu'elles y sont parvenues.

On prépare de même les plumes de *corbeau*, qu'on emploie pour dessiner, et les plumes de *cigne*, dont peu de personnes se servent pour l'écriture ; elles sont trop grosses et trop épaisses.

Les qualités des plumes à écrire se distinguent par la couleur de la ficelle qui lie chaque paquet, et par la couleur de la bande de papier qui serre chaque paquet de cent.

Plumes à écrire artificielles. On a employé le platine, l'argent, le laiton, l'acier, à fabriquer des plumes artificielles. Elles seraient préférables aux plumes des oiseaux, qui se dessèchent trop pendant les chaleurs et dont les deux côtés de la fente s'écartent au point qu'elles ne peuvent plus écrire; mais on n'est pas encore parvenu à une assez grande perfection pour remplacer parfaitement les plumes de l'oie. Elles ne sont presque jamais assez flexibles.

Plumes sans fin. On a donné ce nom à un instrument formé d'un tube d'environ un décimètre de long, légèrement conique, et par le bas de la grosseur d'une grosse plume ordinaire. On ajuste un bout de plume à l'extrémité de ce tube qu'on remplit d'encre, et que l'on ferme de son couvercle à vis. Un petit trou pratiqué dans le bas fournit l'encre à la plume au fur et à mesure que l'on écrit. Un étui, fait exprès, renferme la plume, lorsqu'on a fini d'écrire, et la garantit de tout contact qui pourrait lui nuire. Une pointe fixée au bas de l'étui va boucher le trou qui donne issue à l'encre, et empêche qu'elle ne coule. Cet étui s'ajuste à vis au bas du tube. Cet instrument est rarement bon : l'encre, pour peu qu'elle soit gommée, obstrue le trou et ne peut plus couler. Il est plus avantageux de n'employer que les plumes d'oie de bonne qualité et bien préparées. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PNEUMATIQUE (*Arts physiques*). Partie de la Physique qui s'occupe des phénomènes que présentent les gaz et les vapeurs ; on y traite aussi de ce qui est relatif au VENT, à ses effets, à la force motrice qui en dérive, etc. Ces sujets sont traités chacun à l'article qui s'y rapporte.

Nous avons donné la description de la machine pneumatique au mot MACHINE, T. XII, page 487. FR.

PNEUMATO-CHIMIQUE. Appareil qui sert à recevoir et à transvaser les gaz : il a été décrit au T. VI, page 343. FR.

POÊLIER (*Technologie*). On donne le nom de *poêlier* à celui qui fabrique et vend des poêles. L'usage des poêles n'est pas moderne ; l'histoire nous apprend que les anciens Romains en avaient de deux espèces : la première consistait en des fourneaux souterrains bâtis dans de gros murs, et ayant à chaque étage de petits tuyaux qui répondaient à chaque chambre et échauffaient ainsi toutes les pièces d'une maison par un seul foyer ; c'est ainsi qu'on le pratique de nos jours dans les pays du Nord. La seconde espèce était des poêles portatifs qu'on changeait de place à volonté.

Les poêles qu'on fabrique aujourd'hui sont en terre cuite, ou en briques, ou en faïence, en fonte de fer ou en tôle. Le poêlier est celui qui les ajuste, les construit, les place et les entretient.

Nous n'entrerons pas ici dans tous les détails de la fabrication des poêles, dont la forme et la construction varient à l'infini ; et cet étalage de connaissances techniques n'apprendrait rien de nouveau. Les poêles sont sous les yeux de tout le monde ; il n'est personne qui ne connaisse en général leur construction, et leur description serait en quelque manière superflue. Nous nous attacherons principalement à décrire des poêles dont on fait un grand usage en Suède, qu'on a singulièrement perfectionnés et qui sont peu ou point connus en France.

Nous dirons seulement en général que le poêlier construit des poêles mobiles sur une plaque de fonte de fer de la grandeur qu'il veut leur donner. Cette plaque est supportée par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quatre forts pieds de même métal, afin de l'isoler du plancher. Il y place son foyer qui, le plus souvent, est en fer, et il bâtit tout autour avec des briques et de la terre à four l'intérieur, qu'il recouvre d'une chemise en faïence. Il fait aussi pour les cafés et les rez-de-chaussées des poêles sans tuyaux apparens; il conduit la fumée dans des canaux qu'il pratique sous le pavé, et qu'il dirige dans un tuyau de cheminée, où il attire la fumée par un petit fourneau d'appel dont on verra plus bas la théorie et l'usage.

Guyton-Morveau a décrit dans le T. XLI des Annales de Chimie, page 79, avec figures, un poêle de cette espèce dont il a beaucoup vanté les admirables effets; mais il est si compliqué et d'une construction si difficile, qu'il a été le seul qui l'ait fait construire en France. L'ingénieux Desarnod tira partie de cette construction, et l'appliqua à sa cheminée, qui est même regardée aujourd'hui comme le meilleur moyen de chauffer les appartemens.

Je tiens de M. Pach, professeur de Chimie à Stockholm, le plan de deux poêles perfectionnés, dans la construction desquels il n'entre que des briques, à l'exception de la porte du foyer qui est en fer, et dont on fait un usage général dans toute la Suède avec le plus grand avantage, et par l'économie du combustible et par la chaleur considérable qu'ils répandent, sans donner de la fumée dans l'appartement.

Pl. 45, fig. 5, représente l'élévation d'un poêle carré de huit pieds de hauteur, à double circulation de fumée. On en a enlevé la plaque de devant, afin de laisser concevoir la circulation de la fumée.

La fig. 6 en montre le plan par une coupe prise sur la ligne *a*, *b*. Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans les deux figures.

Le foyer est en A; la flamme et la fumée s'élèvent dans la direction AB, se divisent en passant sur les petites cloisons *c*, *d*, descendent, comme les flèches l'indiquent, dans les conduits C, D; elles passent par les trous E, F, et se ren-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dent dans les canaux ascendans G, H, qui sont placés derrière les canaux C, D. (*V.* fig. 6.) On voit, fig. 5, ces deux canaux G, H, se réunir en un seul tuyau I, qui porte dans le tuyau de la cheminée les résidus de la combustion.

Sous les deux canaux G, H, et sous le foyer A, est pratiqué un tiroir en tôle qui s'ouvre sur le côté, et dans lequel on place quelques copeaux ou du papier qu'on allume un moment avant d'allumer le foyer A, afin d'établir le courant d'air dans les cinq colonnes ou canaux. Par ce moyen, on n'a jamais de fumée.

Il n'est pas nécessaire de faire remarquer que les deux canaux G, H, ne sont pas fermés par le bas; leur communication avec l'appartement est suffisamment interceptée par le devant du tiroir.

Dans ce poêle et dans les deux dont les descriptions vont suivre, on brûle du bois ou de la houille. Dans le dernier cas, on pratique, dans le piédestal du poêle, un cendrier qu'on sépare du foyer par une grille en fer.

La fig. 7, même planche 45, montre l'élévation, et la fig. 8, le plan d'un poêle cylindrique construit sur le même principe que le précédent. La fig. 7 le représente en coupe selon l'axe du cylindre, afin d'en laisser voir la construction intérieure.

La combustion s'opère dans le canal du milieu A; la chaleur et la fumée montent aussi haut que peut le permettre la hauteur de ces poêles, qui est ordinairement de deux mètres et demi; elle descend au-dessous du foyer et s'élève de l'autre côté opposé, pour se rendre enfin latéralement dans le tuyau de la cheminée en B.

Lorsqu'on le construit pour y brûler de la houille, on élève le foyer; on pratique au-dessous un cendrier séparé du foyer par une grille en fer; on descend plus bas le canal de la fumée C, qui doit passer au-dessous du cendrier; et dans tous les cas, on pratique vers C un tiroir en tôle dans lequel on brûle du papier ou des copeaux, afin d'établir la circulation de la fumée, au moment où l'on allume le feu,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que nous l'avons expliqué dans la description précédente. Du reste, on verra, dans ce que nous allons dire, des détails qui jetteront un plus grand jour sur ces constructions.

C'est encore en Suède qu'on est parvenu à porter dans ces sortes de poêles les plus grands perfectionnemens. On sait que les calorifères construits en faïence ou en briques sont très longs à échauffer, et s'ils ont le mérite de conserver long-temps la chaleur, ils ne la transmettent qu'après qu'ils en sont pénétrés. Les constructeurs suédois ont cherché à réunir l'avantage que présentent les poêles en tôle d'échauffer promptement à ceux que procurent les poêles en briques d'échauffer long-temps. Nous avons vu, à Paris, chez M. Schartz, directeur du Conservatoire des Arts et Métiers à Stockholm, un de ces poêles qu'il fit construire sur ce principe, et dont il s'est servi avec avantage et économie pendant deux hivers qu'il demeura à Paris.

La fig. 9, même planche, montre ce poêle tout monté. Nous avons enlevé la porte de tôle qui ferme le devant de la colonne supérieure, afin de laisser voir les quatre tuyaux intérieurs et les trois planchettes de grillage en fil de fer qui forment une étuve dans cet intérieur. Le bas A, A, est en fayence; le haut B, B, est en tôle.

Ce poêle a une forme ovale, comme l'indiquent les fig. 11, 12 et 13. Sa construction intérieure, dans la partie A, A, (fig. 9), est la même que celle du poêle cylindrique (fig. 7 et 8); elle est intérieurement formée de briques; le foyer et le cendrier sont en forte tôle ou en fonte de fer; l'enveloppe extérieure est en faïence. Le support C, C, sur lequel repose tout le poêle, est formé d'une plaque de fonte et de quatre pieds pareillement en fonte.

La partie supérieure B, B, est entièrement en tôle, et c'est dans cette partie que se trouvent les perfectionnemens qu'on a apportés dans cette construction, afin d'y faire circuler pendant long-temps la fumée, dans la vue d'utiliser tout le calorique au profit du chauffage et d'économiser par là le combustible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La fig. 10 présente une coupe verticale de la partie inférieure du poêle. Les flèches indiquent la circulation de la fumée, qui passe sous le cendrier et se rend dans le canal vertical *a*; elle entre dans le tuyau de tôle *b* qui fait suite au canal *a* et porte la chaleur dans toute la construction B, B, (fig. 9), en tôle, par les moyens que nous allons indiquer.

Cette partie supérieure B, B, renferme quatre tuyaux de tôle verticalement placés et disposés comme l'indique la fig. 12, de manière que la fumée suit la route indiquée par les flèches (fig. 9), dans l'ordre suivant : elle monte par le tuyau *b*, elle descend par le tuyau *c*, remonte par le tuyau *d* et redescend par le tuyau *f*, pour s'échapper enfin presque froide par le tuyau de la cheminée, comme nous allons l'expliquer. Le tout est enveloppé d'une chemise en tôle qui forme une étuve dans l'intérieur, dont on utilise la chaleur par le moyen de plusieurs tablettes en treillage de fil de fer, soutenues par les quatre tuyaux. Le devant est fermé par une porte en tôle que nous avons enlevée, dans le dessin, afin de laisser voir l'intérieur.

Ce que l'on remarquera, c'est la manière dont l'inventeur s'y est pris pour éviter les coudes nombreux qu'il aurait eus, s'il eût adopté la construction ordinaire, ce qui lui donne l'avantage de nettoyer ces tuyaux avec la plus grande facilité.

Au-dessus de la tablette en faïence du poêle inférieur, il a solidement serti le fond d'une boîte de tôle de 7 centimètres de profondeur. Ce fond, qu'on voit dans la fig. 11, n'est percé que d'un seul trou 1 (1), et l'on n'y voit que les quatre doubles cloisons *g*, *h*, *i*, *l*, dont on verra plus bas l'usage. Ces quatre cloisons remplissent toute la hauteur de la boîte, de manière que son couvercle (fig. 12) repose exactement sur elles. Ce couvercle est dans la direction de la ligne ponctuée *a*, *b*, (fig. 9).

Le couvercle (fig. 12) est ajusté avec le contour de la boîte par une gorge comme une tabatière. Cette gorge entre dans

(1) Nous désignerons par les chiffres 1, 2, 3, 4, dans les plans 11, 12 et 13, les quatre tuyaux, selon l'ordre dans lequel la fumée circule.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un double bord pratiqué sur le contour de la boîte. Sur ce couvercle sont fixés les quatre tuyaux 1, 2, 3, 4; ils y sont sertis de manière à ne pas déborder dans l'intérieur.

Au-dessus de ces quatre tuyaux est fixée, par des sertissures pratiquées au bout de chacun d'eux, le fond d'une autre boîte semblable à la première, et qui est représentée par la fig. 13. On voit qu'elle est traversée, selon son grand diamètre, par deux doubles cloisons *m*, *n*, et que le contour de de la boîte est double aussi comme dans la boîte inférieure. Cette boîte supérieure est fermée par une plaque de tôle qui n'a pas de trou, et qui porte une gorge simple qui entre, comme dans l'autre boîte, entre les deux gorges. On n'a pas cru devoir dessiner ce dernier couvercle, puisqu'il n'a ni cloisons ni trous.

Cette construction en tôle a en totalité la hauteur d'un mètre. Elle est enveloppée en entier par une chemise ovale en tôle, fermée sur le devant d'une porte de même matière, comme nous l'avons dit. Cette enveloppe ou chemise est fixée par le bas au couvercle de la boîte inférieure, et par le haut au fond de la boîte supérieure.

Tout étant ainsi disposé, et avant de couvrir la boîte inférieure de tout l'appareil supérieur, on remplit de sable fin ou de cendres tamisées, les doubles cloisons, combles; on pose l'appareil dessus, de manière que la gorge simple du couvercle entre dans l'intervalle de la double gorge du fond. On sent que les cendres forment une sorte de lut qui empêche la fumée de sortir de l'espace formé par les cloisons, entre lesquelles seules elles peut circuler librement. On en fait autant dans la boîte supérieure, qu'on recouvre de son couvercle avec les mêmes soins. Voyons actuellement quelle est la marche de la fumée.

Elle sort par le tuyau *b*, enfile le trou 1 (fig. 11), continue à s'élever dans le même tuyau jusqu'à ce qu'elle entre dans la boîte supérieure (fig. 13); là elle suit le canal 1, 2; descend dans le tuyau *c*, arrive au couvercle de la boîte inférieure au trou 2 (fig. 12), suit le canal 2, 3 (fig. 11), où nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avons indiqué par des points les trous 2, 3, 4, puisque cette figure représente le fond de la boîte inférieure qui n'a qu'un seul trou rond désigné par le n° 1. La fumée suit donc le canal 2, 3, monte par le trou 3, s'élève dans le tuyau *d*, suit le canal 3, 4 (fig. 13), descend dans le tuyau *f*, se rend dans la case 4 (fig. 11), et enfile un tuyau aplati *o*, rivé à la paroi de la boîte inférieure, et se rend dans un tuyau coudé qui entre sous le manteau de la cheminée, et s'élève d'un demi-mètre dans ce tuyau.

On fixe sur ce tube aplati un petit vase en fer-blanc *q*, dans lequel on tient de l'eau qui, en se vaporisant, donne à l'air intérieur l'humidité nécessaire à la respiration. A la suite de ce vase est placée la clef *p*, pour fermer l'issue à la chaleur, lorsque le combustible est consumé et ne donne plus de fumée.

On pratique au bas et au haut de la chemise ou enveloppe en tôle, qui entoure les quatre tuyaux, six trous également espacés qui servent à recevoir l'air froid de l'appartement qui entre par les trous inférieurs pour s'aller échauffer, et qui est rendu chaud à la même pièce par les six trous supérieurs.

L'on brûle dans le tiroir *r* (fig. 9), du papier ou des copeaux, afin d'établir le courant d'air.

Lorsque les tuyaux de tôle ont besoin d'être nettoyés ou ramonés, on enlève tout l'appareil supérieur à la boîte inférieure, qui se trouve alors découverte; on découvre la boîte supérieure, et l'on voit combien il est facile de nettoyer le tout, puisqu'on n'a que des tuyaux droits sans coudes. Tout l'appareil en tôle s'enlève selon la ligne *a*, *b*; le fond de la boîte reste sur la partie inférieure.

Ce poêle, que nous avons vu fonctionner pendant deux hivers à Paris, échauffait deux pièces contiguës assez grandes, avec une économie considérable de combustible. On y brûla pendant quelque temps de la houille; mais la grande chaleur qu'il donnait força le propriétaire à n'y brûler que du bois. Il plaça, pour cela, une plaque de tôle épaisse sur la grille. Il en résulta encore une grande économie de combustible. Jamais il n'a été incommodé par le plus léger atome de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fumée. C'est le meilleur des poêles que nous connaissions. Nous en avons donné vainement les dessins à divers poêliers, pour qui même nous avons construit un petit modèle en relief. Nous n'avons pas pu réussir à leur en faire essayer l'exécution, tant ils tiennent à leurs vieilles habitudes. L.

POIDS (*Arts physiques*). La gravité exerce son action sur les molécules dont les corps sont composés; l'effort qu'il faut faire pour équilibrer cette force est ce qu'on appelle le POIDS : on le mesure avec une BALANCE. (*V.* ce mot.)

On confond souvent les notions de *pesanteur* et de *poids;* mais il faut se garder de cette erreur : l'une est une force qui agit sur tous les corps, qui est constante pour toutes les substances, et indépendante de leur masse; le poids est la pression exercée sur les supports, sur le plateau d'une balance; il est proportionnel à la masse, croît avec la densité des corps sous le même volume, etc. (*V.* PESANTEUR.)

Pour connaître les différentes unités de poids, *V.* MESURES.

FR.

POIDS SPÉCIFIQUE (*Arts physiques et de calcul*). Nous nommons ainsi ce qu'improprement on appelle communément *pesanteur spécifique :* cette expression est le résultat de la confusion qu'on est accoutumé à faire des mots *pesanteur* et *poids;* les notions précises que nous en avons données nous conduisent à rectifier cette locution vicieuse.

Tous les corps sont criblés d'une multitude de pores, dont le nombre et l'étendue varient avec la nature des substances : sous le même volume, ils renferment donc des quantités très différentes de matière; mais comme *la masse est proportionnelle au poids,* on substitue l'un à l'autre; on mesure donc la quantité de matière d'un corps par son poids. La *densité est le rapport du poïds au volume,* en sorte qu'on dit qu'*une substance est plus dense qu'une autre,* lorsque, sous un même volume, son poids est plus grand. Si l'on prend ce corps sous le volume égal à l'unité cubique, la densité est le poids du corps : on l'appelle aussi son *poids spécifique.* Ainsi, le *poids spécifique d'une substance est le poids de*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'unité de volume. Il suffit donc de réduire tous les corps au même volume, tel que le décimètre cube ou le pied cube, etc., et de les peser, pour avoir leur poids spécifique. On en formerait ainsi une table.

Mais il n'est pas nécessaire de ramener ainsi tous les corps à un volume déterminé, pour en obtenir la densité ; cette opération serait très difficile et même impossible à faire exactement ; il est plus commode de prendre les corps tels que la nature nous les présente, et de les soumettre à des épreuves dont on puisse tirer leur poids spécifique. Comme la densité est le rapport du poids au volume, c'est-à-dire un nombre abstrait, quotient de la division d'un nombre par un autre, il faudra évaluer le poids et le volume en nombres, et faire la division. Mais, suivant qu'on prendrait des unités différentes pour mesurer les poids et les volumes, on aurait des nombres différens pour exprimer le poids spécifique, ou le poids de l'unité de volume. Ainsi, en prenant le gramme et le centimètre cubes pour unités, l'eau a pour poids spécifique 1, puisque 1 centimètre cube d'eau pèse 1 gramme ; mais en prenant la livre et le pied cube, le poids spécifique de l'eau est environ 70, parce que le pied cube d'eau pèse 70 livres. On évite cet inconvénient en ne se servant que de rapports de poids spécifiques.

On ne peut mesurer la densité d'une substance qu'en la comparant à celle d'une autre substance : ce n'est que le rapport de leur densité qu'on cherche. On adopte pour unité, ou terme de comparaison, la densité de l'eau, parce que ce liquide est toujours à notre disposition, et que l'eau distillée est identiquement partout la même ; et comme les volumes changent par la chaleur, c'est la densité de l'eau à 4 degrés centigrades qu'on prend pour unité : ce terme est celui de son *maximum* de densité. Ainsi, *le poids spécifique d'un corps est le rapport de son poids à celui d'un égal volume d'eau distillée, à 4 degrés de température.* Alors les tables de poids spécifiques sont indépendantes des unités de poids et de volume.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On pourrait prendre pour unité toute autre substance que l'eau, et c'est même ce qu'on fait pour les gaz, comme nous le dirons bientôt. Nous indiquerons comment on peut substituer, par le calcul, un autre terme de comparaison que l'eau, lorsqu'on le juge nécessaire.

Pour trouver les densités des corps, on les soumet à des expériences que nous allons expliquer, suivant l'état de ces corps, solides, liquides ou gazeux.

I. *Des corps solides.* On sait que 1 centimètre cube d'eau pèse 1 gramme ; 1 décimètre cube pèse 1 kilogramme. Si l'on connaissait exactement le poids et le volume d'un corps, une division donnerait le poids du volume *un ;* ce serait la densité exprimée en grammes ou en kilogrammes, selon que le centimètre ou le décimètre cube aurait été pris pour unité de volume : mais la difficulté de connaître exactement le volume des corps rend ce procédé impraticable. Voici comment on y supplée.

On sait, par le principe d'Archimède, qu'*un corps plongé dans l'eau y perd une partie de son poids égale à celui du volume d'eau qu'il déplace.* On pèse le corps dans l'air, on le pèse ensuite dans l'eau : la différence de ces poids, ou la perte produite par l'immersion, est le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps ; le quotient du premier poids par le dernier est la densité cherchée. Par exemple,

Un morceau d'or pèse dans l'air...	7,821 grammes
dans l'eau..	7,415
Perte.....	0,406

On divise 7,821 par 0,406, et l'on a 19,263 pour le poids spécifique de l'or ; ce qui veut dire que l'or pèse 19 fois et $\frac{263}{1000}$ plus que son volume d'eau, ou que 1 centimètre cube d'or pèse 12,263 grammes.

Le procédé suivant est très commode ; il est dû à Klaproth. On prend un flacon dont le bouchon, un peu conique, est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rodé à l'émeri, et ferme exactement ; on remplit ce flacon d'eau distillée, et on le tare avec une excellente balance, puis on place le corps proposé dans le même plateau, et l'on ajoute à la tare le poids nécessaire à l'équilibre : ce poids est celui du corps. On introduit ensuite le corps dans le flacon, toujours rempli d'eau ; il n'y peut entrer qu'en expulsant un volume d'eau juste égal au sien. On bouche le flacon, on l'essuie, et on le remet dans le même plateau. Comme il est allégé d'une partie de l'eau, il faudra y ajouter un poids propre à ramener l'équilibre : ce poids est celui de l'eau qu'on a chassée ; c'est le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps. Ces deux pesées donnent donc, l'une le poids du corps, l'autre le poids de l'eau sous même volume ; divisant l'un de ces poids par l'autre, le quotient est la densité cherchée.

Le flacon doit avoir un large col : on se sert aussi d'un vase dont les bords sont rodés, et qui est exactement clos par un disque de verre.

Un morceau d'argent a pour poids 22,474 grammes.
Le poids de l'eau qu'il déplace est 2,145

Le quotient $\frac{22474}{2145} = 10,474$ est le poids spécifique du métal.

Ce procédé est très sûr, quand les corps n'ont pas un volume considérable ; il convient pour les substances plus légères que l'eau, pour celles qui sont pulvérulentes, telles que le sable, le charbon, etc. ; mais il faut avoir soin, quand on a mis le corps dans le flacon, d'en faire sortir tout l'air avant de le boucher, en le soumettant à l'action d'une machine pneumatique, ou à la température de l'ébullition de l'eau.

Si la substance, telle qu'un sel soluble, exerce une action chimique sur l'eau, on emplit le flacon d'un liquide qui ne dissout pas la substance, et l'on trouve le poids spécifique par rapport à ce liquide ; on cherche ensuite celui du liquide par rapport à l'eau, et l'on multiplie l'une par l'autre ces deux densités, ainsi qu'on le dira ci-après.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons dit qu'un moyen d'avoir le poids spécifique d'un corps, consiste à le peser dans l'air, puis dans l'eau. On a des BALANCES qu'on appelle *hydrostatiques*, qui sont destinées à faire ces expériences; sous l'un des plateaux, un crin est attaché, auquel on peut suspendre les corps; après les avoir pesés dans l'air, en les attachant au crin, on passe au-dessous un vase plein d'eau, dans laquelle on fait plonger le corps : alors l'équilibre ne subsiste plus, parce que le corps est allégé du poids d'un volume d'eau égal au sien. Pour ramener l'équilibre, il faut mettre dans le plateau un poids, qui est celui qu'a perdu le corps. On divise donc le poids contenu dans l'un des plateaux par celui qui est dans l'autre. (*V.* BALANCES HYDROSTATIQUES.)

En général, on aime mieux opérer sur des corps qui ne soient pas très pesans, parce que les balances qui servent à trouver des poids un peu forts sont paresseuses (*V.* BALANCES), et ne donnent pas des pesées très exactes.

On trouve aussi les poids spécifiques des corps solides avec les ARÉOMÈTRES. (*V.* ce mot.)

II. *Des substances liquides.* Pesez un flacon vide, puis rempli du liquide proposé; la différence de ces poids est le poids du liquide contenu. Faites-en autant pour l'eau, afin d'avoir le poids de l'eau qui remplit le flacon; vous aurez les poids de deux volumes égaux du liquide proposé et de l'eau : le quotient de la division du premier poids par le second est la densité demandée. On peut se contenter de tarer le flacon, et de le peser ensuite successivement plein du liquide donné et plein d'eau; ces poids sont les termes du rapport dont on vient de parler.

Ainsi, après avoir taré un flacon, on l'a rempli d'alcool, et l'on a trouvé que ce liquide pèse..... 52,920 grammes.
Le même flacon taré, mais rempli d'eau,
donne le poids..... 66,983

Divisant, on a $\frac{52920}{66983} = 0,7902$, densité de l'alcool.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut que l'eau et les substances dont on demande le poids spécifique soient à la même température, qui est celle de 4 degrés centigrades; mais lorsqu'il n'en est pas ainsi, avant de diviser l'un des poids par l'autre, on doit calculer la correction propre à ramener ces substances à la température désignée, d'après la loi de DILATATION propre à chacune. (*V.* ce mot.) Soient a et a' les dilatations cubiques d'une substance et de l'eau pour 1 degré de température centigrade, at et $a't'$ seront celles qui répondent à t et t' degrés; le volume 1 de ces substances devient donc $1 + at$, $1 + a't'$, sous ces deux températures. Ainsi, il faut multiplier le quotient des poids ci-dessus par la fraction $\frac{1 + at}{1 + a't'}$. Mais le plus souvent on néglige cette correction, qui est insensible quand les températures sont les mêmes. D'ailleurs, près du *maximum* de densité, la loi de variation est très lente et à peine perceptible. Il a fallu des expériences très délicates pour la déterminer.

Un autre procédé très simple pour avoir la densité d'un liquide, consiste à y plonger un corps quelconque et à chercher la perte que son poids y éprouve, puis à le plonger dans l'eau, en réitérant la même opération. On obtient ainsi deux poids, l'un du liquide proposé, l'autre d'eau, et ces poids sont ceux d'un volume égal à celui du corps, puisque, par le principe d'Archimède, un corps plongé perd une partie de son poids, qui est celle du fluide déplacé. Ainsi, le premier de ces poids divisé par le second donne un quotient qui est la densité du liquide proposé. La BALANCE HYDROSTATIQUE est employée dans ces expériences.

Par exemple, un morceau de platine étant attaché au crin d'un plateau de la balance, on a taré ce corps, puis on l'a successivement immergé dans l'eau, dans l'alcool, dans l'éther sulfurique et dans l'essence de térébenthine. Cette immersion, en allégeant le métal, a détruit l'équilibre de la tare, et l'on trouve qu'il a fallu pour le rétablir, ajouter au plateau qui le porte, $7^g,392$, $5^g,862$, $5^g,485$ et $6^g,66$. En divisant ces trois derniers nombres par le premier, on a 0,793

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour la densité de l'alcool, 0,715 pour celle de l'éther, et 0,861 pour celle de l'essence.

III. *Densités des gaz.* Le poids spécifique des gaz ne se rapporte pas à celui de l'eau, parce que les nombres seraient des fractions trop petites; on prend pour unité l'air atmosphérique parfaitement sec, à la température de la glace fondante, et sous la pression de 76 centimètres.

On a un ballon dont la capacité soit d'environ 8 à 10 litres; on y fait le vide, et on le tare dans cet état, puis on y introduit le gaz qu'on veut soumettre à l'expérience. On suppose que la pression atmosphérique est de 76 centimètres, et la température zéro; le gaz est contenu dans une cloche sur l'appareil PNEUMATO-CHIMIQUE. On préfère que le bain soit de mercure, pour que le gaz soit sec : cela est même indispensable quand le gaz est soluble dans l'eau. Le gaz est donc introduit dans le ballon et est sous la pression extérieure. Dans cet état, on ferme le ballon, et l'on ajoute à la tare le poids propre à rétablir l'équilibre; c'est celui du gaz enfermé dans le ballon.

On recommence ensuite la même expérience avec l'air, c'est-à-dire qu'après avoir fait le vide et taré le ballon, on y laisse entrer l'air, et qu'on pèse cet air. Le premier de ces poids, divisé par le second, donne pour quotient la densité du gaz.

Il faut avoir soin de dessécher l'air qui s'introduit dans le ballon, en le faisant passer à travers un tube plein de chlorure de calcium, substance qui lui enlève toute humidité. Il faut aussi essuyer le ballon, pour ôter l'eau qui peut s'y trouver déposée par son contact avec l'air extérieur, ou plutôt, il faut laisser le temps à cette couche d'humidité de s'y déposer au dehors du ballon, en égale quantité dans les deux pesées.

Maintenant, faisons quelques corrections à ces procédés et aux nombres qu'on en déduit.

Comme il est rare que la pression atmosphérique soit exactement de 76 centimètres, il faut y ramener l'expérience, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se servant de la loi de Mariotte, qui veut que les poids soient dans le rapport des pressions. Soit h la pression atmosphérique lors de l'expérience, ou le nombre de centimètres de la colonne barométrique, et p le poids d'un gaz contenu dans le ballon sous cette pression, x le poids d'un même volume de ce gaz, le baromètre étant à 76 centimètres; on a $h : 76 : p : x = \frac{76p}{h}$.

Et si la température est de t degrés centigrades, il faut la ramener à zéro par la loi de Gay-Lussac, en vertu de laquelle le volume 1 d'un gaz quelconque à zéro devient $1 + \frac{3}{800} t$ à la température t. Ainsi, le volume 1 est au volume $1 + \frac{3}{800} t$, comme le poids x du gaz à la température t est au poids à zéro; ce dernier poids est donc

$$= x\left(1 + \frac{3}{800} t\right), \text{ ou } = \frac{76p}{800h}(800 + 3t),$$

ou enfin $= 0{,}095p\left(\frac{800 + 3t}{h}\right)$.

Cette formule ramène à la température zéro et à la pression de 76 centimètres, toute pesée p d'un volume quelconque de gaz à la température t et sous la pression barométrique de h centimètres. Ainsi, dans l'expérience précédente, on réduira les pesées du gaz et de l'air aux conditions énoncées de la température zéro et de la pression 76.

Au reste, on évite cette correction en faisant les deux épreuves dans les mêmes circonstances de température et de pression quelconques; car les gaz se dilatant tous d'égale quantité sous des différences de température égales, et la densité croissant aussi comme la pression, les poids de gaz et d'air conservent alors le même rapport, et ce rapport est la densité demandée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous n'avons pas eu égard au changement de volume du ballon sous l'influence de la température, parce que ce changement est très petit, et qu'il n'est même pas nécessaire de s'en occuper quand les deux pesées sont faites à la même température; mais si elle était différente, et qu'on voulût tenir compte de ce changement, il faudrait diviser le poids par $1 + kt$, k étant la dilatation cubique du verre. (*V.* DILATATION.)

Pour comparer les poids spécifiques pris par rapport à l'eau et à l'air, il faut savoir qu'un litre d'air atmosphérique sec, à zéro et 76 centimètres, pèse 1,2995 grammes, selon les expériences de MM. Biot et Arago; sa densité est donc $\frac{1}{770}$ de celle de l'eau à la même température. En calculant le poids d'un litre d'air à 4 degrés, on trouve $\frac{1}{770}$ pour le rapport de son poids spécifique à celui de l'eau au *maximum* de densité, terme qui a été pris pour unité des densités des corps solides et liquides.

En général, soient trois substances dont les densités sont D, D′ et D″; prenons la deuxième pour unité, $\frac{D}{D'}$ sera le rapport; prenons la troisième, nous aurons $\frac{D'}{D''}$; le produit est $\frac{D}{D''}$. Il s'ensuit que lorsqu'on veut trouver la densité d'un corps par rapport à l'eau, et qu'on l'a par rapport à une substance dont on connaît la densité relative à l'eau, il faut multiplier entre elles ces deux dernières densités.

Tous les corps qu'on a pesés dans les expériences précédentes perdent dans l'air une petite partie de leur poids; et dans les évaluations précises, il faut y avoir égard. On doit donc substituer partout des pesées dans le vide à des pesées dans l'air. Or, l'air a pour densité la 770^{e} partie de celle de l'eau; l'une de nos pesées donne le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps; en divisant par 770, on aura le poids d'un égal volume d'air : ce quotient est donc la perte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de poids que fait le corps dans l'air, et il faut l'ajouter au poids dans l'air, pour avoir le poids dans le vide.

IV. *Usage des poids spécifiques.* En se ressouvenant que le poids spécifique d'un corps est le poids en grammes d'un centimètre cube de cette substance, on voit qu'il suffit de multiplier ce nombre par le volume du corps rapporté à la même unité, pour avoir le poids de ce corps. Ainsi, la densité du fer est 7,788; si l'on a un barreau carré de 4 centimètres de côté, ou 16 centimètres carrés de base, et de 2,5 mètres ou 250 centimètres de longueur, le volume de ce barreau est seize fois 250, ou 4000 centimètres cubes. Multipliant 4000 par 7,788, on trouve que ce barreau pèse 31152 grammes, ou 31 kilogrammes environ.

Une planche de sapin de 3 et demi centimètres d'épaisseur, 28 de largeur et 4 mètres de longueur, a pour volume 39200 centimètres cubes. La densité du sapin est 0,55; multipliant ces deux nombres, on trouve que la planche pèse 21560 grammes, ou environ 21 kilogrammes et demi.

En général, il n'est pas nécessaire de peser actuellement un corps pour en avoir le poids; il suffit d'en chercher le volume en centimètres cubes, et de multiplier ce volume par le poids spécifique de la substance; le produit est le poids cherché, exprimé en grammes.

Souvent on se sert des anciennes mesures pour évaluer le volume des corps; la recherche de leur poids exige un calcul un peu plus long, mais qui n'est pas difficile : il suffit de savoir que

Un pied cube d'eau pèse. $69^{liv},969$, au *maximum* de densité.
Un pouce cube pèse. . . . 5 gros 13 grains = 5,182889 gros.

On évaluera donc le volume du corps proposé en pieds ou pouces cubes; en multipliant par l'un des deux nombres qui précèdent, on aura le poids, en supposant que le corps a la densité de l'eau; ensuite il faudra multiplier par le poids spécifique de la substance. Quel est, par exemple, le poids d'un barreau carré de fer de 14 lignes de côté, ayant 7 pieds

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de long? La base est de 196 lignes carrées ou 1,36 pouce carré (en divisant par 144); comme 7 pieds valent 84 pouces, le produit est 114 et un quart pouces cubes, volume du barreau. On multiplie par 5,183 gros, et l'on trouve 592,1 gros, ou 4,62 livres. Ce serait le poids du barreau, s'il avait la densité de l'eau; multipliant par 7,788, densité du fer, le produit est à peu près 36 livres; c'est le poids du barreau.

On se sert encore des poids spécifiques, et particulièrement de celui de l'eau, pour avoir la capacité des vases. On les pèse successivement pleins d'air et pleins d'eau; l'excès du second poids sur le premier est le poids de l'eau qui est contenue dans la capacité : exprimant ce poids en grammes, il ne faut que changer ces grammes en centimètres cubes pour avoir le volume.

On trouve le diamètre intérieur d'un tube de verre capillaire, en le pesant vide et plein de mercure : la différence est le poids du métal; on la divise par sa densité, prise à la température de l'expérience (1); le quotient en grammes est le poids du cylindre d'eau contenue dans le tube. On change les grammes en centimètres cubes, et l'on a le volume de ce cylindre. Il ne reste plus qu'à diviser par 3,1416 et par la longueur du tube, pour avoir le carré du rayon.

---

(1) Le mercure se dilate de $\frac{1}{5550}$ de son volume pour chaque degré centigrade. Un centimètre cube de ce métal pris à zéro, devient $1 + \frac{t}{5550} = 1 + 0{,}00018.t$, à la température t. Cela n'en change pas le poids, qui est encore 13,5980 grammes. Pour avoir le poids d'un centimètre cube dans cet état dilaté, on fait cette proportion : si le volume $1 + 0{,}00018.t$ pèse 13,5980 grammes, combien pèse 1? On trouve $\frac{13{,}5980}{1 + 0{,}00018.t}$ pour la densité du mercure à la température de t degrés centigrades.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES POIDS SPÉCIFIQUES DE CERTAINES SUBSTANCES.

1°. SOLIDES, *la densité de l'eau étant* 1.

Platine laminé	22,6690	Feldspath	2,5744
—— à la filière	21,0417	Verre de Saint-Gobin	2,4882
—— purifié	19,5000	Porcelaine de Chine	2,3847
Or forgé	19,3617	—— de Sèvres	2,1457
— fondu	19,2581	Chaux sulfatée	2,3117
Mercure à 0°.	13,5980	Soufre natif	3,0332
Plomb fondu	11,3523	Ivoire	1,9170
Palladium	11,3000	Albâtre	1,8740
Argent fondu	10,4743	Alun	1,7200
Cuivre en fil	8,8785	Houille compacte	1,3292
—— fondu	8,7880	Glace	0,9300
Nickel	8,2790	Hêtre	0,8520
Acier non écroui	7,8163	Frêne	0,7450
Fer en barre	7,7880	Orme	0,8000
Étain fondu	7,2914	Pommier	0,7330
Fonte de fer	7.2070	Oranger	0,7050
Zinc fondu	6,8610	Sapin	0,6570
Spath pesant	4,4300	Tilleul	0,6040
Rubis oriental	4,2833	Cèdre	0,5610
Saphir oriental	4,2833	Peuplier blanc	0,5290
—— du Brésil	3,9941	Liége	0,2400
Topaze de Saxe	3,5640	Sel de cuisine	1,920
—— orientale	4,0106	Salpêtre	1,900
Diamant	3,5310	Sucre	1,610
Flint-glass	3,3293	Résine	1,073
Spath fluor	3,1911	Gomme arabique	1,452
Marbre de Paros	2,8376	Suif, lard, beurre	0,943
Jaspe onyx	2,8160	Gypse	2,205
Émeraude verte	2,7755	Marbre	2,638
Chaux carbonatée	2,7182	Craie	2,739
Quartz jaspe	2,7101	Pierre de liais	2,078
Corail	2,6800	Granite	2,673
Cristal de roche	2,6530	Cire blanche	0,969
Agate, silex	2,6150	Glace	0,914

2°. LIQUIDES, *la densité de l'eau étant* 1.

Acide sulfurique	1,8409	Eau de mer à 17°,2	1,0273
—— nitreux	1,5500	Lait	0,0300
—— nitrique	1,2175	Vin (environ)	0,9920

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Essence de térébenthine....	0,8697	Alcool absolu.....	0,7920
Huile d'olive.....	0,9153	—— 3/6 (à 33°).....	0,8640
Ether muriatique.....	0,8740	—— à 19°.....	0,9420
—— sulfurique.....	0,7155		

3°. SUBSTANCES GAZEUSES, *la densité de l'air atmosphérique étant* 1, *à* 0° *et* 76 *centimètres.*

Substances.	Densités.	Poids de 1 litre.
Chlore.....	2,4216	..... 3,2088 grammes.
Gaz sulfureux.....	2,1930	 2,8489
— cyanogène.....	1,8064	 2,3467
— protoxide d'azote....	1,5269	 1,9752
— deutoxide d'azote....	1,0388	 1,3495
— acide carbonique....	1,5245	 1,9805
— hydrochlorique.....	1,2474	 1,6205
— hydrosulfurique.....	1,1912	 1,5475
— oxigène.....	1,1026	 1,4323
— hydrogène.....	0,0688	 0,0894
— ammoniac.....	0,5967	 0,7752
— oxide de carbone....	0,9569	 1,2431
Vapeur nitreuse.....	3,1805	 4,1318
—— d'alcool absolu...	1,6133	 2,0958
—— d'eau.....	0,6235	 0,8100
—— d'éthersulfurique.	2,5860	 3,3595

Soit D l'un des nombres des tables 1 et 2, x et a les poids de deux volumes égaux, l'un de la substance solide ou liquide qui répond à ce nombre, l'autre d'eau pure au *maximum* de densité ; on a l'équation $x = a$D. Si l'on exprime les poids en grammes et les volumes en centimètres cubes, les nombres de la table représentent les poids d'un centimètre cube des substances solides ou liquides ; d'où il est facile de conclure le poids d'un volume donné de ces corps. Si l'on prend pour unités le kilogramme et le décimètre cube, ces nombres désignent le poids d'un décimètre cube des corps.

Soit p le poids d'un litre ou décimètre cube de gaz sec à 0°, et 760 millimètres, ce poids étant exprimé en grammes ; quand le gaz passe à la température centigrade t et sous la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pression de h millimètres de mercure, un litre de ce gaz pèse

$$x = \frac{20}{19} \cdot \frac{hp}{800 + 3t}.$$

Le mercure pèse 10477,9 fois plus que l'air atmosphérique à zéro et 760 millimètres.

Dans le 3e tableau ci-dessus, la seconde colonne de chiffres exprime le poids spécifique des gaz, celui de l'eau étant représenté par 1000 : on obtient ces nombres en multipliant ceux de la colonne précédente par 1,2991, poids d'un litre d'air atmosphérique sec à 0° et 760 millimètres. FR.

POIL (COUPEUR DE) (*Technologie*). On donne ce nom à des ouvriers dont le travail consiste à raser les peaux de lièvres, de lapins, etc., dont on se sert pour la fabrication des chapeaux. Voici comment ils opèrent : après que le poil de ces peaux a été touché par la dissolution de nitrate de mercure, appelée *secrétage*, ils étendent cette peau sur une table bien unie, et après l'avoir tendue autant qu'il est possible, ils la rasent avec un instrument bien tranchant, aussi près qu'ils le peuvent de la peau, sans cependant l'altérer. Pour bien réussir, ils tiennent l'instrument d'une main, tandis que de l'autre ils tendent bien la peau et la maintiennent, afin qu'elle ne gode pas.

Cette manipulation ne se fait jamais bien parfaitement ; elle est très longue, fatigante, et confond les diverses qualités de poils, qui sont loin d'être de la même finesse sur toutes les parties de la peau. Un bon ouvrier a bien de la peine à raser ainsi un kilogramme et demi de poil par jour.

La Société d'Encouragement, considérant que depuis longtemps on cherche à remplacer, par des machines, le coupage des poils à la main, et voulant préserver les manufacturiers de l'infidélité des ouvriers coupeurs, qui ont la facilité de soustraire une certaine quantité de poil, proposa, en 1825, un prix de mille francs, qu'elle a continué jusqu'en 1829, pour celui qui présentera une machine simple de construction, d'un service prompt et facile, peu dispendieuse et susceptible

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de raser ou tondre toutes sortes de peaux propres à la chapellerie, après que les poils en ont été *secrétés*. Les conditions sont : que cette machine rasera au moins 6 kilogrammes de poil par jour, de manière à en séparer facilement les diverses qualités, et offrira, sur le même travail fait à la main, un bénéfice de 50 pour 100 au moins ; elle devra tenir les peaux parfaitement tendues, pour faciliter l'enlèvement des poils, condition d'autant plus essentielle, que la dissolution mercurielle les fait souvent crisper.

Les machines plus ou moins ingénieuses que les Anglais ont proposées à cet effet laissent encore bien désirer : elles sont beaucoup trop compliquées, d'un service peu aisé, et d'un prix tellement élevé, qu'elles seraient difficilement adoptées dans les ateliers.

D'un autre côté, les fabricans les plus instruits ont remarqué que les poils arrachés sont plus avantageux pour le feutrage que les poils coupés ; nous ne serions pas éloignés de le croire. Les poils arrachés sont toujours un peu plus longs que les poils rasés, et la bulbe qui y reste attachée les consolide mieux dans l'action du feutrage.

Les poils s'arrachent facilement après qu'on a couvert la peau avec une bouillie de chaux ou une bouillie de cendres de bois neuf. On étend une peau sur une table, du côté du poil, on la recouvre, du côté de la chair, d'une couche de bouillie de chaux ou de cendres, de 5 millimètres d'épaisseur ; on étend sur cette bouillie une peau du côté de la chair ; par-dessus une peau dont le poil est en contact avec le poil de la peau inférieure. On couvre cette troisième peau de bouillie, et ainsi alternativement, jusqu'à ce qu'on en a fait une pile d'une douzaine. On laisse en repos pendant douze heures au moins ; alors les poils s'arrachent avec la plus grande facilité. Si l'on n'a laissé les peaux en macération que le temps suffisant, les poils s'arrachent et les gros jarres restent encore implantés après l'opération. Quelques essais rendent maîtres dans cette partie. L.

POINTES DE PARIS (*Technologie*). On donne vulgaire-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment le nom de *pointes de Paris*, à des clous cylindriques en fil de fer de toute grosseur et dimension, qu'on désigne plus particulièrement sous la dénomination de *clous d'épingle*. Au mot Clou, T. V, page 379, on a décrit la manière de fabriquer les clous d'épingle à la main; mais on n'a fait aucune mention des nombreuses machines qu'on a imaginées pour les fabriquer mécaniquement. Les brevets que les inventeurs avaient obtenus n'étaient pas encore publiés, et il était impossible alors d'en faire mention. Nous allons y suppléer aujourd'hui, en indiquant au lecteur les ouvrages dans lesquels il trouvera la description des nombreuses machines brevetées pour la fabrication des *pointes de Paris* ou clous d'épingle.

Brevet de 15 ans, pris le 9 mai 1806, par M. Japy, à Colmar (Haut-Rhin), expiré le 9 mai 1821, publié dans le T. VIII des Brevets expirés, page 285.

Brevet de 15 ans, pris le 4 mars 1811, par White, à Paris, expiré le 4 mars 1826, publié T. XII, page 183.

Brevet de 5 ans, pris le 16 juillet 1816, par Daguet, à Paris, expiré le 16 juillet 1821, publié dans le T. IX, page 116.

Brevet de 5 ans, pris le 11 décembre 1821, par Maillot fils, à Lyon, expiré le 11 décembre 1826, publié T. XIV, page 20.

Brevet de 15 ans, pris le 31 janvier 1822, par Laroche et Monnier, à Paris. Clous d'épingle à pointes tournées.

Brevet de 15 ans, pris le 19 juin 1823, par Chevenier et compagnie; à Lyon. Avec cette machine, on peut en fabriquer six mille par heure.

Brevet de 10 ans, pris le 19 mai 1825, par Bruyset et compagnie, à Paris.

Brevet de 15 ans, pris le 25 août 1825, par Mangin et Petitjean, à Montataire (Oise).

Brevet de 15 ans, pris le 6 octobre 1825, par Bouchy, à Paris.

Brevet de 10 ans, pris le 24 février 1826, par Lechartier Jean-François), à Paris.

Brevet de 15 ans, pris le 16 mars 1827, par Caplain aîné, à Paris, et Caplain jeune, à Elbeuf.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

POIRÉ. On donne ce nom au jus fermenté des poires à CIDRE. (*V.* ce mot.) P.

POIRIER (*Agriculture*). Arbre indigène, qu'on cultive à cause de l'excellence de ses fruits, qui font l'ornement des desserts, et dont la multitude des variétés paraît sur nos tables pendant une grande partie de l'année. Plusieurs sont cultivées pour en faire une boisson fermentée qu'on appelle *poiré*. La description de ces variétés ne saurait entrer dans cet ouvrage; nous nous bornerons à exposer quelques principes généraux de culture de cet utile végétal.

Sur plus de cinq cents variétés de poiriers, il n'y en a pas une qu'on puisse reproduire par semis des graines, nommées *pepins*. Les boutures et marcottes ne sont pas assez durables pour qu'on emploie ce moyen de reproduction; c'est par la GREFFE seule qu'on conserve les variétés qu'on a obtenues de la culture. Celles qu'on fait sur des *sauvageons* sont vigoureuses, d'une longue durée, et très fécondes; mais elles ne se mettent à fruit que très tard (à l'âge d'environ vingt ans), et les poires en sont moins savoureuses. C'est sur le coignassier surtout qu'on greffe les poiriers, parce qu'ils sont très précoces; mais ils restent de petite taille. Les greffes sur *franc*, c'est-à-dire sur des poiriers de semis, donnent de beaux arbres de plein vent, qui pivotent profondément et ne se plaisent que dans des terrains riches et de bon fond. Les poiriers qu'on met en espaliers, quenouilles, buissons, etc., sont greffés sur coignassiers, parce qu'on en règle mieux la taille, et que les fruits en sont plus beaux; ils ne réussissent bien que dans les terres fertiles, légères et un peu humides; la sécheresse leur est très nuisible. L'espalier du nord leur convient.

On répand en automne ou au printemps, les graines de poiriers, sur des planches abritées et bien labourées; on les recouvre d'un pouce de terre et d'un peu de litière. Le plant paraît en mai; on le sarcle, on l'arrose, s'il est nécessaire. L'année suivante, ou celle d'après, on lève ce plant; on rejette les pieds épineux ou mal venus; on repique, et vers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'automne suivant, on greffe en écusson à œil dormant, pour obtenir des poiriers plein-vent et des demi-tiges. En général, les poiriers greffés sur franc, malgré leur tardive fécondité, sont ceux qu'on doit préférer lorsqu'on veut avoir de beaux arbres et d'excellens fruits.

C'est par la taille qu'on donne aux poiriers les formes variées qu'on voit dans les jardins. Selon les principes de l'art, il faut tailler très longs ceux qui sont vigoureux et tardent à se mettre à fruit; on taille courts, au contraire, ceux qui sont débiles et trop féconds. La taille en V, comme pour le PÊCHER (*V.* ce mot), est celle qu'on doit préférer pour les espaliers. (*V.* PALISSAGE.) Les fruits ne viennent que sur les branches d'au moins trois ans; on les appelle *lambourdes, brindilles*. En pinçant les branches, c'est-à-dire en les cassant près de la tige et au-dessus d'un œil, on met ce bouton à fruit.

On dessèche quelquefois les poires, en les exposant dans un four dont on vient de retirer le pain, et en les plaçant sur des claies. On les conserve encore en les faisant cuire à demi dans un chaudron, et les pelant : on les met ensuite au four, puis on les arrose avec le sirop donné par la première cuisson, et qu'on a sucré. On réussit à les dessécher complètement, après quoi on les met dans des boîtes ou des corbeilles. Il s'en fait, ainsi apprêtées, une grande consommation : c'est un objet de commerce en certains pays.

Mêlées au suc de raisin, on en fait par la cuisson une confiture qu'on appelle *raisiné*. On compose aussi des marmelades de poires, etc.

Le bois du poirier est fin, léger, et se laisse facilement travailler. On l'emploie dans l'ébénisterie, on en fait des règles, des équerres, des boîtes, etc. FR.

POIS (*Agriculture*). Plante herbacée et légumineuse, qu'on cultive pour la nourriture de l'homme et des animaux. On en connaît plusieurs variétés. Quand les pois hâtifs sont semés sur couches ou sous châssis, c'est un objet de luxe qui n'est à la portée que des grandes fortunes; mais semés aux ap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proches de l'hiver, en pleine terre, dans un sol léger et sablonneux, près des abris, recouverts de paille et découverts à temps, les pois hâtifs donnent au printemps des graines délicieuses, qui font l'objet d'un grand commerce. Le sol en est épuisé au point qu'on ne doit y semer de nouveau les pois, qu'après un intervalle de plusieurs années, sous peine de n'avoir que de faibles produits. Des labours profonds et fréquens, du terreau bien consommé, conviennent à ce végétal. La graine ne vaut rien passé deux ans, et souvent même au-delà de la première année : elle se sème dans des trous qu'on espace à peu près de 4 pouces. Lorsqu'il a acquis assez de force avant les gelées, le pois peut les braver aisément, surtout s'il est abrité des vents rigoureux et des frimats.

On sème aussi des pois au printemps, mais rarement en plein champ. Toutes ces plantes sont grimpantes, et il est utile de les ramer pour accroître l'abondance de la récolte. Cependant on ne rame pas ordinairement les pois de primeur. On *pince* le bout des tiges, pour arrêter le trop grand développement, qui nuirait à la fécondité.

On mange plus volontiers les pois verts que ceux qui sont secs; ces derniers cependant composent une forte partie de la nourriture du peuple en certains pays. A Paris, on ne mange guère les pois secs qu'en purée. On donne les cossats aux bestiaux, qui les aiment beaucoup; mais on leur donne surtout une variété de pois, à fleurs violacées, nommée *bisaille, pois de pigeon, pois agneau,* qu'on sème à la volée dans les champs sur deux labours : c'est un excellent fourrage. Les chevaux, les bœufs, les porcs, recherchent avec passion cette espèce de nourriture, qui est très saine. On donne les graines aux volailles. FR.

POIVRE. On connaît dans le commerce plusieurs espèces de poivre, savoir :

1°. Le *poivre noir* et le *poivre blanc*, qui sont l'un et l'autre produits par le *piper nigrum* de Linné ;

2°. Le *poivre long*, qui est le fruit d'une autre espèce du même genre;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3°. Le *poivre d'Inde*, appelé aussi *poivre de Guinée*, *piment*, *corail des jardins* : cette espèce est produite par le *capsicum annuum*;

4°. Le *poivre de la Jamaïque*, ou *piment Tabago*, qui appartient à un myrthe nommé par les botanistes *myrthus pimenta*, L.

Celui-ci n'est employé que dans quelques préparations médicinales ; mais on fait un assez fréquent usage des autres, et surtout du premier, qui sera le seul dont nous traiterons ici. La préférence qu'on lui accorde sur les autres est sans doute fondée sur ce que sa saveur chaude et aromatique est plus agréable et moins caustique que celle du poivre long et du piment. Quoi qu'il en soit, comme il se fait une consommation considérable de cette espèce, et, par conséquent un grand commerce, elle mérite d'être bien connue, et nous entrerons dans quelques détails à son égard.

Le poivre noir est le fruit d'un arbrisseau sarmenteux, qui croît spontanément dans les Indes orientales, et qui a été introduit en Europe par Poivre, ancien intendant de l'Ile-de-France. On le cultive à Sumatra et à Java ; sa culture exige quelques soins particuliers, que nous ne croyons pas devoir rapporter ici. Il nous suffira de dire que c'est vers la troisième année de sa plantation que cet arbrisseau produit des fruits, dont la récolte se fait habituellement quatre mois après la chute des fleurs, et que les mêmes plants, lorsqu'ils sont convenablement soignés, peuvent fournir d'abondantes récoltes pendant près de vingt années consécutives.

Ce fruit est une baie réunie en grappe, dont la couleur est d'abord verte, et qui rougit en mûrissant ; mais comme toutes les grappes ne mûrissent pas en même temps, on ne les récolte qu'au fur et à mesure de leur maturité, et l'on a même bien soin de ne pas les prendre trop vertes ; car alors elles tombent en poussière pendant la dessiccation, tandis que, quand elles sont cueillies au point convenable, on obtient un poivre assez solide, et qui constitue le *poivre noir*.

Le *poivre blanc* n'est autre que le poivre noir mondé de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son écorce extérieure ; opération très simple, qu'on pratique en faisant macérer dans l'eau le poivre noir pendant environ six semaines. La pellicule extérieure se gonfle par l'humidité, s'ouvre et se dépouille d'elle-même. Le poivre ainsi macéré perd un peu de son âcreté, le grain devient blanc et lisse, tandis que l'écorce du poivre noir est rugueuse à l'extérieur.

L'odeur aromatique du poivre paraît dépendre d'une huile essentielle incolore et plus légère que l'eau ; on en obtient environ 2 gros par livre au moyen de la distillation ordinaire ; mais la saveur en est moins chaude et moins piquante que celle du poivre lui-même, tandis qu'à l'aide de l'alcool on retire de cette semence une résine d'un jaune-verdâtre, qui jouit d'une saveur de poivre tellement forte, qu'elle en est presque caustique.

Le poivre contient en outre un principe particulier, qui a été découvert par OErstedt, et auquel on a donné le nom de *piperin*. Ce principe est sans saveur lorsqu'il est bien pur, et alors il est incolore ; mais s'il retient un peu de résine, il est sapide, il a une teinte d'un vert-jaunâtre plus ou moins intense, suivant la proportion qu'il en contient. Il cristallise en prismes quadrangulaires sans pyramides ; il est très soluble dans l'esprit de vin ; sa solution concentrée précipite par l'eau, qui ne paraît pas susceptible d'en dissoudre une quantité sensible. L'acide acétique concentré le dissout en assez forte proportion : les autres acides, lorsqu'ils sont affaiblis, n'exercent aucune action marquée sur le piperin ; mais dans leur état de concentration, ils le décomposent après lui avoir fait subir divers degrés d'altération.

Comme on fait usage du piperin en Médecine, on l'extrait assez en grand, et voici comment on y procède : on choisit le meilleur poivre, c'est-à-dire qu'on donne la préférence à celui qui est très aromatique, bien sec et lourd, et qui par conséquent ne doit pas surnager l'eau ; on le fait moudre, puis on le traite à diverses reprises par de l'alcool concentré et bouillant. Cette opération se fait habituellement au bain-marie, dans des alambics ordinaires. On soutient l'é-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bullition pendant quelques instans, et quand elle est bien décidée, on retire le feu et on laisse refroidir. On décante la teinture alcoolique, puis on procède à une deuxième décoction, et ainsi de suite, jusqu'à épuisement complet. Pour ne pas employer une trop grande quantité d'alcool, on distille au fur et à mesure chaque teinture dans un autre alambic, et l'on obtient pour produit une matière d'un jaune-verdâtre de consistance de pâte molle, assez souvent parsemée de points brillans ou de paillettes micacées. On lave ce résidu en le malaxant dans de l'eau froide, puis on le fait bouillir avec une solution aqueuse de potasse caustique; cet alcali s'unit à la matière grasse ou résinoïde du poivre, et la rend miscible à l'eau. On délaie de nouveau dans l'eau, et l'on obtient un dépôt verdâtre, floconneux et comme pulvérulent, qui contient et le piperin et un peu de matière grasse. On traite ce résidu par une nouvelle quantité d'alcool bouillant; on filtre, et si la solution est assez concentrée, on obtient par refroidissement des cristaux d'abord très colorés en jaune-verdâtre, qu'on purifie par de nouvelles dissolutions et cristallisations; mais il est très difficile de les obtenir parfaitement blancs, quand bien même on a recours au charbon animal, ou à d'autres corps susceptibles de se combiner avec la matière grasse colorante. Il est d'ailleurs bien présumable que le piperin entièrement dépouillé de toute matière étrangère serait aussi dépourvu des propriétés fébrifuges qu'on lui a reconnues ou attribuées.

R.

POIX (de πισσα, *pix*). On donne ce nom, 1°. à la térébenthine épaissie; 2°. à un mélange de plusieurs produits de cette même substance altérée par le feu, avec ceux de la distillation de matières ligneuses. La première sorte constitue la poix blanche ou jaune; la deuxième la poix noire.

La *poix blanche* ou *poix jaune* est obtenue par incision de divers arbres de la famille des conifères, particulièrement du pin maritime (*pinus maritima*), du pin sauvage (*pinus sylvestris*).

Les parties les plus fluides de ce suc résineux qui s'écou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lent ainsi portent le nom de *térébenthine;* les portions restées adhérentes à l'arbre, extraites avec soin, prennent la dénomination de *poix blanche* ou *poix de Bourgogne,* après avoir été liquéfiées par la chaleur et coulées dans les barils : quelquefois on augmente sa ductilité en y ajoutant, pendant la fusion, un peu de vinaigre fort.

La portion de matières résineuses restée attachée aux arbres, et qu'on enlève en raclant ceux-ci jusqu'à l'écorce, se trouve mêlée de parties ligneuses et corticales ; on lui donne le nom de *galipot.* Cette substance, fondue et filtrée à chaud au travers de natte de paille, forme la poix commune ; privée, par la distillation, de la plus grande partie d'huile essentielle de térébenthine qu'elle contient, elle donne pour résidu de la résine commune, dite *arcanson ;* celle-ci, battue encore chaude avec 5 ou 6 pour 100 de son poix d'eau, devient opaque et moins colorée ; c'est la matière connue sous les noms de *résine commune, brai sec, colophane et poix-résine.* (*V.* RÉSINE.)

La poix blanche est assez souvent employée en Médecine comme vésicante ; elle a l'inconvénient d'adhérer trop fortement à la peau, de gêner les mouvemens, et de causer de la douleur lorsqu'on veut l'enlever, bien qu'alors on la ramollisse en l'échauffant un peu.

La poix rougit la peau, sans y causer de vessie comme les cantharides.

Cette substance entre dans la confection de plusieurs emplâtres, dont on augmente l'action rubéfiante en les saupoudrant d'euphorbe ou d'autres matières irritantes. Mélangée en différentes proportions avec la cire, l'huile, les graisses, elle donne une consistance convenable à différentes préparations emplastiques et onguentaires.

Poix noire. Cette matière se prépare au moyen de la combustion étouffée de différens débris résineux qui proviennent de la confection de la poix blanche, de la térébenthine, du galipot, etc. : on y emploie également des copeaux de bois de sapin, des nattes de paille imprégnées de résine, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Toutes ces substances sont entassées dans un four de 6 à 7 pieds de diamètre, sur 8 à 9 pieds de hauteur ; on met le feu à la partie supérieure du tas, et la température communiquée par la combustion progressive, liquéfie la térébenthine ; elle décompose en partie du bois et de la résine, et donne naissance à de l'acide acétique, de l'huile pyrogénée de résine, de l'eau, etc. Ces matières coulent ensemble par un canal pratiqué à la partie inférieure du four, dans un récipient en bois ; là, une portion de l'acide acétique formé se sépare spontanément avec l'eau, et il est facile de les décanter. On achève la préparation de la poix en faisant concentrer dans une chaudière en fonte jusqu'à la consistance convenable ; on la coule alors dans des moules, où on la laisse refroidir.

La poix noire ainsi obtenue est une substance luisante, noire, aromatique, d'une assez forte consistance, cassante même, si l'évaporation a été poussée trop loin ; elle se ramollit et devient susceptible d'une forte adhérence, par la seule chaleur de la main; posée sur la langue, elle y développe un goût âcre, désagréable ; ses usages dans les Arts sont assez nombreux ; elle sert à enduire les fils avec lesquels on fabrique la corde pour la marine, et ceux qui sont employés à la couture des souliers ; on la fait entrer dans le goudron que l'on veut épaissir pour l'usage de la marine, et en général pour enduire les bois qui doivent résister à l'humidité ; on s'en sert en Angleterre pour composer des toiles imperméables, en la renfermant, à chaud, entre deux tissus de chanvre. Pendant long-temps on en fit usage pour enlever les croûtes pustuleuses et une portion de l'épiderme de la tête, dans le traitement de la teigne.

La poix noire mélangée à chaud avec du brai sec et du goudron, en quantité suffisante pour produire la consistance voulue, forme la matière résineuse connue sous le nom de *brai gras*, et qui est très usitée pour enduire les bois et les cordages de la marine. (*V.* le complément de cet article dans les mots RÉSINE, GOUDRON, MASTIC.) P.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

POIX MINÉRALE. On donne ce nom au BITUME naturel. (*V.* ce mot et les articles ci-dessus.) P.

POLENTA (ἀλφιτον). Les anciens nommaient ainsi diverses préparations alimentaires faites avec l'orge, soit pour leur nourriture, soit pour leur boisson, et dont l'usage était général parmi le peuple et les soldats.

Aujourd'hui, le nom de *polenta* est réservé ordinairement à une sorte de bouillie de maïs diversement assaisonnée, suivant les habitudes de la localité. En Italie surtout, il s'en fait une grande consommation dans toutes les classes de la société. Le mets favori d'un Napolitain de la classe aisée se compose de becfigues à la polenta, tandis que les gens du peuple se contentent de bouillie de polenta au fromage, ou de morceaux de celle-ci coupés froids et soumis dans la friture, à une deuxième coction.

La polenta, comme les différentes préparations alimentaires du maïs, est d'une facile digestion. P.

POLISSEUR (*Technologie*). Dans les grandes manufactures, les ouvriers sont spécialement occupés à polir les ouvrages déjà préparés par d'autres ouvriers, et à leur donner les dernières manipulations. C'est ainsi que dans les manufactures des glaces, on voit des ouvriers uniquement occupés de leur poli. Ce genre de travail a été décrit avec tous les détails nécessaires au mot GLACES, T. X, page 210; nous y renvoyons le lecteur.

Les manufactures d'orfévrerie, d'horlogerie, de bijouterie d'acier, etc., exigent aussi des polisseurs, et nous n'avons pas encore décrit en détail les manipulations qu'on exerce sur les divers métaux qu'on emploie dans ces différens Arts, pour rendre leurs surfaces brillantes; nous allons nous en occuper.

L'or, l'argent, le platine, le laiton, se polissent à peu près de la même manière. Ce sont ordinairement des femmes qui sont chargées de ce travail, et prennent le nom de *polisseuses*.

Avant de procéder au polissage, on commence par *adoucir* la surface qu'on doit polir, c'est-à-dire qu'il importe d'en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enlever tous les traits que la lime, le tour, le grattoir, etc., ont faits, afin d'en rendre la surface parfaitement unie. Cet adoucissage s'opère, sur les métaux dont nous venons de parler, et qui ne sont pas très durs, à l'aide de la pierre ponce en poudre, qu'on emploie d'abord délayée à l'eau, et qu'on passe sur les métaux, soit avec des feutres formés de peaux de buffle ou de chamois fortement tendues sur des morceaux de bois tendre, pour les surfaces planes, soit avec des mêmes morceaux de bois tendre, sans l'intermédiaire des peaux, et disposés de manière à pouvoir pénétrer dans tous les creux et atteindre les surfaces en relief.

Lorsque les premiers gros traits sont enlevés, il s'agit de faire disparaître ceux que la pierre ponce à l'eau a faits. Pour cela, on se sert de la pierre ponce broyée très fin, qu'on délaie avec de l'huile d'olive, et qu'on emploie, soit avec des feutres, soit avec des morceaux de bois tendre, tel que le saule. Il importe, dans ces manipulations, d'user d'une grande propreté, c'est-à-dire de ne passer d'une opération à l'autre, qu'après avoir bien nettoyé la pièce avec de l'eau de savon et une brosse, afin d'enlever sans exception toute la ponce à l'eau, avant d'employer la ponce à l'huile, et de ne se servir d'aucun outil qui ait servi à l'opération précédente. Chacune de ces manipulations doit avoir ses outils particuliers, renfermés avec soin dans des boîtes qui les garantissent de la poussière pendant qu'ils ne servent pas; sans ces précautions, qu'on pourrait regarder comme minutieuses, on s'exposerait à faire des traits au lieu de les enlever. Nous ne répéterons plus ces observations, qui sont applicables à chacune des manipulations particulières.

Après qu'on a enlevé tous les traits à l'aide de la ponce à l'huile, ce qu'on ne peut bien reconnaître qu'après avoir savonné la pièce et l'avoir bien séchée dans toutes ses parties avec un linge blanc, propre et sec, et qu'on a reconnu, à l'aide d'une loupe, qu'il n'y existe plus aucun trait, on peut procéder au polissage.

Les métaux tendres dont nous nous occupons ici parti-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culièrement, se polissent de différentes manières, selon leur volume, ou selon leur usage.

Les gros ouvrages d'orfévrerie sont ordinairement brunis. (*V.* au mot BRUNISSEUR, T. III, page 583, dans lequel nous avons décrit avec détails les brunissoirs et la manière de s'en servir.)

Certains ouvrages d'orfévrerie et de bijouterie, et tous ceux en laiton d'horlogerie, ne sont pas brunis, mais polis : en voici les manipulations. Après avoir adouci, à l'aide de la ponce à l'huile, lorsque les traits de la lime sont très apparens, on adoucit avec la pierre à l'eau (1), et à grande eau. Les pièces d'horlogerie sont toujours adoucies de cette manière, jusqu'à ce que tous les traits soient disparus, ce que l'on reconnaît par le lavage au savon.

On procède ensuite au polissage, soit en employant le *tripoli de Venise*, qui est le plus estimé, délayé, soit à l'eau, soit à l'huile d'olive, selon différens cas, pour certaines pièces d'orfévrerie ou de grosse bijouterie, jusqu'à ce qu'on aperçoive la surface parfaitement brillante; alors on termine avec le tripoli en poudre impalpable, à sec et à l'aide d'une brosse très douce.

Pour polir les pièces d'horlogerie qui ne doivent pas être dorées, après avoir bien adouci avec la pierre à l'eau, on polit avec la *terre pourrie* bien lavée, et par conséquent très fine, délayée à l'huile d'olive, comme le tripoli, et l'on termine de la même manière avec la *terre pourrie* à sec.

La *terre pourrie* est, selon M. Brongniart, une sorte de tripoli plus léger, plus fin et plus friable que les autres. Celle qui nous vient d'Angleterre est très estimée pour polir; elle est d'un gris cendré foncé, et se trouve en couches épaisses

(1) Il y en a de deux sortes, l'une tendre et l'autre dure. La première est désignée, par Brongniart, sous le nom de *schiste argileux*; c'est celle dont il est ici question. La seconde est désignée, par le même minéralogiste, sous la dénomination de *schiste coticule*; elle sert à affûter les outils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur la chaux carbonatée compacte, près de Bakewell en Derbyshire.

Le polissage de l'acier ne s'exécute pas de la même manière que pour les métaux plus tendres. L'acier ne se polit qu'après qu'il a été trempé, et plus il est dur, plus son poli est brillant.

Les substances que nous avons indiquées pour le polissage des autres métaux ne seraient pas assez énergiques pour attaquer une substance aussi dure. On emploie l'*émeril,* qui est une substance assez connue pour nous dispenser de la décrire, et l'on s'en sert après l'avoir délayé dans l'huile.

L'acier trempé se polit presque toujours à plat, comme les glaces, ou à facettes, comme le diamant. On se sert par conséquent, pour les grands ouvrages, du moulin du LAPIDAIRE, que nous avons décrit T. XII, page 125, et pour les petits ouvrages d'horlogerie, du petit lapidaire, décrit au même article, page 132, avec figures; nous y renvoyons le lecteur.

On commence par adoucir avec l'émeril du troisième degré de finesse, ensuite avec celui du deuxième degré, et l'on termine par le plus fin, ou celui du premier degré. L'adoucissage parfaitement terminé, on polit à l'aide du rouge d'Angleterre (tritoxide de fer) à l'huile, et l'on termine, afin de donner le brillant noir, avec la potée d'étain (peroxide d'étain) employée à l'eau, d'abord sur des meules et avec des instrumens en zinc, puis à sec sans liquide.

Lorsque l'acier trempé qu'on veut polir présente des reliefs et des creux, on l'adoucit et on le polit avec les mêmes substances; mais les instrumens sont, comme pour les métaux moins durs, des morceaux de bois taillés relativement aux formes à polir, et employés avec la même propreté.

L.

POLYALDES (*Arts physiques*). Espèces de lunettes imaginées par M. Cauchoix, qui permettent de varier le grossissement dans de certaines limites. Cette invention est décrite T. XII, page 419. FR.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

POLYÈDRE (*Arts de calcul*). Corps formé de plusieurs faces planes, diversement inclinées, et réunies deux à deux par des lignes nommées *arètes*. L'angle d'une face avec l'autre s'appelle *angle dièdre;* celui que forment plusieurs arètes qui se joignent en un point est appelé *angle polyèdre* ou *angle solide;* enfin, l'*angle plan* est celui que forment entre elles deux arètes. Nous renvoyons aux traités de Géométrie pour connaître les nombreuses propriétés des polyèdres : ce sujet, d'assez grande étendue, ne pourrait être traité convenablement ici.

Nous dirons seulement qu'on appelle *polyèdre régulier*, celui dont toutes les faces sont des polygones réguliers égaux, dont les angles dièdres sont égaux et les angles solides égaux. Le cube est un polyèdre régulier à six faces : cette forme est celle du Dé à jouer. Il n'y a que cinq polyèdres réguliers, savoir : le *tétraèdre*, l'*octaèdre* et l'*icosaèdre*, qui ont leurs faces triangulaires, et sont composés de quatre, huit et vingt faces; chaque angle solide est formé de trois, quatre et cinq angles plans de 60° chacun; l'*hexaèdre régulier* ou *cube*, qui est composé de six carrés, et dont chaque angle solide est formé de trois angles plans de 90°; enfin, le *dodécaèdre régulier*, qui est formé de pentagones réguliers, et dont chaque angle solide est composé de trois angles plans de 108° chacun. FR.

POLYGONE (*Arts de calcul*). Figure formée de lignes contiguës et inclinées l'une à l'autre, enfermant un espace. Dans les Arts, il est quelquefois nécessaire de former des polygones plans d'après une loi donnée. Le plus souvent, on veut que ces figures soient régulières, c'est-à-dire que les angles soient égaux et les côtés égaux. Ce sujet a déjà été traité T. I, page 300. (*V.* aussi les articles Arc, Angle, Corde.) FR.

POLYTECHNIQUE. Nom d'une école célèbre qui donne des ingénieurs à tous les services publics de France. Créée en l'an III (1794), par un décret de la Convention nationale, elle fut d'abord appelée *École Centrale des travaux publics*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est à l'illustre Monge, à Prieur de la Côte-d'Or, à Lamblardie, à Fourcroy, et à plusieurs députés de cette époque, que cette belle fondation est due. C'était une idée grande et généreuse que d'accorder les emplois de l'armée et du génie civil à des hommes qui, dans des examens publics, faisaient preuve de talens et d'assiduité dans leurs études; de leur faire donner l'instruction par les professeurs les plus habiles, et de n'accorder définitivement les places qu'aux élèves qui auraient justifié ce choix par des travaux remarquables. Les leçons de Lagrange, de Laplace, de Monge, de Berthollet, de Guyton-Morveau, de Prony, de Fourcroy...., sont venues féconder ces jeunes talens. Toutes les carrières publiques ont été ouvertes à ces élèves, qui bientôt se sont distingués par des qualités éminentes. Depuis la finance jusqu'à l'administration, depuis l'armée jusqu'à l'Institut, un grand nombre de polytechniciens sont venus illustrer les corps où ils étaient entrés; et maintenant, au milieu de la paix, les successeurs de ceux qui ont fondé une si belle renommée se montrent dignes de la continuer.

Sous l'administration de Bonaparte, l'école fut casernée et transférée du Palais-Bourbon au collége de Navarre; en messidor an XII (1804), elle reçut une nouvelle organisation entièrement militaire. M. Lacuée en fut nommé le gouverneur; son régime intérieur fut modifié, pour y admettre un pensionnat, qui manquait à cette école. Nous renverrons, pour de plus amples détails sur ce sujet, à un ouvrage spécial publié par M. Fourcy, et à la Correspondance publiée par M. Hachette.

Mais ce qu'il convient de dire ici, c'est que nul ne peut être admis dans divers services publics sans avoir suivi les cours de l'École Polytechnique; ces services sont: les constructions navales, les ponts et chaussées, les mines, le génie militaire, l'artillerie de terre et de mer, les poudres et salpêtres, et le génie géographe (dépôt de la guerre); quelquefois même on a tiré de l'École Polytechnique des officiers pour l'armée et des marins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour être admis dans cette école, il faut avoir été jugé l'un des plus dignes d'y entrer, par suite d'examens publics faits, avec un soin extrême, dans les principales villes de France, par des commissaires délégués du Gouvernement. Les époques de ces examens et la nature des sciences qui en font l'objet sont publiées à l'avance, et les candidats doivent se faire inscrire en cette qualité à la préfecture de leur département. On les interroge sur l'Arithmétique, la Géométrie élémentaire, l'Algèbre, jusques et y compris la formule du binome et la résolution des équations numériques des degrés supérieurs; la Trigonométrie rectiligne, l'application de l'Algèbre à la Géométrie, y compris les propriétés générales des courbes du second degré; enfin, la Statique. On exige encore le dessin d'une tête, la Géométrie descriptive et la traduction d'une version latine.

Une fois admis à l'École Polytechnique, les élèves sont réunis dans leur caserne, où ils reçoivent l'habillement, la nourriture et l'instruction, moyennant la fourniture d'un trousseau et le paiement d'une pension annuelle de 1000 fr. Les cours durent deux ans; les calculs différentiel et intégral, la Mécanique théorique et appliquée, la Géométrie descriptive et ses applications, la Physique, la Chimie, sont les principales branches d'enseignement, confiées aux plus habiles professeurs de France. A la fin de chaque année, on fait subir aux élèves des examens, soit pour les faire passer d'une des divisions dans l'autre (car chaque année d'études embrasse des connaissances particulières et exige des cours spéciaux), soit pour être admis dans les différens services publics. Lorsqu'à la fin de l'année, un élève n'est pas jugé assez instruit pour profiter des cours de l'année suivante, ou pour mériter d'entrer dans l'une des écoles d'applications, on le conserve une année de plus dans sa division; mais lorsqu'après son temps d'études fini, les examens ne lui sont pas favorables, l'élève sort de l'école sans recevoir d'emploi. Pour les retardataires, la durée du séjour dans l'établissement est donc de trois ans; mais pour la grande majorité,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux années suffisent. Vingt-quatre bourses gratuites sont accordées aux meilleurs élèves; le fonds en est pris sur la caisse des pensionnaires.

Les examens d'admission sont faits dans le courant des mois d'août, septembre et octobre de chaque année, par des examinateurs qui se transportent dans les principales villes de France. Les élèves sont soumis au régime militaire; des examens faits dans l'intérieur de l'école et dès leur entrée, permettent de constater leurs progrès. Si leur conduite et leurs succès dans les études répondent aux espérances, ils sont assurés de sortir de l'école avec un emploi dans le génie civil ou militaire. Le trousseau en habits, linge, livres et effets qu'ils doivent fournir leur est rendu à la sortie.

Ce court exposé des travaux de l'École Polytechnique, des conditions qu'il faut remplir pour y être admis, des dépenses que les familles doivent faire, et des droits réservés à chaque élève qui accomplit fidèlement ses devoirs, est tout ce qu'il nous est permis d'en dire ici. Le but que notre Dictionnaire se propose ne comporte pas de développemens plus étendus. Les personnes qui ne se croiraient pas assez instruites sur ce sujet consulteront les ouvrages cités précédemment.

Quant aux services que ce bel établissement a rendus aux Sciences et à l'État, il serait fort inutile d'en parler ici; sa renommée est si généralement établie, que nous ne pourrions en dire que ce que chacun sait d'avance. En 1814, les jeunes élèves de l'École Polytechnique se portèrent à la défense de la France envahie par l'étranger; beaucoup d'entre eux y reçurent d'honorables blessures. En 1815, lorsqu'une nouvelle invasion de prétendus alliés vint porter la guerre au milieu de la France, la patrie retrouva encore l'enthousiasme de cette ardente jeunesse. On lui fit un crime de ce dévouement, et l'on profita d'un léger désordre qui avait éclaté dans cet établissement pour le supprimer en 1816; mais bientôt on reconnut toute l'étendue de la perte que l'on venait de faire, et l'on rétablit l'école avec quelques insignifiantes modifications dans le régime. Les élèves licenciés fu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rent même, en grand nombre, admis dans les services publics; et l'évènement a prouvé que la patrie et le Roi n'avaient pas de plus zélés soutiens que cette jeunesse, qu'on n'avait représentée comme hostile au Gouvernement que dans l'espérance de pouvoir disposer arbitrairement des emplois qui lui étaient exclusivement réservés. L'école est aujourd'hui, à fort peu près, sous le même régime que précédemment, et les élèves se montrent dignes héritiers de la gloire de leurs devanciers. FR.

POLYTYPAGE, POLYTYPE (*Technologie*). On appelle *polytype* celui qui s'occupe de *polytypage*. Camus, qui a fait l'histoire et décrit les procédés du polytypage et de la stéréotypie, recherche quelle est la différence de plusieurs mots qu'on a employés pour désigner divers moyens de répandre des ouvrages par la voie de l'imprimerie. Il prouve qu'on a appliqué le mot *polytypage* à des moyens qui n'étaient pas les mêmes, et que les expressions de *stéréotypie, monotypie, homotypie,* ont désigné tantôt des procédés du même genre, tantôt des procédés de genre différent. Il ne conserve que les mots *polytyper, polytypage,* pour désigner les moyens de multiplier les signes de la pensée, écriture ou dessin, soit par des voies qui tiennent de la gravure en taille-douce, soit par d'autres voies qui tiennent de l'imprimerie typographique : et *stéréotype, stéréotyper,* pour désigner les moyens de multiplier l'écriture ou plutôt les éditions des livres par des procédés du genre de la TYPOGRAPHIE.

Quant aux procédés de *polytypage, V.* au mot CLICHAGE, T. V, page 361. L.

POMMADE. En Médecine, comme dans l'art de la parfumerie, on appelle *pommades* des mixtures médicamenteuses ou cosmétiques, qui ont des graisses pour excipient. Ce nom leur a été donné, parce qu'on faisait entrer des *pommes* dans la composition de quelques-unes d'entre elles. L'AXONGE ou graisse de porc est principalement usitée pour cet objet; déjà nous avons indiqué à cet article les moyens de l'extraire et de la conserver. On trouve aussi, à l'article PARFUMEUR, des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

détails pratiques sur la préparation des principales pommades, et nous croyons inutile d'y revenir ici. R.

POMMES DE TERRE. On nomme vulgairement ainsi les tubercules du *solanum tuberosum*. Cette plante paraît être originaire de Virginie ; on la trouve à Valparaiso, au Chili, et il paraît qu'elle vient spontanément à Montévideo. La pomme de terre, venue des régions équatoriales en Italie, fut introduite en Allemagne, d'où on la transporta en Espagne, et de là en Irlande, puis dans toute l'Angleterre : ce ne fut que vers la fin du seizième siècle qu'on l'importa d'Italie en France. Un préjugé défavorable prédomina long-temps dans notre pays contre ce précieux tubercule ; son usage fut même défendu, et sa culture resta long-temps dans un état précaire. L'article y relatif, dans l'Encyclopédie, rédigé en 1765, démontre ces préventions fâcheuses ; il se termine ainsi : « On reproche, avec raison, à la pomme de terre, d'être venteuse ; mais qu'est-ce que des vents pour les organes vigoureux des paysans et des manœuvres? »

Ce fut en 1785 que Parmentier s'occupa, avec le plus de succès, de démontrer les avantages qu'offre la pomme de terre dans ses usages économiques ; en 1786, des calamités de toute nature donnèrent un certain élan à la culture de cette plante. Un stratagème ingénieux y contribua d'ailleurs puissamment. On se rappelle que le philanthrope Parmentier feignit de confier à des gendarmes la garde d'un champ de pommes de terre, afin de donner l'envie d'en dérober, et qu'il atteignit son but.

Louis XVI accueillit avec bonté un simple bouquet que Parmentier avait composé des fleurs du *solanum tuberosum*. Quel moyen plus ingénieux pouvait-on imaginer pour mettre en crédit une plante jusqu'alors dédaignée, et qui offre la plus puissante garantie contre la famine? Les courtisans s'empressèrent à l'envi de cultiver cette plante, honorée des regards du roi. En d'autres temps, ce fut encore à la flatterie que l'on dut l'essort donné à la culture de la betterave, et les succès de nos fabriques du sucre indigène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La pomme de terre est le tubercule d'une plante de la famille des morelles (*solanum tuberosum*, de L.); sa racine, vivace et rampante, offre des tubercules charnus de forme et de grosseur variables, suivant les sols, les soins de culture, les saisons et les variétés; la tige s'élève à la hauteur de 2 à 3 pieds; elle est herbacée, rameuse, anguleuse; ses fleurs sont en grappes et de teintes variées, ordinairement jaune ou rose.

La pomme de terre croît dans presque tous les terrains; ceux qui lui conviennent le mieux sont légers, profonds, peu humides et médiocrement fumés. Il convient, pour cette culture, d'amender des terres trop sableuses par des mélanges d'argile, d'anciens dépôts d'égouts, etc. Les terres trop fortes doivent être allégées avec des cendres de houille, des terres sableuses, du fumier de litière à longue paille, etc. Tous les fumiers conviennent; les plus actifs doivent être répandus à la superficie du sol, et les autres au fond du labour.

Pour préparer le terrain que l'on destine à cette plantation, on doit l'ameublir et l'aérer par deux labours légers; un troisième, plus profond, sert à ouvrir les tranchées où l'on dépose les tubercules, et à les recouvrir d'un sillon sur l'autre; un quatrième labour serait convenable relativement à un sol compacte.

Les pommes de terre se plantent ordinairement dans les quinze derniers jours du mois de mars, ou les premiers du mois d'avril, suivant les climats ou les saisons, sur des terres qui ont porté de l'orge coupée en vert, du trèfle, des fèves ou de l'hivernage. On peut obtenir ainsi deux bonnes récoltes dans une année, et faire succéder la culture du blé ou d'autres céréales.

Ce sont ordinairement des femmes ou des enfans qui déposent, à la main, les pommes de terre au fond du sillon, et à 9 pouces environ de distance les unes des autres, en suivant le trait de charrue ouvert par le laboureur. Celui-ci, en ouvrant le sillon suivant, déverse la terre sur les tubercules,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et le troisième coup de charrue reçoit des pommes de terre de la même manière que le premier. Chaque sillon ayant 14 pouces de large, les rangées de pommes de terre se trouvent espacées de 28 pouces; on passe ensuite la herse et le rouleau à deux ou trois reprises, et à trois jours de distance, afin que la terre soit convenablement divisée et débarrassée des mauvaises herbes.

Lorsque la plupart des jeunes plantes sont sorties de 4 à 5 pouces hors de terre, on donne un léger labour à l'aide d'une charrue à double déversoir, qui, passant entre toutes les rangées, opère un buttage qui rehausse et soutient la racine, en même temps qu'il offre un espace utile à la propagation des tubercules. Le champ se couvre bientôt de mauvaises herbes; on les enlève par deux ou trois sarclages successifs, suivant que ces herbes parasites se développent plus ou moins rapidement, et jusqu'à ce que la plante soit parvenue à ombrager toute la superficie du sol. La plupart des fermiers, en Flandre, font verser à la main une petite quantité de gadou (matière fécale) près de chaque pied de pommes de terre, en prenant la précaution de ne toucher ni les feuilles ni les tiges : cette sorte de fumure augmente beaucoup la fécondité du terrain, et peut doubler son produit.

On donne ordinairement, soit à la charrue, soit à la houe, deux buttages à la terre, avant que les tiges aient pris un trop fort développement; les pommes de terre hâtives se récoltent au commencement du mois d'août, et la plupart des autres variétés pendant le mois d'octobre.

On se sert, pour arracher les pommes de terre, soit de bèches pleines, ou mieux à trois lames, soit de houes à une ou deux lames, suivant les habitudes du pays et la nature du sol. On enlève chaque touffe avec le plus grand volume de terre possible; on brise la motte, et des femmes et des enfans ramassent les tubercules; on donne deux ou trois coups de l'outil qui sert à l'arrachage, pour reprendre les pommes de terre échappées en premier lieu.

Sept à huit hectolitres de pommes de terre sont nécessaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour planter 1 hectare de terrain, qui, par une bonne culture et une saison favorable, rapporte de 200 à 300 hectolitres.

La seule préparation que l'on donne habituellement à la terre, pour la culture du *solanum tuberosum*, dans les jardins, consiste en un labour de 15 pouces de profondeur environ, le sol sans cesse travaillé étant toujours assez meuble; lorsque le terrain qu'on veut planter est d'une certaine étendue, il convient d'y employer la houe, dont le labour est plus prompt et plus économique que celui fait à la bèche. Le fumier se place ordinairement au fond du labour, et l'on peut l'économiser en le déposant dans chaque fosse.

Lorsque la terre est ainsi préparée, on creuse, pour chaque pied et d'un seul coup de bèche, des trous d'environ 9 pouces de profondeur, espacés entre eux de 15 pouces; on place dans chacun deux ou trois quartiers de grosses pommes de terre, ou un égal nombre de petits tubercules entiers, et on les recouvre avec environ la moitié de la terre retirée du trou; ce qui reste de celle-ci sert plus tard à commencer le buttage des jeunes pousses. Dès que les mauvaises herbes sont assez nombreuses, on opère le premier sarclage, et lorsque les tiges des pommes de terre ont acquis la hauteur de 6 à 8 pouces, on donne un binage en rechaussant les pieds; on réitère cette façon deux ou trois fois pendant le cours de la végétation, en buttant de plus en plus haut, afin de permettre aux racines de s'étendre sans obstacle dans toutes les directions, et de donner toute la quantité possible de tubercules.

Les avantages que présente la culture des pommes de terre sont maintenant incontestables; il ne sera pas inutile, cependant, d'en donner une idée exacte, en faisant connaître le rapport des produits alimentaires qu'elle procure, avec ceux de plusieurs autres plantes économiques.

Le tableau suivant, qui présente ces résultats, est tiré d'un ouvrage de M. Cordier sur l'agriculture de la Flandre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Évaluation de différentes récoltes d'un hectare, calculées sur des prix moyens de dix années.

GENRE DE CULTURE.	PRODUIT NET.	PRIX MOYEN.		VALEUR totale.
	hect.	fr. c	fr. c.	fr. c.
Blé froment d'hiver.	Graine, 19.28 à Paille, 33.41	21 10 4 »	406 80 133 64	548 44
Blé barbu d'hiver.	Graine, 19.86 Paille, 35.63	20 95 4 »	416 06 142 52	558 58
Blé de mars, avril, mai.	Graine, 15.64 Paille, 28.40	18 92 4 »	295 90 113 60	409 50
Seigle d'hiver.	Graine, 16.72 Paille, 28.27	11 66 3 »	194 95 84 81	279 76
Orge de mars.	Graine, 36.27 Paille, 29.53	12 88 2 »	467 15 59 06	526 21
Sucrion (orge d'hiver).	Graine, 41.23 Paille, 34.27	14 64 2 »	603 60 68 54	672 14
Avoine de mars.	Graine, 47.42 Paille, 27.42	7 17 2 »	340 » 54 84	394 84
Pommes de terre.	275	3 15	» »	866 25

Ce tableau présente le produit des récoltes, déduction faite des semences : en le continuant pour les fèves de mars, colza, cameline, œillette, lin (de gros et de fin), navets, betteraves, trèfle sec, hivernage, tabacs, choux collets, nous aurions vu qu'à l'exception du lin et du tabac, toutes ces cultures sont bien moins productives que les pommes de terre, et à peu près dans le même rapport que les céréales. Or, d'après le rapport ci-dessus, on voit que le produit brut moyen d'un hectare de terre, cultivé en céréales, est de... 550 fr.

Les frais de culture sont d'environ..... 400

Le produit net en argent est de..... 150 fr.

Les pommes de terre donnent un bénéfice bien plus considérable ; en effet, le tableau indique un produit brut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 866^{f},25^{c}; déduisant les frais de culture, 500 fr., il reste un bénéfice net de 366^{f},25^{c}, auquel il conviendrait d'ajouter quelque chose pour la valeur des fanes, réduites en fumier ou en cendres, et pour le bon état dans lequel le terrain est laissé après la récolte.

Cette différence, dans le produit en argent, se retrouve dans la plupart des localités ; mais la valeur vénale pourrait n'être pas l'expression de la valeur réelle, que l'on doit, avec raison, attribuer à la quantité de substance alimentaire. Nous allons voir que, sous ce rapport, les pommes de terre ont encore une supériorité plus marquée.

Le tableau qui suit nous montre ces relations ; il fut présenté par l'un de nous, à la suite d'un Mémoire sur l'analyse comparée des betteraves, lu à la Société Philomatique le 17 juillet 1825, approuvé depuis, et inséré dans son Bulletin.

Tableau des produits comparés entre plusieurs cultures, dans le même terrain.

TERRAIN CULTIVÉ (UN HECTARE).	PRODUIT TOTAL.	SUBSTANCE NUTRITIVE SÈCHE.
Pommes de terre.....	Kilogr. 21,000	Kilogr. 5,119
Topinambours.....	19,100	3,839
Betteraves jaunes.....	28,000	3,200
——— blanches de Silés.	25,000	3,022
——— rouges.....	28,000	3,080
Navets.....	18,000	1,115
Blé.....	Hect. 20	Hect. 1,200

Les pommes de terre ont donné, en matière nutritive sèche, pour la même surface de terrain, plus de quatre fois davantage que le blé ; sa supériorité, relativement à la nourriture de l'homme, est donc incontestable. Relativement à celle des animaux, si l'on fait la somme des produits réels des autres tubercules et racines présentés ci-dessus, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aura 14,256 ; prenant le cinquième pour obtenir la moyenne, on trouvera 2,851 : ce n'est guère plus que la moitié des produits des pommes de terre. On obtiendrait un résultat bien inférieur encore, si l'on prenait l'ensemble de toutes les cultures.

La culture de la pomme de terre est donc une de celles qui présentent le plus de bénéfice, et la plus productive de toutes relativement à la substance nutritive qu'elle fournit.

On a proposé différens moyens économiques, plus ou moins différens de ceux indiqués ci-dessus, pour planter les pommes de terre : on a conseillé, par exemple, de couper les tubercules en petits morceaux, ou de planter seulement les pelures des germes, etc. Des essais comparatifs et plusieurs fois réitérés nous ont convaincu que l'économie apparente de matière que l'on obtient ainsi réalise plus tard une véritable perte, par la diminution considérable qui en résulte dans les produits.

L'emploi des graines a été reconnu utile par notre célèbre agronome Thouin, pour régénérer les races et faire naître des variétés nouvelles, parmi lesquelles on doit choisir et cultiver avec soin celles qui offrent les propriétés les plus utiles.

Voici le procédé que Thouin a indiqué : on ramasse les graines du *solanum tuberosum*, dans les années chaudes, où elles parviennent à leur maturité; on les sème sur une planche de terre bien amendée ; dès l'automne de la même année, on obtient une multitude de tubercules de la grosseur d'une aveline, qui doivent servir à faire des plantations au printemps suivant. Ce plant donnera, à la fin de la saison, une récolte plus abondante, et des produits doués de qualités supérieures à ce que l'on obtient en général de la plantation des tubercules des anciennes races. On peut se procurer ces avantages, en consacrant au semis une planche de quelques mètres d'étendue.

Un bon moyen, appliqué à la grande culture avec beaucoup de succès, par M. Dumont de Saint-Ouen, et un grand

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nombre de propriétaires, pour répandre les bonnes espèces et proscrire les mauvaises, consiste à payer les cultivateurs qu'on emploie, trois quarts en argent et un quart en bonnes espèces de pommes de terre.

Pour apprécier la valeur réelle des différentes sortes de tubercules, il faut connaître les proportions d'eau et de matière sèche que chaque variété contient, et qui dépendent, soit de la variété elle-même, soit de la nature du terrain, soit de la saison, et surtout, toutes choses égales d'ailleurs, de la culture. Les différences en ce genre peuvent être considérables; car, d'après nos essais, la proportion de matière sèche varie, dans les différentes sortes de pommes de terre, depuis trente-trois jusqu'à vingt-quatre centièmes.

Pour apprécier les proportions d'eau et de matière sèche, ce que l'on doit faire vers la même époque, au moment de la récolte, on enlève avec soin, à l'aide d'une brosse, toute la terre adhérente à la superficie, on coupe le tubercule en tranches très minces; on pose celles-ci sur une assiette bien unie, à côté les unes des autres, sans qu'elles se recouvrent; on les fait dessécher, soit dans une étuve à courant d'air, soit simplement sur un poêle chauffé à 40 ou 50 degrés. On reconnaît que la dessiccation est complète, lorsqu'après avoir pesé plusieurs fois de suite ces tranches, à des intervalles de trente à quarante minutes, on a obtenu chaque fois le même poids; ces tranches sont alors dures et cassantes.

Si l'on a pris 100 grammes de tranches fraîches, et qu'elles se soient réduites, après la dessiccation, au poids de 30 grammes, par exemple, on en conclura que la variété essayée renferme 67 parties d'eau et 33 parties de matière sèche. En essayant de la même manière plusieurs variétés, ou le produit de la même sorte, par différentes cultures et dans divers terrains, multipliant la proportion de matière sèche obtenue par la quantité totale récoltée, on obtiendra la valeur réelle de divers produits (1).

(1) Le procédé de dessiccation indiqué n'enlève pas la quantité d'eau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans plusieurs localités, les fanes vertes des pommes de terre sont fauchées pour servir de fourrage. On a remarqué qu'elles ont quelquefois déterminé des maladies chez les animaux auxquels on les a fait manger fraîchement coupées. Nous rappellerons ici que diverses plantes trop aqueuses produisent ce mauvais effet, et que l'on peut y remédier, soit en y ajoutant un peu de sel marin, soit en leur faisant éprouver un commencement de dessiccation.

On a proposé d'utiliser les fanes de pommes de terre, en les incinérant pour en retirer la potasse; mais on a reconnu que pour cet emploi les fanes devaient être coupées au moment de la fleuraison, et que cette époque, à laquelle correspondait la plus grande quantité de potasse à recueillir, était éloignée de plus d'un mois encore de celle à laquelle les tubercules pouvaient donner le *maximum* de produit, et que la perte de près de moitié de ceux-ci était loin de pouvoir être compensée par le produit de la potasse.

C'est encore un préjugé fort répandu aujourd'hui, que les pommes de terre arrachées avant leur maturité sont douées de propriétés malfaisantes; mais une foule de faits bien observés démontrent qu'il n'en est rien, et que cette pratique n'a d'autre inconvénient que de perdre une grande partie du produit qu'aurait procuré la maturation complète. On devra, d'ailleurs, l'éviter, parce que les pommes de terre mûres ont un goût plus agréable, contiennent une plus grande proportion de fécule, d'albumine, moins d'eau, et sont par conséquent plus nourrissantes.

Le moyen le plus généralement usité pour conserver les pommes de terre après leur récolte consiste à les renfermer dans des celliers ou des caves. Ce moyen réussit assez bien lorsque les tubercules ne sont pas amoncelés en trop grande

---

absolue, ce qui serait impossible sans altérer la matière végétale; mais la proportion d'eau restante étant assez peu considérable relativement à celle qui existait primitivement, et d'ailleurs la même pour toutes, les relations obtenues sont suffisamment exactes pour l'objet que l'on se propose.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

masse. Dans ce dernier cas, il est à craindre que des meurtrissures ayant désorganisé plusieurs parties, développent une fermentation intestine, et que la chaleur produite se conservant au milieu du tas, y cause une altération plus ou moins grande. On peut éviter ce danger, en implantant dans la masse des bourrées de branchages secs, qui, formant des sortes de cheminées, permettent l'issue des gaz et de l'air échauffé.

Lorsqu'on n'a pas à sa disposition des caves ou des celliers, on réussira tout aussi bien à obtenir une longue conservation, par le moyen que nous avons indiqué pour les BETTERAVES (*V.* ce mot), et qui consiste à enfouir les racines dans la terre, en les mettant à l'abri de l'infiltration des eaux pluviales, par des monticules de terre qui les recouvrent.

M. Huzard a indiqué un procédé de conservation analogue; il consiste à amonceler les pommes de terre en tas de forme conique, les recouvrir de paille, et jeter de la terre par-dessus celle-ci, de manière à former une espèce de butte, autour de laquelle on creuse une rigole circulaire pour l'écoulement des eaux de la pluie.

Plusieurs autres modes de conservation sont basés sur le peu d'altérabilité des substances végétales sèches. M. Parmentier a conseillé de soumettre les pommes de terre à la température de l'ébullition de l'eau dans une chaudière, de les peler en les retirant, de les couper aussitôt en tranches minces, et de les faire dessécher immédiatement, en les étendant sur des toiles ou des clayonnages d'osier, qu'on place dans une étuve ou dans un four après la cuisson du pain. On sent que cette méthode nécessitant beaucoup de main-d'œuvre, ne peut être employée que pour de petites quantités et dans l'intérieur des familles des gens de la campagne.

Le même auteur indique un procédé plus expéditif, qui consiste à réduire les pommes de terre en pulpe, à l'aide d'une râpe (*V.* plus loin la description de cet ustensile), soumettre les tubercules ainsi divisés à l'action graduée d'une forte presse; et lorsque l'on a ainsi extrait toute la quantité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

possible de suc fluide, on divise le marc en petits fragmens, que l'on expose dans un lieu sec et bien aéré. On termine la dessiccation à l'étuve, dans l'étuve à courant d'air, puis on les réduit en farine dans un moulin à blé.

PRÉPARATIONS ALIMENTAIRES DE LA POMME DE TERRE.

Les procédés économiques employés pour utiliser ces tubercules dans l'art culinaire sont assez généralement connus, pour que nous puissions nous dispenser d'en consigner ici les détails ; nous rappellerons cependant quelques données utiles à connaître pour faciliter toutes ces opérations.

Cuisson des pommes de terre. Rien n'est plus facile que cette opération ; cependant la variété que l'on observe dans la composition de ces tubercules, surtout relativement à la proportion d'eau qu'ils renferment, doit faire donner la préférence à la cuisson sans eau, dans un vase fermé. La fig. 5 de la Pl. 55 indique une sorte de marmite A en fonte, peu épaisse, propre à cet usage économique ; son couvercle B de même matière, et que sa forme a fait appeler *cloche*, la recouvre en l'enveloppant dans toute sa hauteur ; il repose sur un rebord inférieur C, en sorte qu'il la ferme presque hermétiquement.

On remplit la marmite de tubercules, on pose le couvercle, on amasse tout autour de la braise incandescente : peu à peu la température s'élève dans l'intérieur, les pommes de terre laissent échapper une partie de leur eau de végétation ; celle-ci réduite en vapeur, entraîne l'huile essentielle qui, dans certaines variétés, fait dominer un goût âcre. La vapeur entretient une température uniforme dans toute la masse, la cuisson s'opère également, et les pommes de terre, devenues moins aqueuses, ont une saveur plus agréable et sont plus farineuses.

Ce mode de cuisson produit tous les bons effets de la cuisson sous la cendre ; il évite en outre le risque que l'on court de les carboniser, plus ou moins profondément, par ce dernier moyen.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'on n'a pas à sa disposition une marmite à cloche, on peut y suppléer en partie avec une marmite ordinaire en fonte, dans laquelle on met très peu d'eau, et que l'on recouvre, après l'avoir presque remplie de pommes de terre, d'un couvercle fortement appuyé sur un bourrelet de chiffons, à l'aide d'un poids ou d'un pavé.

Enfin, si l'on ne peut disposer, pour faire cuire les pommes de terre, que d'un vase sans couvercle, on doit avoir le soin d'entretenir ces tubercules constamment recouverts d'eau.

De quelque manière que les pommes de terre aient été cuites, il faut éviter soigneusement qu'elles refroidissent lorsque l'on se propose de les diviser et de les mélanger avec divers ingrédiens. Nous verrons plus loin comment on remplit cette condition en grand ; mais dans l'économie domestique, on se contente de les broyer une à une dans un mortier échauffé d'avance avec de l'eau bouillante, puis de forcer la pâte à passer au travers des trous d'une passoire.

La cuisson des pommes de terre en grand s'opère ordinairement à la vapeur. Cette opération n'offre aucune difficulté; mais pour réduire ces tubercules en pâte ou en bouillie, il faut les triturer avant que leur température s'abaisse et produise une sorte de gelée consistante par la coagulation de l'amidon dissous. A cet effet, on les jette immédiatement dans une trémie, d'où elles passent avec rapidité entre deux cylindres, auxquels des roues d'engrenage communiquent des vitesses inégales, et dont les surfaces inférieures sont continuellement nettoyées par deux racloirs.

L'appareil que nous venons d'indiquer n'évite cependant pas tout refroidissement, et les morceaux échappés au broyage se divisent assez difficilement ensuite. Nous allons décrire un appareil dont M. Schwartz, professeur de Technologie suédois, a constaté les bons effets dans la pratique en grand.

La fig. 6 représente une chaudière à vapeur munie d'une soupape de sûreté A, d'un tube indicateur B, d'un entonnoir à robinet C, qui sert à la remplir, et d'un ajutage D, pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

émettre la vapeur ; un tuyau EF, adapté à celui-ci, communique avec un cylindre fermé en bois épais, doublé de cuivre FG. Ce cylindre est séparé en deux capacités par un diaphragme de fonte HJ, perforé de trous coniques; un agitateur en fer KL, tourne à frottement dans un *stuffenbox* adapté au fond supérieur, et sur un pivot à sa partie inférieure. Cet axe porte au-dessus du premier fond quatre fortes ailes en fer, perforées de trous elliptiques; à sa partie inférieure est adapté un moulinet ou croisillon en fer; une manivelle ou une roue d'engrenage, commandée par un pignon, permet de faire tourner cet agitateur.

On introduit les pommes de terre dans la partie supérieure du cylindre, par l'ouverture S; on n'emplit que les quatre cinquièmes de la capacité environ, afin de laisser de la place pour le gonflement; on referme l'ouverture à l'aide d'une plaque serrée par une clavette, et l'on introduit la vapeur en ouvrant le robinet T; une petite cannelle G, placée au haut du cylindre, permet de laisser échapper l'air contenu dans la vapeur et celui qui se trouve dans la partie de l'appareil avant l'opération. Une heure et demie ou deux heures après que l'on a commencé l'introduction de la vapeur, les tubercules doivent être cuits; on commence à faire tourner l'agitateur : les pommes de terre sont écrasées, et passent au travers des trous du diaphragme, au fur et à mesure que leur division le permet. Quelques injections d'eau bouillante facilitent cette opération. La bouillie tombée dans la partie inférieure du cylindre est de nouveau délayée par les quatre ailes fixées sur le prolongement de l'axe. On vide la bouillie ainsi formée par une large vidange V, et l'on recommence une autre opération.

On préfère, en Suède, un ustensile que nous allons décrire, pour opérer la division des pommes de terre; c'est un cylindre en bois épais (fig. 7), traversé par un axe hérissé à l'intérieur de pointes en fer : l'un des bouts de l'axe est creusé d'un trou cylindrique, dans lequel s'adapte un tube extérieurement garni d'une boîte d'étoupes; ce tube permet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'introduire la vapeur dans le cylindre pendant sa rotation, et ce mouvement est déterminé par une manivelle adaptée à l'autre bout de l'axe.

On emplit ce cylindre aux huit dixièmes de sa capacité, par une ouverture à bride C, que l'on tourne à cet effet vers la partie supérieure ; on la referme ensuite à l'aide d'un obturateur à clavette, puis on introduit la vapeur en ouvrant le robinet du tube qui l'amène. Lorsque la cuisson des tubercules est complète, on commence à faire tourner le cylindre, et lorsque les pommes de terre en tombant sur les pointes, et se choquant entre elles, sont réduites en bouillie, on dirige l'ouverture du cylindre vers la partie inférieure ; on desserre la clavette, et la bouillie tombe dans une cuve disposée à cet effet; on facilite sa sortie en imprimant un mouvement de va-et-vient au cylindre ; on tourne de nouveau l'ouverture de celui-ci vers la partie supérieure, pour recommencer une autre opération. Lorsque les opérations se succèdent rapidement, la vapeur condensée pendant la coction ne suffit plus pour délayer les pommes de terre; il est alors utile d'ajouter de l'eau, en même temps qu'on introduit les pommes de terre.

La pomme de terre réduite en bouillie par l'un des moyens que nous venons de décrire peut être facilement incorporée dans le pain, pour rendre celui-ci plus économique, et suppléer au blé dans les années de disette ; il suffit, en effet, de séparer les pellicules et quelques fragmens échappés au broyage, à l'aide d'un tamis en toile métallique de fil de fer; la bouillie épurée est alors pétrie avec la farine de froment, dans la proportion d'un tiers ou de moitié de celle-ci; on y ajoute le levain, et l'on termine à la manière accoutumée. (*V.* Boulanger et Pain.)

Les pommes de terre réduites en bouillie peuvent être appliquées directement à la fabrication de l'alcool; il convient, dans ce cas, de leur faire éprouver la saccharification. (*V.* le mot Sucre), soit par un mélange avec de l'orge germée (*V.* Bière), soit par la réaction de l'acide sulfurique étendu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un moyen le plus simple de remplacer la farine de froment par les pommes de terre, consiste à faire cuire celles-ci, soit à la vapeur, soit à feu nu, comme nous l'avons indiqué plus haut, au moment d'en faire usage. On peut alors les manger en guise de pain, sans autre addition qu'un peu de sel. On ne saurait mettre en doute les avantages de cette méthode, qui, déjà suivie dans plusieurs contrées, devient de plus en plus générale.

En Allemagne, les gens de la classe peu fortunée trouvent moyen d'économiser le beurre qu'ils mangent sur le pain, en y incorporant, à l'aide du pilon, une certaine quantité de pommes de terre cuites.

L'addition de la pomme de terre, faite de la même manière dans le fromage, rend celui-ci plus facile à digérer; elle est fort usitée en Saxe.

Ces préparations, vraiment économiques, ont suggéré l'idée d'une fraude, pratiquée surtout en Angleterre, et qui consiste à introduire la pâte de pommes de terre cuites dans les graisses destinées à fabriquer le savon. Ce mélange, très préjudiciable au fabricant, est facile à découvrir. Il suffit, en effet, de maintenir dans un vase profond la graisse à l'état fluide, dans un bain-marie, pendant environ deux heures: la plus grande partie de la pomme de terre se dépose, et forme après le refroidissement, une couche distincte dans le fond du vase.

On fait usage, dans le Mecklenbourg, des pommes de terre cuites pour la nourriture des chevaux; à cet effet, on incorpore ces tubercules, réduits en pâte consistante, avec du foin ou de la paille hachée. Dans cette application, qui peut être fort économique en certaines localités, les pommes de terre peuvent remplacer plus du tiers de leur poids d'avoine, et plus de moitié de leur poids du meilleur fourrage. Il est nécessaire d'éviter, avec beaucoup de soin, que les pommes de terre ainsi préparées pour la nourriture des chevaux ne contractent un goût désagréable par leur séjour prolongé dans les auges ou autres vases. On éviterait l'em-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

barras de ces précautions et de plusieurs autres encore, en ne faisant usage que de l'espèce de gruau sec dont nous indiquerons plus loin la préparation, et qui, présentant d'ailleurs l'avantage d'une conservation facile, serait toujours prêt, et remplacerait, au besoin, la totalité du foin et de l'avoine.

Les pommes de terre cuites par les moyens que nous avons indiqués peuvent encore être appliquées utilement à la nourriture de la plupart des animaux domestiques.

M. Cadet Devaux a constaté les bons effets de la pomme de terre cuite et réduite en bouillie, gâchée avec le plâtre, dans la proportion d'un dixième environ de celui-ci; l'enduit fait avec ce mélange paraît résister mieux aux influences de l'air humide et des efflorescences salines, que les enduits ordinaires.

On doit encore au philanthrope Cadet Devaux l'indication d'un badigeon extrêmement économique, qui a pour base la même bouillie de pommes de terre. Pour le préparer, il suffit de mélanger avec celle-ci deux fois son volume environ de blanc d'Espagne, délayé dans l'eau et passé au tamis. On peut y ajouter des ocres rouges ou jaunes, du noir de charbon, etc., pour lui communiquer diverses teintes : on l'emploie à la brosse, et l'on en met deux ou trois couches sur les murailles.

Ce badigeon ne coûte guère plus de quatre à cinq centimes la toise superficielle, et pourra trouver de fréquentes applications dans les constructions rurales.

Les bons effets observés dans les deux applications précédentes de la pomme de terre nous paraissent être dus au tégument solide qui enveloppe chaque grain de fécule, comme nous le verrons plus loin.

M. Kirchoff, chimiste russe, a démontré que la réaction du gluten sur la fécule convertit celle-ci, à l'aide de l'eau et de la chaleur, en une matière soluble sucrée, susceptible de subir, par son mélange avec la levûre, une fermentation vive, de laquelle résulte la formation de l'alcool

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès lors il a été facile de concevoir la théorie de ce qui se passe dans l'opération des fabrications d'eau-de-vie de pommes de terre. Elle se borne en effet à déterminer ainsi la conversion de la fécule en sucre puis le changement de celui-ci en alcool, par la réaction ordinaire qu'excite la levûre.

On opère de la manière suivante la saccharification des pommes de terre préalablement réduites en bouillie, comme nous l'avons indiqué plus haut : on ajoute à celle-ci, pendant qu'elle est encore à la température de 40 à 45 degrés, 25 kilogrammes d'orge maltée et concassée, pour 400 kilogrammes de tubercules employés ; on brasse fortement ce mélange dans une cuve en bois, d'une contenance de 14 hectolitres environ ; on laisse en repos pendant vingt à trente minutes, la cuve fermée d'un couvercle en bois. Au bout de ce temps, on recommence à brasser fortement, en faisant couler dans le mélange un filet d'eau bouillante, jusqu'à ce que la température de toute la masse soit de 50 à 55 degrés ; on laisse encore macérer pendant deux ou trois heures, en tenant la cuve bien close ; on brasse alors de nouveau, en faisant couler un filet d'eau froide ou tiède, jusqu'à ce que le volume total soit de 12 hectolitres, et la température de 25 degrés environ ; on ajoute 2 litres de levûre épaisse et récente. Il paraît que la conversion de la fécule en sucre continue de s'opérer, en même temps que ce dernier subit la fermentation alcoolique. Au reste, la saccharification et la conversion en alcool sont toujours incomplètes en suivant ce procédé ; à cet inconvénient, se joignent ceux qui résultent de la distillation des substances pâteuses. M. Dubrunfaut a introduit des modifications utiles dans cette opération, en opérant la conversion en sucre, sur la pulpe de pommes de terre ou la fécule extraite de celle-ci, comme nous le verrons plus loin.

On reconnaîtra peut-être la cause qui empêche l'amidon d'être complètement attaqué dans le procédé ci-dessus, en observant que cette substance est enveloppée d'un tégument solide, et que celui-ci est défendu encore par l'albumine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

végétale coagulée pendant la coction des tubercules. C'est peut-être en dissolvant ou diminuant la cohésion de l'albumine végétale, que la potasse employée avec un grand succès par M. Siemen de Copenhague, agit utilement dans la préparation de la bouillie des pommes de terre, pour la conversion en alcool. Ce procédé consiste tout simplement dans l'addition d'un millième environ de potasse caustique dans les tubercules cuits, au moment de leur réduction en bouillie : cette addition paraît singulièrement favoriser la saccharification et la fermentation alcoolique. Celle-ci est bien plus vive, et produit une grande quantité de levûre convenable pour les fermentations suivantes, et dont on peut vendre la plus grande partie qui se trouve en excès.

Une des applications récentes les plus utiles des pommes de terre, consiste dans leur emploi pour prévenir les incrustations que forment les eaux séléniteuses dans les chaudières destinées à la production de la vapeur; cette application utile, non-seulement pour retarder l'altération des chaudières, est encore un des moyens les plus efficaces pour prévenir les explosions. On n'avait naguère d'autres moyens d'éviter ces accidens, que de nettoyer les chaudières avant que la croûte formée par le dépôt de l'eau fût trop épaisse. Ces nettoyages, très fréquens dans certaines localités, étaient fort pénibles, lorsqu'une observation due au hasard fit cesser ces graves inconvéniens. Ce moyen fut importé d'Angleterre par M. Clément et moi, en mars 1821; il consiste à introduire dans la chaudière, avant d'allumer le feu, des pommes de terre coupées par quartiers (environ 15 à 20 kilogrammes pour une machine de vingt chevaux); la chaudière peut alors fonctionner pendant quinze jours au moins et un mois au plus, suivant que l'eau est plus ou moins chargée de sel calcaire, sans qu'on ait d'accidens à craindre. Au bout de ce temps, on laisse refroidir le fourneau pendant huit ou dix heures, on vide l'eau bourbeuse contenue dans la chaudière, et l'on rince celle-ci avec une petite quantité d'eau claire. On peut alors recommencer à la faire fonctionner pendant le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même laps de temps, après y avoir introduit autant de pommes de terre que la première fois.

J'ai indiqué la théorie suivante de l'action des pommes de terre dans cette application. Ces tubercules, en contact avec l'eau à une température soutenue au-dessus de 100 degrés, se dissolvent presque complètement; il en résulte un liquide visqueux qui, enveloppant chaque particule de sel calcaire, au fur et à mesure qu'elle se précipite, l'enduit d'une couche en quelque sorte savonneuse, qui empêche le contact immédiat et fait glisser les unes sur les autres les parties ainsi lubréfiées; il ne peut donc y avoir aucune adhérence entre elles, aucune cohésion, et, restées sous forme de bouillie, elles suivent le courant de l'eau lorsqu'on rince la chaudière.

On a employé avec succès, en Écosse, les pommes de terre pour décomposer les hydrosulfates et les sulfites contenus dans les solutions de soude, et surtout dans les eaux-mères de celles-ci, dont on a extrait une partie du sous-carbonate de soude. On ajoute, dans les solutions qu'on veut traiter ainsi, des pommes de terre lavées dans la proportion de 2 à 3 pour 100 du sel que représente la solution. Pendant l'évaporation du liquide, les tubercules s'y dissolvent; on continue l'évaporation jusqu'à siccité, puis on fait calciner le résidu dans un four à réverbère.

Il paraît que, dans cette opération, le carbone, très divisé, se convertit en acide carbonique, et que celui-ci déplace l'acide hydrosulfurique qui était combiné à la soude. Cette théorie, indiquée par l'auteur anglais, n'est pas démontrée. On pourrait expliquer l'effet utile des pommes de terre, dans ce cas, par la réaction de l'oxigène de la matière organique décomposée, soit sur l'hydrogène de l'hydrosulfate, soit à la température du four à réverbère sur le soufre du sulfure, ce qui, dans le premier cas, produirait un sulfate, et dans le deuxième un sulfite. Au reste, je me suis assuré que différentes matières végétales, telles que de la sciure de bois, des feuilles sèches calcinées avec la soude, produisent un effet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

semblable. On pourra donc employer celle de ces matières que la localité présentera à meilleur marché.

La pomme de terre, loin d'être nuisible à la santé, comme le faisait croire autrefois le préjugé accrédité en France, est considérée aujourd'hui, par suite d'essais qui semblent concluans, comme un des meilleurs préservatifs du scorbut dans les voyages de long cours.

Préparations alimentaires, gruau, semoule, farine, obtenues des pommes de terre cuites. La difficulté de conserver les tubercules tels qu'on les récolte, en raison de la grande proportion d'eau qu'ils recèlent, et qui les soumet aux influences de la gelée ou de la fermentation, a fait chercher les moyens de les dessécher. Nous décrirons les procédés qu'une expérience suivie et en grand a fait reconnaître préférables par M. Ternaux.

On lave d'abord les pommes de terre à grande eau, en les faisant rouler dans un tonneau tournant sur son axe et à moitié rempli de pommes de terre et d'eau, et renouvelant le liquide à deux ou trois reprises, jusqu'à ce qu'il sorte clair; on fait alors cuire les pommes de terre à la vapeur, comme nous l'avons indiqué plus haut; on les épluche à la main au sortir de la chaudière, et une à une, afin d'éviter qu'elles refroidissent; on les écrase au fur et à mesure, en les frappant légèrement avec une pelle, puis on les étend en couche mince sur des nattes de laine, où elles subissent, à l'air libre, pendant douze heures, un premier degré de dessiccation.

On passe la pâte ainsi obtenue dans un vermicelloir (*V.* la fig. 8), ou dans un cylindre en tôle percé de trous et surmonté d'une trémie, afin de la diviser plus également et de multiplier les surfaces en contact avec l'air atmosphérique; on l'étend alors sur des châssis tendus de canevas, dans une ÉTUVE à courant d'air, où la température doit être élevée jusqu'à 60 et 70 degrés constamment.

Lorsque la dessiccation de la pâte est terminée, on porte cette substance au moulin, et là, en écartant plus ou moins

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les meules, et passant le produit broyé dans des tamis ou bluteaux dont la toile est plus ou moins serrée, on obtient des produits de diverses grosseurs, auxquels on donne les noms de *gruau*, *semoule*, *farine*, etc. Les moulins de Dronsart sont employés, par M. Ternaux, pour cette opération. Nous donnerons ci-après les détails des prix courans de ces produits alimentaires desséchés, suivant les données de M. Ternaux.

5 setiers de pommes de terre, de 160 à 165 kilogrammes chaque, à 3^f.	15^f	»^{c}
120 k. de houille, dont { 40 k. pour la cuisson.. / 80 pour la dessicc... }	5	»
10 ouvrières pour l'épluchage	10	»
2 ouvriers	4	25
Menus frais	1	50
Une demi-journée de mouture	1	50
	37	25
Intérêt du capital employé, à 6 pour 100	2	24
	39	49
Un jour et demi de loyer, à 800^f par an. 3^f 28^c		
800 3^f 10^c d'ustensiles, dont l'usure comptée à 16 pour 100 par an..... 5 26	8	34
Produit obtenu, 160 à 165 kilogr. de polenta coûtent	48^f	3^c
Le kilogr. de polenta en vrac revient donc à	»	30

Mais pour qu'il parvienne jusqu'au consommateur, il faut ajouter :

1°. Le bénéfice brut du fabricant, 60 pour 100 du capital déboursé	»	18
2°. La remise accordée au marchand en commission du-croire, etc., sans avance de sa part, 25 pour 100	»	12
Un kilogr., formant seize potages, revient au consommateur à	»	60°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque potage revient donc à moins de 4 centimes, ou, au plus, à 5 centimes, en portant la dose au-dessus de la quantité suffisante pour un potage ordinaire. Cette préparation n'exige, pour la confection de chaque potage, qu'une ébullition d'un quart d'heure dans un demi-litre d'eau environ, elle produit un des alimens les plus simples et les plus économiques. On peut le rendre plus agréable, en y ajoutant un peu de sucre, ou de beurre, ou de légumes, et plus nourrissant avec des œufs, du lait ou du bouillon.

On n'a pas compté dans le prix coûtant ci-dessus les frais d'emballage, les chances de crédit, et quelques autres frais généraux difficiles à estimer. Ce prix coûtant varierait d'ailleurs suivant les localités; mais chacun pourra faire les corrections que nécessiterait le cours des matières premières, du combustible, de la main-d'œuvre, etc.

La pomme de terre desséchée avec toute sa substance nutritive n'offrira pas seulement des ressources à la classe peu aisée; elle recevra dans l'art culinaire une foule d'applications qui viendront augmenter la variété des mets. Déjà on a trouvé moyen d'apprêter des potages savoureux, des entremets délicats, avec les produits de la pomme de terre desséchée. La farine de pommes de terre modifie agréablement le goût de diverses sauces, dans lesquelles on la substitue à la farine de froment; elle rend plus nutritives, et surtout plus faciles à digérer, les purées de diverses légumineuses. Légèrement torréfiée au four, cette farine acquiert la saveur agréable des pommes de terre cuites sous les cendres; en cet état, elle est précieuse pour préparer, en quelques minutes, une bouillie légère et nourrissante, que les nourrices n'ont pas la crainte de faire trop peu cuire.

Simplement délayée dans du bouillon ou du lait bouilli et chauffée jusqu'à l'ébullition, elle forme un potage nourrissant.

M. Cadet Devaux incorpora avec succès cette farine dans le chocolat, pour le rendre plus léger et plus économique.

La semoule grillée, outre les usages ci-dessus, à la plu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

part desquels elle peut s'appliquer, comme la farine, sert encore à remplacer la chapelure de pain dans tous ses usages.

Ainsi, soit dans l'économie domestique, soit dans l'art culinaire, au milieu des camps, des campagnes, pendant les voyages, où bien des ressources manquent, on appréciera l'utilité de ces préparations sèches, faciles à conserver et à convertir, avec économie de temps et de combustible, en alimens sains; on reconnaîtra que la dessiccation des pommes de terre offrant le seul moyen de conserver la substance tout entière de ces tubercules, doit être adoptée pour faire venir les années abondantes au secours des années de disette, et nous garantir à jamais des funestes conséquences de ces dernières.

Au nombre des préparations les plus usitées extraites de la pomme de terre, on doit compter surtout la fécule. L'extraction de cette substance exige que les tubercules soient divisés le plus possible, mais sans être soumis à une température élevée. On ne peut donc, dans ce cas, les amollir par la cuisson, et il faut faire agir sur la pomme de terre crue conservant toute sa dureté, l'une des machines qui remplissent le mieux les conditions voulues, et qui est due à Burette, mécanicien distingué, dont nous avons à regretter la perte récente, et dont le nom est resté à cet ingénieux ustensile.

La fig. 9, Pl. 55, indique la construction de cette râpe. On voit que toutes les parties du mécanisme sont disposées sur l'assise supérieure d'un bâti en chêne ABCD; un cylindre E, de 2 pieds de diamètre et 8 pouces de hauteur, plein, en pierre dure, traversé par un axe qui repose sur les deux côtés longs du bâti, est garni sur toute sa circonférence de lames de scies de 7 pouces de long, au nombre de cent vingt-huit, parallèles à l'axe, et séparées par des tasseaux en bois. Les lames et les tasseaux sont fortement fixés sur le cylindre, à l'aide de vis en fer qui sont entrées dans deux cercles en plomb, coulés dans des rainures de la pierre, et tout ce système est maintenu à l'aide de deux cercles de fer qui serrent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chacune des extrémités des tasseaux et des lames. L'axe du cylindre porte, à l'un de ses bouts, un pignon en fer de seize dents, qui engrènent dans celles d'une roue pareillement en fer, entaillée de cent vingt dents; une manivelle adaptée à chacune des extrémités de l'axe de cette roue permet à deux hommes de mettre le cylindre en mouvement. On pourrait, dans un plus grand travail, faire mouvoir ces râpes à l'aide d'un manége tiré par des chevaux, ou même se procurer la force mécanique au moyen d'une machine à vapeur. Une sorte d'auge en bois F, inclinée, est placée sous le cylindre; elle reçoit la pulpe produite par la râpe, et par sa pente la conduit dans un baquet G, ou tout autre récipient analogue; sur la face antérieure du bâti, et près de la circonférence du cylindre, est ajusté un volet H en bois, mobile sur deux tourillons, et entaillé dans le bas, de manière à représenter en creux la forme du cylindre, et à toucher presque celui-ci par sa partie inférieure; il reçoit de l'axe du pignon, à l'aide d'un excentrique I et de contre-poids J, qui l'attirent par des cordes K, un mouvement de va-et-vient qui ouvre alternativement une plus grande entrée aux tubercules, et les presse contre le cylindre dévorateur.

L'écartement de ce volet est limité, et par suite l'ouverture qu'il offre aux pommes de terre, par une traverse en bois L, contre laquelle il peut s'appuyer dans son recul.

Toutes les parties de cette machine qui surmontent le bâti sont recouvertes d'une cage en planches minces MNO, vue en coupe dans la figure. Cette enveloppe, divisée en deux cases par des cloisons, forme, à l'arrière, une caisse MNP, dans laquelle on peut placer 50 kilogrammes de pommes de terre; l'enfant qui ordinairement sert la râpe prend ces tubercules un à un, pour les jeter dans l'ouverture NO, d'où ils tombent près du cylindre.

Cette râpe, mue par deux hommes relayés par un troisième, peut réduire en pulpe de 2500 à 3000 kilogrammes de pommes de terre en douze heures de travail; elle fait plus ou moins d'ouvrage, suivant que les pommes de terre venues

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un terrain plus ou moins humide, ou pendant une saison plus ou moins pluvieuse, offrent plus ou moins de dureté. Dans tous les cas, la pulpe qu'elle donne est toujours extrêmement fine, telle qu'il est à désirer de l'obtenir dans un travail en grand. Les réparations à faire à cette râpe sont très faciles; elles se bornent, en général, au remplacement et à l'affûtage des lames dentées qui arment le cylindre, et l'on a remarqué que leur disposition rend ces réparations très faciles.

L'extraction de la fécule à l'aide de ces râpes nécessite un lavage préalable des tubercules; à cet effet, on soumet ceux-ci au frottement qu'ils éprouvent, en roulant les uns sur les autres dans un cylindre d'un assez grand diamètre, percé de trous et tournant sur son axe dans un cuvier rempli d'eau : la terre, le sable et autres corps adhérens sont entraînés dans l'eau, que l'on change lorsqu'elle devient trop bourbeuse. Le cylindre peut s'enlever à l'aide d'une grue tournante; on vide les pommes de terre par une trappe tournée vers la partie inférieure, et l'on en charge une nouvelle quantité en tournant cette trappe vers le haut, et la surmontant d'une trémie mobile.

Lorsque les pommes de terre, après avoir été lavées, ont été réduites en pulpe fine à l'aide de la râpe ci-dessus décrite, on porte cette pulpe sur des tamis en crin ou en toile métallique de cuivre, de 28 pouces à 2 pieds de diamètre, sur 8 à 10 pouces de hauteur : ces tamis sont disposés sur des traverses au-dessus des baquets; chaque charge occupe de 5 à 6 pouces de hauteur. Un ouvrier malaxe vivement la pulpe entre ses mains, afin de faire entraîner par le filet d'eau continu qui coule au milieu du tamis toute la fécule mise en liberté par le déchirement du tissu fibreux de la pomme de terre; le liquide écoulé au travers du tamis s'écoule limpide. Lorsque presque tous les grains de fécule libre ont été entraînés par l'eau, on jette de côté la pulpe ainsi épuisée, on met une nouvelle charge sur le tamis, on fait couler le filet d'eau; et ainsi de suite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut, dans cette opération, économiser l'eau, en tenant le tamis plongé dans ce liquide jusqu'à ce que la plus grande partie de la fécule ait été entraînée, et achever de l'extraire en laissant couler de l'eau claire pendant quelques instans sur le tamis tiré hors de l'eau.

On a essayé de remplacer les tamis par des bluteaux cylindriques, dans l'intérieur desquels des cloisons en ellipses formaient une sorte de vis d'Archimède ; la pulpe, introduite d'une manière continue par une extrémité de la vis, suivait tous les pas de celle-ci, tandis qu'un tube perforé de trous servant d'axe au bluteau, arrosait cette pulpe pendant tout son trajet. Cette machine, due à Burette, est plus expéditive que les tamis ; mais son usage n'est pas encore répandu dans les fabriques de fécule.

La fécule obtenue en suspension dans l'eau se dépose promptement au fond des vases; on la délaie et on la laisse déposer deux ou trois fois successivement, en changeant d'eau, afin de séparer les parties de parenchyme entraînées avec elle dans le tamisage. Ce parenchyme, plus léger que la fécule, se dépose à sa surface : on l'enlève à l'aide d'une racloire en tôle.

La fécule déposée dans l'eau et égouttée, se présente en masse dure, qu'on enlève aisément par morceaux ; on peut l'ensacher immédiatement, pour la livrer à l'état humide, dit *fécule verte ;* elle retient encore environ 33 centièmes d'eau. On peut la conserver pour être employée sur place, en la mettant dans de grandes cuves, et la tenant couverte de quelques pouces d'eau.

Lorsque la fécule doit être expédiée au loin, il faut qu'elle soit desséchée à l'étuve; à cet effet, on l'étend sur des tablettes en bois de sapin, bordées de tringles de 8 à 10 lignes de hauteur ; on la retourne deux ou trois fois par jour, et lorsqu'elle est sèche, on la met en sacs ou en barils bien clos, pour l'expédier ou la conserver.

La fécule destinée à la préparation des substances alimentaires doit être tamisée deux fois, et sa surface, lorsqu'elle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est déposée dans l'eau, nettoyée chaque fois à l'aide d'une racloire, afin d'en séparer tout le parenchyme et quelques substances étrangères qui pourraient la salir.

Les produits que l'on obtient en fécule varient suivant les saisons et les terrains dans lesquels on a cultivé les pommes de terre, les variétés des tubercules, etc. La proportion moyenne obtenue en fabrique de 100 kilogrammes de pommes de terre, s'élève à 30 kilogrammes de fécule humide, ou 20 kilogrammes de fécule sèche.

Le fabricant de fécule doit essayer, à l'aide d'une petite râpe en tôle percée, les pommes de terre qui lui sont offertes dans le commerce, afin de déterminer leur valeur vénale par la proportion de fécule qu'on en obtient ainsi dans un essai préliminaire en petit.

La pulpe restée sur le tamis après le lavage s'élève de 15 à 20 pour 100 à l'état humide, représentant 5 à 7 centièmes de matière sèche, et contenant, en fécule, de 4 à 5 centièmes des tubercules employés. On voit que cette sorte de résidu contient presque autant de matière utile que la pomme de terre elle-même ; et, en effet, celle-ci ne recèle que de 1 à 2 pour 100 de fibres ligneuses. Le moyen le plus simple d'utiliser ce marc des pommes de terre consiste à le faire manger aux vaches ou aux cochons, après avoir exprimé, à l'aide d'une forte presse, le plus possible de l'eau qu'il retient.

On peut encore employer utilement les résidus de pulpe de pommes de terre, en les traitant, comme nous l'indiquerons plus loin, de manière à leur faire subir la fermentation alcoolique. M. Cadet Devaux a conseillé de les faire dessécher et de les réduire en farine que l'on peut faire entrer en petites proportions dans le pain de ménage.

La fécule de pommes de terre offre les mêmes propriétés alimentaires que les diverses fécules amilacées, connues dans le commerce sous les noms de *tapioka*, *arrow-root*, etc.

On peut préparer avec cette fécule une substance imitant le tapioka. En faisant chauffer la fécule humide dans une chaudière chauffée modérément, elle s'agglomère en une masse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pâteuse demi-transparente, que l'on granule en la remuant constamment à l'aide d'une spatule. Les grumeaux ainsi obtenus sont desséchés à l'étuve, puis concassés et passés dans un gros tamis en toile métallique. (*V.* les articles AMIDON et FÉCULE.)

Un des principaux emplois de la fécule consiste dans la préparation d'un sirop appliqué avec succès à la fabrication de la bière et à celle de l'alcool. Le procédé y relatif, que j'ai établi il y a quelques années avec M. Cartier, dès l'origine de cette application, est extrêmement simple.

Une chaudière en plomb, épaisse de 2 lignes (A, fig. 10), de 5 pieds de diamètre et 3 de profondeur, est posée sur un disque bombé B, en fonte de fer, de 12 à 15 lignes d'épaisseur; le foyer est disposé dessous de manière à chauffer toute la surface de ce disque; des ouvreaux CC..., laissent échapper les produits de la combustion qui se rendent dans la cheminée. Un couvercle D, en bois, solidement assemblé et doublé d'une feuille de cuivre rouge, est posé sur cette chaudière; il offre près de ses bords une ouverture E, de 12 à 15 pouces de diamètre, et une autre plus petite F, de 6 pouces de diamètre, recouverte à volonté par un disque mobile G, en bois, doublé de cuivre; un râble H, en bois, est introduit dans la chaudière par la grande ouverture.

Les choses étant ainsi disposées, on introduit dans la chaudière 1000 kilogrammes d'eau que l'on porte à l'ébullition; alors on y ajoute 15 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°, préalablement délayé dans 30 kilogrammes d'eau (1). On agite pour répartir également l'acide dans toute la masse, puis on attend que l'ébullition se manifeste de nouveau; alors, le feu étant en pleine activité, un homme saisit le râble en bois et

(1) Lorsqu'on verse l'acide concentré dans l'eau, un échauffement plus ou moins considérable a lieu; afin d'éviter qu'il soit trop brusque, on met dans deux seaux, ou dans un baquet, les 30 kilogrammes d'eau froide, puis on ajoute peu à peu l'acide, en agitant le liquide avec une spatule en bois. Lorsqu'ensuite on verse ce mélange dans la chaudière qui contient l'eau bouillante, il ne se produit plus aucun effet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commence à agiter toute la masse liquide d'un mouvement circulaire. Un ouvrier, ou un enfant, ajoute par cuillerées d'environ un demi-kilogramme chaque, qu'il verse par le petit trou du couvercle, toute la fécule (450 à 500 kilogrammes), en ayant le soin de ne pas trop se presser, afin que la réaction s'opère à chaque addition, que l'ébullition ne cesse pas, et que le liquide ne devienne pas épais.

L'addition ainsi graduée permet à l'acide d'agir en grande quantité sur une très petite proportion de fécule à la fois. La saccharification de chaque portion ajoutée s'opère en un instant, et dès que la totalité est délayée dans la chaudière, l'opération est à peu près terminée. Afin, cependant, d'éviter qu'une petite quantité d'amidon puisse rester inattaqué et rendre le liquide visqueux, on soutient encore l'ébullition pendant huit ou dix minutes : toute la masse doit être alors presque diaphane, très liquide. En en remplissant un verre à boire, on aperçoit à peine une teinte ambrée ; on couvre alors la grille du foyer avec du charbon de terre bien mouillé, et on laisse la porte du foyer ouverte, afin que l'air froid du dehors, entraîné dans le courant où passaient les produits de la combustion, refroidisse un peu le fond et les parois de la chaudière.

Dès que l'ébullition a cessé, on commence à ajouter la craie pour saturer l'acide : il en faut à peu près autant que d'acide employé ; mais comme cette substance varie dans sa composition, surtout en raison de l'eau, de l'argile et du sable qu'elle renferme, on ne peut fixer de dosage certain, et il devient utile de reconnaître le degré de saturation, à l'aide d'un papier coloré en bleu par la teinture du tournesol. Tant que le liquide contient un excès d'acide, une goutte posée sur le papier le fait virer au rouge ; et dès que tout l'acide est saturé, le liquide ne fait plus virer la couleur bleue du papier ; et comme il vaut mieux qu'il y ait un excès de craie, il ne faut cesser d'en ajouter que lorsqu'une goutte du liquide, posée sur une tache rouge du papier tournesol faite par le liquide acide, ou sur un papier tournesol rougi à dessein et d'avance, ramène la couleur au bleu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'addition de la craie ne doit être faite qu'avec beaucoup de précaution, et en très petite quantité à la fois ; car l'effervescence qui a lieu par le dégagement de l'acide carbonique, que l'acide sulfurique déplace en s'emparant de la chaux, pourrait faire monter en mousse une partie du liquide par-dessus les bords de la chaudière. A chaque addition de craie, on agite toute la masse, et l'on attend quelques secondes que l'effervescence ait cessé, pour faire une autre addition. On peut mettre ainsi, à chaque fois, environ un demi-kilogramme de craie.

Lorsqu'on a reconnu, aux caractères que nous avons indiqués, que la saturation est complète, il faut séparer le sulfate de chaux non dissous : pour cela, on laisse déposer le liquide pendant environ une demi-heure, et, pendant ce temps, on prépare le filtre. Celui-ci (fig. 11) se compose d'une caisse rectangulaire en bois, doublée en plomb de 1 ligne d'épaisseur, et percée au fond d'un trou de 1 pouce ou 15 lignes de diamètre, dans lequel passe un bout de tuyau en plomb, soudé au fond du filtre. On pose sur le fond un grillage en bois, formé d'un châssis de 1 pouce en tous sens, moins grand que l'intérieur du filtre, et qui reçoit dans des entailles des tringles en bois, écartées de 6 lignes et épaisses de 1 pouce environ. On étend sur le grillage une toile très claire, quoique forte, et par-dessus un drap de laine, connu dans le commerce sous le nom de *drap Romorantin;* la toile et le drap étant plus larges et plus longs que le grillage, de 3 ou 4 pouces en tous sens, on replie les bords et on les serre entre les châssis et les parois en plomb du filtre.

Les choses étant ainsi disposées, et le liquide déposé dans la chaudière, on emplit un siphon en cuivre avec de l'eau, puis on le retourne dans la chaudière, et, à l'aide d'un entonnoir à douille sur le côté, et d'un tuyau placé sur le filtre, le liquide tiré par le siphon coule dans l'entonnoir, et de là dans le filtre; il passe au travers du drap et de la toile, sur lesquels il laisse les parties insolubles qu'il charrie, et se rend enfin dans un réservoir placé sous le filtre. Les premières por-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions ainsi filtrées sont ordinairement troubles; on peut les recevoir dans un seau, afin de les rejeter sur le filtre.

Lorsque le siphon a fait écouler tout le liquide surnageant et atteint le dépôt, celui-ci s'engorge bientôt; on le retire alors; on enlève tout le dépôt au moyen d'une cuiller large et profonde; on le met dans des seaux, puis on le porte sur le filtre. On rince la chaudière avec un ou deux seaux d'eau, que l'on retire à l'aide de la cuiller et d'une grosse éponge, pour les jeter encore sur le filtre. On remplit alors la chaudière d'eau, à la hauteur accoutumée; on soulève la croûte du charbon mouillé formée sur le foyer, on ferme la porte, et bientôt le feu s'allume avec activité. Dès que l'eau est presque bouillante, on en puise dans un arrosoir pour verser en pluie sur le marc resté dans le filtre; on remet de l'eau froide dans la chaudière.

Si la cheminée de la chaudière est disposée de manière à passer sous un bassin en cuivre mince, celui-ci entretient la température de l'eau que l'on y met à un degré assez élevé pour le lavage du dépôt resté sur le filtre; elle sert aussi à commencer une autre opération.

La chaudière étant remplie de manière à contenir les 1000 kilogrammes d'eau environ, et celle-ci étant bouillante, on recommence une autre opération, qui se fait comme la première. On peut aisément achever ainsi cinq cuites dans les vingt-quatre heures, avec des hommes qui se relèvent, en sorte que l'on emploie 2250 à 2500 kilogrammes de fécule sèche.

Le liquide filtré est porté dans une chaudière peu profonde, où on le fait évaporer rapidement jusqu'à ce qu'il soit réduit à peu près à la moitié de son volume; il doit alors marquer à l'aréomètre de Beaumé 25 à 28 degrés. On y ajoute du charbon animal, le vingtième du poids de la fécule employée; on agite bien toute la masse pendant quelques minutes; on projette dedans du sang battu avec 5 parties d'eau; on suspend l'agitation; et dès que l'ébullition se manifeste vivement de nouveau, on tire tout le liquide, à l'aide d'un robinet placé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au fond de la chaudière, dans un filtre semblable à celui que nous avons décrit plus haut. Les premières parties du liquide filtré passent troubles; on les recueille dans un seau ou un puisoir, et on les reverse sur le filtre; on se hâte de recouvrir ce filtre, ou plutôt on l'a recouvert d'avance avec des tables en bois, qui sont enveloppées de couvertures de laine, afin d'éviter un trop grand refroidissement qui, rendant le sirop moins fluide, retarderait la filtration.

Lorsque le sirop est presque entièrement écoulé, et que le dépôt, resté sur le filtre, paraît à sec, on arrose celui-ci avec de l'eau chaude, afin d'extraire le sucre qu'il retient. Il faut verser peu d'eau à la fois, et renouveler fréquemment cette addition, jusqu'à ce que le liquide filtré ne marque plus qu'un demi-degré à l'aréomètre. Alors on jette dehors le marc épuisé; on lave le drap de laine et la toile que l'on remet en place pour une autre clarification. Les eaux faibles du lavage du marc, depuis 4° jusqu'à $\frac{1}{2}$ ou 0°, sont réservées pour commencer l'épuisement d'un autre dépôt; on ne les fait évaporer directement que lorsqu'on suspend les travaux, et que, par conséquent, il n'y aurait plus de marcs à épuiser.

On peut préparer le sirop de fécule en employant celle-ci à l'état humide, telle qu'on l'obtient directement au fond des vases où elle se dépose; il suffit pour cela de la délayer dans deux fois son volume d'eau environ, et d'éviter qu'elle se rassemble de nouveau en masse, en l'agitant continuellement à l'aide d'une spatule. On doit aussi avoir la précaution d'en verser assez peu dans le mélange bouillant d'eau et d'acide pour ne pas arrêter l'ébullition. On peut rendre la préparation du sirop plus économique encore, en traitant la pomme de terre cuite et réduite en bouillie de la même manière. Le sirop obtenu en suivant ce procédé contracte un goût désagréable, dû surtout à la réaction de la chaleur et de l'acide sur l'albumine végétale. On obtient des résultats semblables en substituant à la fécule la pulpe des pommes de terre.

Suivant M. Théodore de Saussure, 100 parties d'amidon sec produisent 110,14 de sucre sec. En grand, on obtient de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

100 parties de fécule sèche ou de 150 de fécule humide, 150 de sirop à 30 degrés, représentant environ 100 de sucre sec.

La théorie de la saccharification de la fécule par l'acide sulfurique n'est pas encore bien démontrée. On suppose que les tégumens enveloppant chaque grain de fécule, dilatés et rompus par la chaleur, laissent échapper la substance amilacée dans le liquide; que l'acide sulfurique augmentant sa fluidité détermine sa combinaison avec l'oxigène et l'hydrogène dans les proportions qui forment l'eau; qu'il en résulte une substance sucrée dissoute dans l'eau, et les tégumens insolubles disséminés dans le liquide : l'acide sulfurique reste dissous sans altération. Le reste de l'opération est facile à concevoir : la craie que l'on ajoute lorsque la saccharification est complète cède à l'acide sulfurique la chaux qu'elle contient; l'acide carbonique se dégage avec effervescence, et le sulfate de chaux formé, très peu soluble, est retenu ainsi que l'excès de carbonate de chaux sur le filtre avec les tégumens. Ces substances retiennent une assez grande quantité de liquide sucré, dont on les dépouille par des lavages à l'eau chaude.

L'évaporation, en concentrant le sirop, précipite la plus grande partie de sulfate de chaux resté dans le liquide. Cette précipitation est favorisée par le charbon animal, qui enlève en même temps une partie de la matière colorante et du goût désagréable. Enfin, l'albumine étendue sert à agglomérer par la coagulation que la chaleur détermine, toutes les parties les plus ténues du charbon animal et du sulfate de chaux, et les empêche ainsi d'obstruer le filtre ou de passer au travers de son tissu.

Si l'on concentrait le sirop de fécule jusqu'à 40 ou 45 degrés de l'aréomètre Beaumé, il se prendrait par le refroidissement en une masse grenue, blanche, compacte, sans forme cristalline régulière, qui, augmentant de volume au moment de sa solidification, pourrait briser les vases dans lesquels il serait contenu.

Les deux résidus obtenus successivement de cette opération, et recueillis sur le filtre, activent puissamment la végétation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des prairies artificielles, sur lesquelles on les répand en petites quantités, après les avoir laissés dessécher à l'air.

M. Dubrunfaut a décrit les procédés économiques suivans, à l'aide desquels on peut saccharifier la fécule et la pulpe de pommes de terre, pour en obtenir l'alcool après avoir soumis la substance sucrée à la fermentation.

On place la pulpe de pommes de terre, telle qu'on l'obtient au sortir de la râpe de Burette, dans une cuve au fond de laquelle se trouve un lit de paille, maintenu sur un double fond percé de trous. Cette cuve, semblable à celle dont les brasseurs font usage pour tremper leurs grains, doit contenir 8 à 9 hectolitres pour le traitement d'environ 400 kilogrammes de pulpe. On laisse égoutter pendant une demi-heure l'eau de végétation, puis on la soutire à l'aide d'un robinet placé entre les deux fonds; on fait alors arriver un courant d'eau bouillante sur la pulpe, tandis que deux ouvriers, armés chacun d'un râble en bois, brassent fortement toute la masse; on ajoute de cette manière environ 500 litres d'eau, et alors toute la pulpe doit être convertie en une sorte de gelée ou empois formé par l'amidon; on ajoute 25 kilogrammes d'orge germée et réduite en farine, que l'on répartit le plus également possible dans toute la masse, en agitant le mélange dans tous les sens; puis on laisse la macération s'opérer pendant trois ou quatre heures, en maintenant la cuve couverte.

Après cette macération, la plus grande partie de l'empois, converti en substance sucrée, est devenue fluide; on soutire tout le liquide qui peut s'écouler, en filtrant, sur le double fond; on conduit ce liquide dans la cuve à double fond, environ 2 hectolitres d'eau bouillante; on brasse fortement; on laisse en repos pendant un quart d'heure, et l'on soutire, comme la première fois, le liquide pour le conduire encore dans la cuve à fermentation.

Alors, afin d'achever d'épuiser le marc de pulpe resté sur le fond de la cuve, et de refroidir toute la masse saccharifiée au degré convenable à la fermentation, on continue la filtration en faisant arriver de l'eau froide sur le marc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En opérant de cette manière, on épuise la pulpe de la plus grande quantité du liquide sucré dont elle était imprégnée. Il peut cependant être avantageux de rendre son épuisement plus complet, en la soumettant à l'action d'une forte presse. Le marc comprimé est plus propre à la nourriture des bestiaux, et l'on tire parti du liquide qui en sort en le joignant au moût et aux eaux de lavage dans la cuve à fermentation.

Tous les liquides réunis et mélangés doivent marquer environ 5 degrés à l'aréomètre de Beaumé, et la température de ce mélange être à 25 ou 30 degrés. On peut alors mettre en levain en ajoutant environ 2 litres de levûre fraîche.

Saccharification de la fécule. On pèse 80 à 85 kilogrammes de fécule sèche, ou 120 à 127 de fécule égouttée, que l'on place dans une cuve contenant environ 12 hectolitres; on délaie la fécule avec deux fois son poids d'eau environ. Pendant qu'elle est encore en mouvement, on fait arriver, en un filet peu abondant, 5 à 600 litres d'eau bouillante; lorsque le tout est bien délayé sous forme d'empois clair, on ajoute de 20 à 25 kilogrammes d'orge maltée et réduite en farine; on brasse fortement, puis on laisse en repos pendant trois ou quatre heures. A cette époque de l'opération, le liquide a contracté un goût sucré; on ajoute une quantité d'eau suffisante pour compléter 1100 kilogr., et la température de ce moût étant de 22 à 25 degrés, on y ajoute un litre de levûre épaisse et récente, délayée dans 4 litres d'eau froide; on brasse, puis on laisse la fermentation se développer.

Les deux procédés de saccharification que nous venons de décrire sont bien préférables à ceux que l'on suivait anciennement. Ils donnent plus de produits, évitent les dépôts dans la cucurbite, et le goût fortement prononcé d'empyreume que contractait l'ALCOOL. (*V.* ce mot et l'article FERMENTATION.)

Composition de la pomme de terre. L'analyse des tubercules, faite par Vauquelin, célèbre chimiste, dont nous déplorons la perte récente, a donné les résultats suivans, outre la proportion d'eau que nous avons indiquée :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1°. De l'albumine colorée, les 7 millièmes du poids du végétal ;
2°. Du citrate de chaux, les 12 millièmes ;
3°. De l'asparagine, au moins 1 millième ;
4°. Une résine amère, aromatique cristalline ;
5°. Des phosphates de potasse et de chaux ;
6°. Du citrate de potasse ;
7°. De l'acide citrique ;
8°. Une matière animale particulière, 4 ou 5 millièmes.

On pourra consulter, pour avoir des détails plus étendus sur les diverses applications de la pomme de terre et de ses produits, un traité que j'ai publié avec M. Chevallier (1).

P.

POMMIER (*Agriculture*). Cet arbre est un de ceux qui sont cultivés avec le plus d'avantages en France, surtout dans les départemens du nord, non-seulement parce qu'il produit des fruits excellens qui ornent nos desserts presque toute l'année, mais aussi à cause de la boisson qu'on retire de ces fruits, boisson qui est presque la seule en usage dans une partie de l'Europe. Le pommier ne prospère que dans les contrées tempérées ; il aime un sol profond et un peu humide, et redoute les argiles et les craies.

Nous aurons peu de chose à dire de la culture du pommier, d'après ce qui a été exposé sur celle du POIRIER, qui est la même. Cependant le pommier ne se plaît pas à l'espalier du nord, fleurit un mois plus tard et coule plus aisément par l'effet des pluies froides et des brouillards. On le greffe sur poirier, coignassier, épine ; mais le plus ordinairement cette opération se fait sur des pommiers de semis ; c'est ce qu'on appelle *greffe sur franc* : c'est le moyen d'obtenir de plus beaux arbres plein-vent, lents à se mettre à fruit, mais qui sont très féconds et vivent très long-temps. Enfin on fait beaucoup de greffes sur deux variétés de pommiers qu'on appelle *paradis* et *doucin*. Les tiges de ces sujets se tiennent

(1) Chez Thomine, libraire, rue de la Harpe, n° 78.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

basses et conviennent très bien aux espaliers. Les greffes qu'on fait sur ces variétés sont fécondes dès la deuxième ou la troisième année, et produisent des fruits superbes et délicieux. On a obtenu le paradis et le doucin par semis, et aujourd'hui on les multiplie par marcottes et plants enracinés.

Les pommiers prennent sous la serpette toutes les formes; on les taille en éventail, buisson, vase, quenouille, pyramide, demi-tiges, etc. Ils réussissent moins bien en espalier que les autres arbres fruitiers.

Quant aux pommiers à cidre, on les obtient en semant les pepins dans une terre ameublie et riche de sucs nourriciers. A un an, on repique le plant, après avoir supprimé le pivot de la racine; à deux ans, on taille la tige près du sol, afin de faire pousser des rejets parmi lesquels on conserve la tige la plus vigoureuse et la plus droite; arrivée à 6 ou 8 pieds de hauteur, on l'étête. A l'âge de six ou sept ans, on greffe le jeune arbre, à moins qu'il ne produise des fruits de qualités propres à donner du cidre. C'est en mars qu'on pratique la greffe en fente, qui paraît le mieux réussir. L'arbre ensuite n'exige plus d'autre soin que de labourer la terre près de son pied; au reste, ces procédés conviennent à la culture de toutes les espèces de pommiers.

Le nombre de variétés de pommiers est considérable; le Dictionnaire d'Agriculture en cite cent neuf pour les pommes à cidre seulement. On sait que ces fruits sont juteux, sucrés et surtout point acides à l'époque de leur maturité; mais ils sont tellement acerbes, qu'il est impossible d'en supporter la saveur. La fermentation seule, en donnant au jus un goût piquant et vineux, en peut faire une boisson agréable. (*V.* CIDRE.) Quant aux pommes à couteau, on en cultive une multitude de variétés qu'il serait trop long d'énumérer ici. On sert ces fruits crus sur la table; on en fait des compotes, des pâtisseries; on les dessèche au four. Le bois donne un feu vif et durable, et un excellent charbon. Le grain du pommier est fin; les menuisiers, les ébénistes, les tourneurs, le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

recherchent; on en fabrique des planches d'impression pour les indiennes, des meubles, etc. Il se tourmente et se fend très aisément; aussi donne-t-on la préférence au poirier, qui n'a pas ces défauts d'une manière aussi marquée, et sert aux mêmes usages. Le bois sec pèse 48 livres 7 onces par pied cube, ou 7 hectogrammes par décimètre cube. Ce poids varie d'ailleurs avec le sol où l'arbre vit, avec les localités, les variétés, l'âge, etc. FR.

POMPES (*Arts physiques et mécaniques*). Ces appareils, destinés à élever et pousser les eaux d'un lieu dans un autre, varient de mille manières, selon les circonstances où on les emploie. Ce serait un travail beaucoup trop étendu de les décrire, même en ne considérant que ceux qui sont susceptibles de rendre le service qu'on en attend. Nous devons donc nous borner ici à traiter des pompes qui ont reçu de l'expérience la garantie de leur utilité, soit parce qu'elles économisent la dépense ou la force motrice, soit parce qu'elles donnent une grande quantité d'eau en peu de temps, etc. Nous ne parlerons pas ici des *pompes à feu;* ce sujet a une grande étendue, et il est d'une telle importance, qu'il doit être traité dans un article spécial. [*V.* VAPEURS (*Machine à*)].

Une pompe est composée de trois parties essentielles : de tuyaux, de piston et de soupapes. Nous parlerons des TUYAUX et des SOUPAPES dans des articles séparés; les pistons seront décrits à fin de cette exposition. Nous dirons seulement ici qu'un *piston* est un corps cylindrique qui remplit exactement la capacité d'un tuyau qu'on appelle *corps de pompe*, où il peut jouer le plus librement possible en *va-et-vient*, à l'aide d'une tige qui sert à le mouvoir. Il ne doit pas y avoir le moindre passage entre le contour du piston et la paroi du tuyau. L'espace déterminé que parcourt alternativement le piston est sa *course*.

Ordinairement on fait le corps de pompe d'un plus fort diamètre que le reste des *tuyaux* dans lesquels l'eau s'élève; on le construit en cuivre, en fer, en fonte, en bois ou en divers alliages, selon les localités; on l'embranche ensuite bout à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bout avec le reste de la conduite, à l'aide de brides en fer, de vis et d'écrous, en y interposant du chanvre, du cuir, ou toute autre matière flexible et imperméable. On donne aux tuyaux l'épaisseur qui convient à la charge d'eau qu'ils doivent supporter. (*V.* TUYAUX, CONDUITE.)

La partie qui plonge dans le réservoir où l'on puise est percée de petits trous, pour laisser entrer l'eau et s'opposer au passage des pierres et des corps étrangers. Le bout du tuyau est souvent fermé par un bouchon de bois, qui porte sur le fond du réservoir et aide à supporter le poids des tuyaux; poids qu'on allège d'ailleurs par des collets et brides en fer, scellés dans la maçonnerie, à différens étages, dans le puits où la pompe est établie.

Du reste, toutes ces conditions varient au gré des circonstances. Il y a de petites pompes en fer-blanc qui servent à vider des chaudières dans les ateliers, à arroser les jardins; d'autres sont de fort grande étendue, et sont employées à épuiser les mines, à distribuer les eaux pour la consommation des villes, etc.; il y a ensuite toutes les dimensions intermédiaires, d'après les conditions où l'on établit ces machines et les services qu'on en attend.

Les soupapes sont des diaphragmes mobiles à charnière, qui sont disposés transversalement dans les tuyaux, pour intercepter le passage, lorsque la pression s'exerce dans un sens, et le livrer quand elle agit en sens contraire. (*V.* CLAPET et SOUPAPE.) Il y a toujours au moins deux soupapes; elles s'ouvrent de bas en haut, pour laisser passer l'eau ascendante, et l'empêchent de redescendre; l'inférieure s'appelle *soupape dormante*, parce qu'elle ne change pas de place le long du tuyau; tandis que l'autre, qui le plus souvent est adaptée à l'orifice d'un trou dans l'axe du piston, se meut avec lui. (*V.* les figures de la Pl. 46 des *Arts mécaniques*.)

Passons maintenant en revue les pompes les plus ordinairement employées, et donnons l'explication théorique des effets.

I. *Pompe foulante.* On donne à cette pompe deux dispositions différentes (fig. 1 et 2).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la première (fig. 1), le niveau de l'eau du réservoir est XY ; tout ce qui est plus bas est immergé ; KBYI est le corps de pompe, dans lequel joue le *piston plein* B, lorsqu'on lui imprime un mouvement alternatif à l'aide de la tige E. La soupape dormante A joint exactement un trou circulaire D, par lequel l'eau peut monter lorsque cette soupape est levée. FH est le *tuyau d'ascension* qui porte l'eau dans un *dégorgeoir*. Une seconde soupape A′ est adaptée vers l'origine D′ du tuyau d'ascension. Voici l'effet de cet appareil.

Quand le piston B est en haut de sa course, l'eau du réservoir vient gagner son niveau XY en soulevant les soupapes A, A′, par le seul effet de la pression du FLUIDE (*V.* ce mot) : l'eau monte donc dans le corps de pompe et dans le tuyau d'ascension à son niveau XY. Lorsqu'on abaisse le piston, la compression exercée sur le liquide intérieur pousse la soupape A contre l'orifice D, qui se ferme et s'oppose à la sortie de l'eau ; l'autre soupape A′ reste béante, parce qu'elle est pressée par dedans, et l'eau monte dans le tuyau d'ascension à une hauteur qui dépend du calibre de ce tuyau, comparé à celui du corps de pompe ; car tout le volume d'eau déplacé par la course du piston passe dans le tuyau d'ascension. Lorsque le piston remonte, la soupape A′ est fermée par la pression de la colonne d'eau qui est au-dessus, et la soupape dormante A se lève. L'eau du réservoir afflue donc dans le corps de pompe et revient au niveau XY. Les mêmes effets se reproduisent à chaque coup de piston.

L'autre pompe foulante (fig. 2) a son piston A et son corps de pompe AB dans la partie noyée de l'appareil : ce piston est pourvu d'une soupape A et est manœuvré par une tige E qui tient à un châssis KHN ; c'est ce qu'on appelle un *étrier*. Le va-et-vient qu'on imprime à l'étrier est transmis au piston. Dans l'état naturel, la pression de l'eau du réservoir soulève la soupape A du piston, pour gagner son niveau dans le corps de pompe ; mais lorsqu'on lève le piston, la soupape A se ferme, parce que la pression en dessus devient prépondérante, la colonne d'eau étant ici plus élevée. L'eau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est donc chassée vers le haut et lève la soupape dormante B, pour entrer dans le tuyau d'ascension F. Lorsque le piston redescend, la soupape B se ferme, l'eau du réservoir rentre par la soupape A, et le même jeu recommence.

On voit que, dans ces appareils, la pression de l'atmosphère n'est pour rien ; l'effet se produirait de même dans le vide. Les pompes foulantes peuvent servir avec avantage à monter les liquides dont la température est élevée, parce que les vapeurs qui s'en exhalent ne nuisent nullement aux fonctions. Il est évident que la puissance motrice supporte l'effort de la colonne liquide élevée, qui presse la tête du piston ; et d'après le principe de Pascal (*V.* FLUIDE), la force qu'il faut employer pour pousser l'eau est égale au poids d'une colonne d'eau ayant la tête du piston pour base. et la différence des niveaux supérieur et inférieur pour hauteur. Ainsi, la pompe foulante n'a d'autre limite d'ascension que l'intensité de la force qui la fait fonctionner. Il faut, outre cette pression, que la force motrice surmonte le frottement du piston et le poids des soupapes, efforts qu'on évalue communément au cinquième, ou même au quart de la charge.

L'effet produit à chaque coup de piston consiste visiblement à élever à la hauteur du dégorgeoir un cylindre d'eau d'un volume égal à celui que chasse le piston dans sa course. D'après les dimensions de la pompe et l'intensité de la puissance, il est bien facile de calculer combien il faudra de coups de piston et d'heures pour remplir un réservoir de capacité connue.

II. *Pompe aspirante.* XY (fig. 3) est le niveau de l'eau qu'on veut élever ; le tuyau AC qui y plonge est le *tuyau d'aspiration;* KRSL est le corps de pompe, dans lequel joue le piston B, armé d'une soupape. La soupape dormante est plus bas en A. Le tuyau d'ascension est K'RN. Voici le jeu de cet appareil.

Lorsqu'on élève le piston B par sa tige E, l'air contenu dans l'espace KLL'K se dilate, et la soupape A se lève, parce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'air qui est au-dessous est plus dense et la presse plus fortement ; la colonne d'air CB arrive au même degré de dilatation, qui ne fait plus équilibre à la pression extérieure : l'eau du réservoir XY monte donc dans le tuyau d'aspiration, jusqu'à ce que la colonne suspendue, plus le ressort de l'air dilaté intérieur, équivalent à la pression atmosphérique. Cette pression varie avec les lieux et les temps ; au niveau des mers, elle est, en termes moyens, de 76 centimètres de mercure dans le tube barométrique. Multipliant 0,76 par 13,598, densité du mercure, on trouve à peu près $10^{m},44$, ou 32 pieds (*V.* POIDS SPÉCIFIQUES), c'est-à-dire que si le tube BC était entièrement vide, l'eau s'y élancerait à cette hauteur. Pour des états atmosphériques différens de $0^{m},76$, on calculerait de même la pression correspondante de l'air extérieur.

Voilà donc l'eau élevée à une certaine hauteur D dans le tube d'aspiration, lorsque le piston a atteint le haut de sa course RS : la soupape A se referme alors par son poids et celui de la colonne d'eau qui la charge. On abaisse le piston en K'L' ; l'air dilaté se condense de plus en plus à mesure que le piston redescend, jusqu'à ce que cet air soit renfermé dans l'espace KK'L'L ; mais dès que sa densité croissante dépasse celle de l'air extérieur, la soupape B du piston est plus pressée en dessous qu'en dessus, et se lève pour laisser échapper une portion de l'air. Ainsi, l'air qui se trouve contenu dans l'espace KK' a la densité extérieure. Lorsqu'on lève de nouveau le piston, cet air se dilate, et quand il devient plus rare que celui qui est, en AD, au-dessous de la soupape dormante, cette soupape se lève, l'air se raréfie davantage, et l'eau monte plus haut dans le tuyau d'aspiration.

On comprend comment, en répétant l'action du piston, l'eau s'élève de plus en plus, gagne et dépasse successivement la soupape dormante A et celle B du piston, qui soulève ensuite cette dernière, passe au-dessus du piston et monte dans le tuyau d'ascension. L'intensité de la puissance motrice et le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

produit de la pompe sont donnés précisément par la même règle que dans le cas de la pompe foulante ; c'est ce qu'il est bien facile de reconnaître par le même raisonnement que précédemment. Ainsi, le calcul de la force et des produits est très facile à faire. Tant que l'eau est au-dessous du piston, c'est l'aspiration qui la soutient ; et, outre le frottement, la force motrice, à l'instant où elle élève le piston, est obligée de surmonter la partie de pression atmosphérique que cette colonne représente. Quand le liquide est au-dessus du piston, cette force porte encore le poids de la colonne qui pose sur le piston ; elle porte donc en totalité le poids de la colonne d'eau qui a pour base la tête du piston, et pour hauteur l'intervalle des deux niveaux, l'un supérieur, l'autre inférieur.

Mais ce qu'il importe surtout de remarquer dans les pompes aspirantes, c'est qu'elles ont trois *arrêts*.

III. *Des arrêts* dans les pompes aspirantes. 1°. Si le point R, où la soupape du piston arrive au plus haut de la course, est à une plus grande élévation que celle où l'eau peut monter dans le vide, jamais l'aspiration ne pourra la faire monter à ce terme, auquel l'eau viendra s'arrêter. Cette hauteur est de $10^m,4$, ou 32 pieds à peu près, comme on l'a dit ci-devant. Mais dans la pratique, il ne faut jamais la faire de plus de 8 à 9 mètres (25 à 28 pieds), parce que l'eau contient de l'air qui s'en échappe dans le vide, aussi bien que de la vapeur : d'ailleurs, le piston ne joint pas rigoureusement les parois. Ainsi, on ne peut supposer que le vide soit parfait sous le piston ; l'air et la vapeur qui s'y trouvent ont une force élastique opposée à celle de l'atmosphère, et en diminuent les effets. Enfin, le baromètre est souvent au-dessous de 73 centimètres, ce qui affaiblit alors la pression extérieure, et diminue la colonne d'eau qu'elle ne peut élever alors qu'à $9^m,9$. *Il faut donc que le point le plus haut de la course du piston soit à une distance moindre que* 8 *à* 9 *mètres de la surface de niveau du réservoir qui alimente la pompe aspirante.*

2°. Admettons que, par les fonctions antérieures, l'eau ait atteint le niveau D dans le tuyau d'aspiration. Le piston est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en K′L′, et l'air contenu dans l'espace KK′L′L a la densité extérieure : en élevant le piston jusqu'en RS, cet air se répandra dans l'espace abandonné, et se dilatera ; mais si, dans cet état de dilatation, l'air intérieur est encore plus dense que celui qui est au-dessous de la soupape dormante, en AD, clele-ci restera appliquée sur l'orifice, et l'eau ne montera pas. En abaissant le piston jusqu'en K′L′, les choses se rétabliront comme elles étaient d'abord, et un nouveau coup de piston n'aura pas plus d'effet. Le liquide restera donc en D, sans que l'on puisse l'élever davantage.

Par exemple, si l'eau est montée à 6 mètres dans le tuyau d'aspiration, il est clair que l'air compris dans l'espace AD exerce une pression capable d'élever seulement l'eau à 4 mètres (en tout 10 mètres). D'un autre côté, si la course K′R du piston double l'espace AK′L′, l'air dilaté au-dessus de la soupape A sera deux fois plus rare que l'atmosphère, et pressera de la même manière qu'une colonne d'eau de 5 mètres. Il y a donc, sur la soupape A, une charge de 1 mètre de hauteur de plus qu'en dessous ; elle ne peut s'élever.

Calculons le lieu où cet arrêt D arrive. Soient $c = KR$ la course du piston, $KK' = m$, espace libre entre le bas de la course et la soupape dormante ; l'air compris dans cet espace a la densité extérieure mesurée par h ($10^m,4$, ou 32 pieds). Les densités sont, par la loi de Mariotte, en raison inverse des espaces. Ainsi $m : m + c :: z : h$, $z = \frac{hm}{m+c}$ = densité de l'air dilaté au-dessus de la soupape dormante A, quand le piston est en haut de sa course.

D'un autre côté, soit y la distance AD de cette soupape à la surface de la colonne d'eau déjà élevée dans le tuyau d'aspiration ; a la hauteur totale de A au-dessus du niveau XY ; la densité extérieure h fait équilibre à la colonne d'eau $a - y$, et à la tension d de l'air dilaté inférieur ; $h = a - y + d$, d'où $d = h + y - a$. Cette tension sera donc égale ou plus faible que la précédente, et l'arrêt se rencontrera, dès que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$h + y - a = \text{ou} < \frac{hm}{m + c}, \text{ savoir :}$$

$$y = \text{ou} < a - \frac{hc}{m + c}.$$

Or, à mesure que l'eau monte dans le tuyau d'aspiration, l'espace AD $= y$ diminue, et il arrivera nécessairement que cet espace sera réduit à la valeur ci-dessus, si elle est positive : donc la pompe est mauvaise, toutes les fois qu'on a $a > \frac{hc}{m + c}$, ou $am > c\,(h - a)$. Les longueurs a, m, c et h sont ici rapportées à la même unité quelconque (mètre, pied, etc.).

3°. Supposons que ce cas n'ait pas lieu, et que l'eau soit déjà montée jusqu'au-dessus de la soupape dormante A ; il y aura encore une cause d'arrêt, quand la soupape B du piston ne pourra se lever. Pour apprécier l'influence de cette cause, analysons-en les circonstances. J'abaisse le piston de RS en K'L' ; l'air qui était dilaté dans l'espace K'R, et qui s'opposait à ce que l'eau fût plus élevée qu'elle ne l'est en effet, se condensera de plus en plus, à mesure que le piston descendra : mais s'il arrive jusqu'en K'L' sans acquérir une densité supérieure à celle de l'atmosphère, la soupape sera restée close, parce que cet air intérieur exercera une pression moins forte que celle qui a lieu par-dessus la soupape. Ainsi, lorsqu'on élèvera de nouveau le piston en RS, cet air reprendra le même état de dilatation qu'il avait d'abord, sans rien produire sur la colonne d'eau, et sans que la soupape du piston puisse se lever ni chasser l'air qui est au-dessous.

Supposons, par exemple, que le piston étant levé en RS, l'eau soit montée de 6 mètres au-dessus du réservoir, et soit passée au-dessus de la soupape dormante A ; l'air dilaté a pour tension $10^m,4 - 6^m = 4^m,4$. Si la course du piston est de 1 mètre, et qu'il reste encore 1 mètre à parcourir pour atteindre le haut de la colonne d'eau, lorsque le piston sera redescendu en K', la densité de l'air sera doublée, et $= 8^m,8$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, il est clair que la pression atmosphérique sur la soupape du piston étant plus forte, cette soupape restera close, et l'eau ne pourra plus monter.

Appliquons le calcul aux circonstances que nous analysons, afin de connaître dans quels cas la pompe aura le vice que nous examinons. Faisons encore les distances KX, KK′ de la soupape dormante au niveau inférieur, et au point le plus bas du piston, égales à a et m, c la course du piston K′R ; enfin, y la hauteur dont l'eau est déjà montée au-dessus de la soupape dormante (mais sous le piston K′L′). Quand le piston est en R, la densité d' de l'air intérieur fait équilibre à celle de l'atmosphère h, moins la colonne élevée $a + y$; ainsi, $d' = h - a - y$. D'un autre côté, en comparant d' à la densité de l'air quand le piston est redescendu en K′L′, la loi de Mariotte donne $d' : d :: m - y : m - y + c$; en mettant pour d' sa valeur ci-dessus, on forme l'équation

$$(h - a - y)(m + c - y) = d(m - y).$$

Pour qu'il n'y ait point d'arrêt, d doit surpasser h, et le premier membre devient $> h(m - y)$. En développant les calculs, il vient

$$y^2 - y(m + c - a) + ch - ca - am > 0.$$

Or, on sait que cette expression ne demeure positive, quelle que soit la hauteur y, qu'autant qu'on a (*V.* mon Cours de Mathématiques pures, n° 139, 1°.)

$$(m + c - a)^2 - 4(ch - ca - am) < 0 ;$$

ou en réduisant, $$\left(\frac{m + c + a}{2}\right)^2 < ch,$$

$$\text{ou } \left(\frac{1}{2}\text{RX}\right)^2 < h \times \text{K′R}.$$

Ainsi, pour que l'arrêt dont il s'agit n'existe pas, il faut que *le carré de la moitié de la hauteur à laquelle le piston s'élève au-dessus du niveau du réservoir soit moindre que le produit*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la course du piston par la hauteur à laquelle la colonne d'eau s'élève dans le vide ($10^m,4$, ou 32 pieds). Si cette condition n'est pas remplie, il faut rejeter la pompe, parce qu'elle ne pourra fonctionner; elle présentera un espace renfermé entre deux limites, qui seront autant de points d'arrêts; ces limites sont les valeurs réelles de y, qu'on tirera de l'équation formée en remplaçant ci-dessus > 0 par $= 0$. Même en supposant que l'eau pût s'élever au-dessus du premier point d'arrêt, elle y retomberait nécessairement. Il faudrait pouvoir faire monter la colonne au-dessus du second arrêt, pour qu'elle pût continuer de produire.

Pour éviter le défaut que nous signalons, on tranche toute difficulté en faisant descendre le piston à très peu près jusqu'à la soupape dormante, et disposant d'ailleurs celle-ci à 9 mètres au plus au-dessus du niveau du réservoir : en effet, alors $m = 0$, et il est facile de voir qu'aucun des points d'arrêts que nous avons indiqués ne peut avoir lieu que très rarement.

L'analyse que nous venons d'exposer peut encore servir à calculer de quelle hauteur l'eau s'élève à chaque coup de piston; mais ce genre de question théorique ne pouvant intéresser les Arts mécaniques, ne nous arrêtera pas. (*V.* notre Mécanique, 5e édition, page 490.)

Une fois que l'eau est montée au-dessus de la tête du piston, l'ascension n'a plus d'autre limite que celle que détermine l'intensité de la force motrice; car cette force supporte, comme on l'a déjà dit, la charge de toute la colonne d'eau qui a pour base la tête du piston, et pour hauteur la distance entre les niveaux supérieur et inférieur.

Il y a aussi des arrêts dans les pompes foulantes, quand la soupape dormante est au-dessus du niveau du réservoir. Ce sujet se traiterait de même; nous jugeons inutile de nous y arrêter, à cause du peu d'occasion d'appliquer cette théorie à la pratique.

IV. *Pompe foulante et aspirante* (fig. 1). Imaginez qu'on ait adapté à la partie inférieure C un tuyau d'aspiration,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont le bas plonge dans un réservoir, et cette pompe, qui était simplement foulante, deviendra aspirante et foulante. Le niveau de l'eau ne sera plus XY. Quand le piston B, qui est plein, se lèvera, l'air intérieur se raréfiera, et la soupape dormante A s'ouvrira : l'eau montera donc ; ensuite la soupape A s'abaissera en même temps que le piston, et l'air sera chassé par la soupape A′ du tuyau d'ascension F. Après plusieurs coups de piston, l'eau sera élevée au-dessus de A, du moins en supposant que la construction de l'appareil ne comporte aucun des arrêts qui ont été indiqués pour les pompes simplement aspirantes ; car la même théorie s'applique ici. Une fois l'eau montée entre le piston B et la soupape A, quand on abaissera le piston, l'eau sera refoulée dans le tuyau d'ascension F, et ouvrira la soupape A′ ; ensuite cette soupape se refermera quand on remontera le piston. Ce mécanisme est trop simple pour exiger une plus ample description.

La pompe qui a été décrite à l'article INCENDIE est aspirante et foulante ; nous allons bientôt parler du réservoir d'air dont cet appareil est pourvu.

V. *Pompe à double effet.* Dans les pompes I et II qu'on vient de décrire, il n'y a que l'un des deux actes du va-et-vient qui puisse produire un effet utile. La force s'exerce dans l'autre acte sans élever l'eau, et le jet est intermittent. Les suivantes n'ont pas cet inconvénient.

La pompe de la fig. 4 est composée d'une caisse cylindrique noyée dans le réservoir ; le corps de pompe est PAB ; le piston P est plein ; il y a trois soupapes B, A et C. Cette dernière bascule autour d'un axe fixé au dehors du corps de pompe, de manière à pouvoir fermer alternativement le passage en haut et en bas du conduit de communication avec le corps de pompe. Lorsque le piston P descend, la soupape B se ferme, A s'ouvre, C bouche le conduit supérieur ; l'eau entre par-dessus le piston, par l'orifice A, et elle est refoulée par-dessous. Le liquide monte par le conduit inférieur dans le tuyau d'ascension R. Cet état de choses est celui que re-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

présente la figure. Quand le piston remonte, A se ferme, B s'ouvre et C bouche le conduit inférieur; l'eau est refoulée par-dessus dans le tuyau d'ascension, et entre par-dessous dans le corps de pompe. Jusqu'ici on n'a qu'une pompe foulante à effet continu : mais si la caisse est élevée au-dessus du réservoir, et si les orifices A et B communiquent à deux tuyaux qui y vont plonger pour servir à l'aspiration, la pompe sera foulante et aspirante.

La pompe de la fig. 5 est aspirante par en haut et foulante par en bas; elle a deux pistons armés chacun d'une soupape; et la *bringuebale* PU, qui les fait marcher en sens contraire, a son axe de rotation fixé en I. On voit que quand le piston aspirateur A monte, sa soupape est close, et le piston B descend ayant sa soupape béante : l'eau monte alors par aspiration. Mais quand le piston B remonte, A redescend; les soupapes prennent une disposition inverse de la précédente, et l'eau est refoulée de bas en haut. Quant à la soupape C, elle ne sert presque à rien, et peut être supprimée sans inconvénient.

La pompe représentée fig. 6 est encore à double effet. Le piston P, en montant, aspire en A l'eau du réservoir où plonge le tuyau; l'eau ascendante lève la soupape H pour remplir le corps de pompe sous le piston P. L'eau qui est sur la tête du piston P est refoulée en haut, ferme les soupapes K′ et D, et ouvre D′; le liquide monte par le conduit E′B′A′ dans le dégorgeoir. Cette fonction de l'appareil est celle qui est représentée dans la figure. Quand le piston P redescend, les soupapes qui étaient ouvertes se ferment, les autres s'ouvrent; l'eau monte encore dans le dégorgeoir par le conduit E′B′; et au-dessus du piston, par le conduit BH′, se fait l'aspiration. La tige du piston traverse les parois qui ferment le corps de pompe par en haut, en coulant dans des boîtes à étoupes S. Cette pompe est à peu près de même forme que celle de la fig. 4.

VI. *Pompe royale* ou *à double piston*. Dans le même corps de pompe (fig. 7 et 8) sont deux pistons P et P′, ayant chacun

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leurs soupapes. La tige du piston inférieur P′ traverse le supérieur P, et glisse dans un fourreau en cuir gras ou en étoupes. Les deux tiges sont courbées en haut, et percées d'un œil f, g, pour recevoir l'axe, autour duquel elles se meuvent en basculant, afin que ces tiges conservent le parallélisme. Une pièce percée de deux trous pour y laisser glisser les tiges en y sert de coulisse pour en régler la course. Cette bascule se fait au moyen de la navette fg, qui porte au milieu a un tourillon, sur lequel elle se meut en tournant dans des collets x; au bas est une *heuse* ou *chopine* G, armée de deux soupapes. Toutes ces soupapes s'ouvrent de bas en haut, quand la pression s'exerce dans ce sens. Celles de la chopine ne sont pas nécessaires à l'effet; mais quand la pompe se repose, elles la maintiennent *alumée*, c'est-à-dire pleine d'eau.

Voici le jeu de cette machine. Lorsqu'on imprime un mouvement de bascule à la navette fg autour de son arbre a, l'un des pistons monte quand l'autre descend; les soupapes du premier sont fermées, tandis que celles de l'autre sont ouvertes, et cela tour à tour. Le piston ascendant soulève l'eau et l'aspire, pour la faire jaillir par le dégorgeoir H. Ainsi, lorsque P descend, P′ monte et soulève l'eau qui est au-dessus, en la faisant passer par les soupapes ouvertes de P; celles de P′ sont alors fermées : mais quand P′ redescend, ses soupapes s'ouvrent pour laisser passer l'eau; P remonte, et soulève à son tour l'eau qui est sur sa tête, ses soupapes étant closes. Le corps de pompe est fermé aux deux extrémités par des couvercles qui le bouchent hermétiquement; les tiges des pistons percent le fond supérieur et glissent dans une boîte à cuir. On voit que cette pompe est à double effet.

Cet appareil est d'un fréquent usage dans la marine. Comme une manière commode d'appliquer la force des hommes est celle où ils manœuvrent une rame, on fait fonctionner cette pompe en donnant aux bras des hommes un mouvement analogue. On les applique à un châssis de fer RR′ (fig. 9), qui est traversé par une barre carrée, ayant ses appuis aux extrémités. Cette barre est aussi assemblée à carré avec la navette TT′

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui fait basculer les pistons. Plusieurs hommes saisissent les tringles RR′, RR′ du châssis ; les uns sont placés dedans, les autres dehors du châssis ; ils lui impriment sur son axe X′ un mouvement circulaire alternatif qui se communique à la navette, et de là aux pistons.

La fig. 10 représente aussi une pompe à double piston, mais à deux corps de pompe. Comme le jeu de la machine est absolument semblable à celui de la fig. 6, nous jugeons inutile de donner des détails particuliers sur l'effet de ce système.

VII. *Pompe à piston métallique sans garniture.* Dans la fig. 11, on voit un corps de pompe SZS fermé de toutes parts, excepté à l'orifice de communication avec le tuyau FEDR, qui puise l'eau et la monte. La base supérieure est garnie d'une boîte à étoupes XZ, dans laquelle passe un cylindre de métal tenant lieu de piston PM. La tige adaptée en H sert à élever et à abaisser ce cylindre. Quand il sort du corps de pompe, il y produit un vide ; la soupape D se ferme, et la soupape E s'ouvre : l'aspiration fait monter l'eau par FE ; ce liquide remplit le corps de pompe ME, mais lorsque le cylindre y est enfoncé, il chasse l'eau et la refoule dans le tuyau R, en levant la soupape D et fermant E. C'est donc une pompe foulante et aspirante, où le frottement est très diminué. L'avantage de cette disposition consiste à ne pas exiger que le corps de pompe soit alésé et le piston exactement moulé sur son calibre, conditions qu'il est difficile de bien remplir. La boîte à étoupes est fortement serrée sur le couvercle du corps de pompe. On peut percer un petit conduit *s* dans l'intérieur du piston, afin de laisser échapper l'air que l'aspiration y introduit. Un robinet ferme ce conduit en haut du piston ; on l'ouvre lorsque cela est jugé nécessaire.

VIII. *Pompe des prêtres.* On fait osciller le balancier FF sur son axe (fig. 12), dont le tambour porte une chaîne *d*, qui tire les tiges CC de deux pistons. La fig. 12 montre l'ajustement de ces pièces, et l'on voit que les bascules imprimées au balancier sont communiquées aux pistons, dont l'un monte quand l'autre descend. Il y a deux corps de pompe B dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lesquels ce mouvement de va-et-vient s'effectue ; mais ce qui distingue cet appareil de tout autre, c'est la manière dont le piston est composé. Chaque corps de pompe est formé de deux cylindres posés l'un sur l'autre et joints hermétiquement à rainure et languette, selon *bb*. On pince dans la jointure les bords d'un manchon en cuir parfaitement flexible, dont la circonférence suit le contour de la rainure. L'autre bout du manchon de cuir est saisi entre deux plaques parallèles qui tiennent à un étrier E, et portent des soupapes D. Le tuyau d'aspiration H communique en G avec les corps de pompe.

Voici le jeu de cette pompe. La bascule fait monter un des pistons et descendre l'autre ; les manchons de cuir prennent des formes, l'une concave, l'autre convexe ; le premier a ses soupapes fermées et fait aspiration ; le second les a ouvertes, et l'eau passe au-dessus. C'est donc une pompe aspirante à double piston, sans frottement.

IX. *Réservoirs d'air.* Dans la plupart des pompes, lorsque le piston descend, l'effet est suspendu et l'écoulement par le dégorgeoir arrêté. Cette intermittence dans le mouvement du liquide a l'inconvénient de perdre une grande quantité de force motrice, parce que l'eau passe sans cesse de l'état de mouvement à celui de repos. Pour éviter ce défaut, on dispose au-dessus du corps de pompe un vase hermétiquement clos, en fonte ou en tôle, ou, etc., qui communique par un tuyau avec le conduit d'ascension. Cet appareil est représenté en G dans les fig. 1 et 3. En voici l'effet.

Lorsque l'eau s'élève poussée par le piston ascendant, elle entre dans le réservoir d'air ; mais l'air résiste à cette introduction, et l'eau qui y est chassée le comprime et accroît son ressort. Bientôt le piston redescend ; mais l'air comprimé restitue, par sa tension, l'effort qui a été dépensé pour introduire l'eau dans le récipient, et le liquide continue à monter. Ce récipient est un magasin de force, qu'on y amasse pour la dépenser pendant le temps de l'intermittence. La puissance de compression du piston a son action diminuée de toute la quantité, qui est ensuite rendue quand le piston rétrograde,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et le résultat final est le même, excepté cependant qu'en supprimant l'intermittence on évite une perte de force vive.

Il faut que la capacité du récipient soit telle, que le ressort de l'air élève autant d'eau que le piston : l'exemple suivant montre comment on détermine ce volume. Le piston de la pompe de Chaillot a $0^m,65$ de diamètre et $1^m,95$ de course ; le volume d'eau élevé par le piston est de 647 litres, et la capacité du réservoir d'air est six fois ce volume. Comme toute l'eau entre dans le réservoir G, et est chassée ensuite par la pression dans le tuyau d'ascension, on voit que le volume d'air étant réduit au cinquième, la tension de ce fluide est accrue dans le même rapport. Un second coup de piston apporte encore un volume d'eau égal à un nouveau cinquième, etc. Ainsi, l'eau est poussée par l'air, qui a une force connue dont on peut calculer l'effet, mais qui décroît sans cesse en agissant, à mesure que le piston rétrograde.

Il est indispensable de munir la pompe à réservoir d'air d'un robinet qui règle la quantité d'air contenue dans cette capacité ; car on a observé qu'une surface d'un décimètre carré, sous une pression de 65 mètres de hauteur, absorbe par jour 7 litres d'air atmosphérique. Il faut donc se ménager les moyens de subvenir à cette perte, en introduisant de nouvel air quand on remarque que l'eau ne conserve pas son uniforme écoulement.

X. *Moteurs*. Dans les grandes machines, c'est la force de la vapeur, ou celle du vent, ou des chevaux, qui est employée à monter l'eau ; mais les pompes à usage vulgaire sont manœuvrées à bras d'homme. Le va-et-vient se produit par les moyens que nous avons indiqués à l'article MOUVEMENT, où nous avons décrit les principaux procédés pour changer la nature d'un mouvement donné en un autre qui soit alternatif rectiligne. Il serait inutile de revenir sur ce sujet ; car on voit qu'il est bien aisé d'obtenir un va-et-vient, soit par une bringuebale, soit avec une manivelle. Au reste, en parlant des pompes circulaires, nous verrons l'avantage qu'on peut retirer de ce dernier mode d'action.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à l'effet utile d'une pompe, s'il n'est pas aisé de le prévoir d'avance, parce qu'il dépend surtout de l'exacte ajustement des parties, il l'est du moins de le mesurer par le produit. On connaît le diamètre du corps de pompe et la course du piston; ce sont les dimensions du cylindre d'eau élevé à chaque coup : connaissant le nombre de coups qu'on peut donner en une heure, la profondeur d'où l'eau est puisée et la hauteur du dégorgeoir, on sait donc quel est le volume d'eau que le moteur peut élever par heure à une hauteur connue, et par suite le nombre de DYNAMIES ou d'unités dynamiques que produit la pompe.

Mais on évalue plus exactement ce produit en mesurant effectivement combien il faut de temps pour remplir le réservoir dont la capacité et la hauteur sont données. Tant de causes peuvent altérer les produits théoriques, qu'il vaut mieux s'en fier à l'épreuve qu'au calcul pour déterminer l'effet utile.

La vitesse du piston d'une pompe étant donnée (on la fait ordinairement de 6 pouces par seconde), les vitesses de l'eau dans les tuyaux s'ensuivent, puisque les calibres sont tous donnés. Or, il faut avoir attention à ne pas trop rétrécir les tuyaux et les soupapes, pour ne pas augmenter les frottemens de l'eau sur les parois. Pour économiser la matière, on est dans l'usage de faire le tuyau d'aspiration très étroit par rapport au corps de pompe. Outre la perte de force dont on vient de parler, il en résulte un grave inconvénient. L'eau ne peut s'élever dans des tuyaux étroits qu'en y prenant instantanément une grande vitesse; il se produit alors des chocs intérieurs, causés par l'eau qui s'élance dans le vide et tend à briser les enveloppes; sans compter que souvent l'effort qu'il faut faire pour vaincre la force d'inertie pouvant être plus considérable que celui qu'exerce le piston, il peut en résulter des arrêts, une grande perte de force, des actions destructives de la machine : tels sont les vices qu'il importe d'éviter.

XI. *Pompe de Bramah.* Les pompes à mouvement alternatif ont divers inconvéniens que nous avons signalés, parmi lesquels la perte de force motrice est un des plus graves.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a tenté de leur substituer des pompes à mouvement de rotation circulaire, dont la continuité d'effets ne présentait pas le même vice. Parmi ces machines, il faut distinguer celle qu'a inventée un mécanicien anglais, le célèbre Bramah.

Les deux espèces de roues ou noyaux en bois A et B, tangens l'un à l'autre (fig. 13), sont munis chacun de quatre ailes E, disposées à 90 degrés de distance l'une de l'autre. Au milieu de chacun de ces arcs, est une cavité D, où peut passer l'aile de l'autre roue. Ces ailes frottent sur la paroi intérieure d'une boîte DCD qui renferme les noyaux, et qui est alésée circulairement, c'est-à-dire en formant deux portions réunies de cylindres creux, dont les axes sont ceux des roues A et B. Les ailes E portent des garnitures en cuir, pour rendre leur contact parfait, à mesure que chacune vient glisser à son tour sur la paroi.

La boîte est fermée sur les deux faces opposées par des fonds ou plans bi-circulaires qui frottent sur les bases des noyaux. En dehors, il y a deux roues dentées d'un égal diamètre, et d'un même nombre de dents l'une et l'autre, qui sont montées à carré sur les axes des noyaux intérieurs; d'où l'on voit que lorsque l'on imprime une rotation à l'une de ces roues, l'autre tourne avec la même vitesse en sens contraire, et que les cylindres ou noyaux prennent aussi ces mouvemens. La boîte communique avec deux tuyaux, l'un F qui va en bas aspirer l'eau, l'autre G qui la conduit au dégorgeoir supérieur.

Voici l'effet de ce mécanisme. A l'aide d'une manivelle, on fait tourner les roues et les noyaux : l'eau qui remplit l'appareil, poussée par les ailes E, occupe l'intervalle qui sépare les noyaux des parois de la boîte; elle se trouve forcée de monter dans le tuyau d'ascension F. D'un autre côté, les ailes, quand elles quittent la paroi, se présentent en face des creux des noyaux qui les reçoivent, sans en gêner le mouvement; et comme l'eau chassée en haut laisse un vide dans la boîte, la pression atmosphérique y précipite les eaux du réservoir par le tuyau d'aspiration, du moins si cette boîte n'est pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à plus de 10 mètres de hauteur au-dessus de son niveau. Si la boîte est vide d'eau, la rotation produit d'abord l'aspiration, et chasse l'air ; la boîte se remplit, et l'eau monte ensuite. La soupape C est destinée à empêcher l'eau de redescendre, quand on ne fait pas fonctionner la machine. Les axes percent les fonds en traversant des boîtes à cuir ou à étoupes.

Nous n'insisterons pas sur les détails de construction de cet ingénieux appareil, sur les moyens de rendre les frottemens plus doux, de réparer les pièces usées, etc. ; chacun suppléera facilement à ces lacunes.

XII. *Pompe de Dietz.* L'appareil que nous allons décrire diffère peu de celui qui a été imaginé par le mécanicien Dietz. La boîte circulaire en cuivre ou en fonte G (fig. 14) communique à deux tuyaux, l'un A d'aspiration, l'autre B d'ascension. Cette communication se fait par plusieurs trous qui percent la paroi de la boîte, dans les parties où les tuyaux leur sont hermétiquement joints. Dans l'intérieur de cette boîte cylindrique est un noyau ou cylindre en bois O, dont l'axe, parallèle à celui de la boîte, est excentrique ; et les dimensions de ce noyau sont tellement calculées, que sa surface va frotter contre la paroi en un lieu P′, intermédiaire entre les orifices de communication des deux tuyaux.

Le noyau est creusé selon les rayons à angles droits, par quatre cavités L, dans lesquelles sont introduites des ailes P, P′, en sorte que le noyau a sa surface dépassée par les extrémités de ces quatre ailes, qui sont formées de cuir redoublé, et frottent sur la paroi intérieure. Comme le noyau est excentrique, il faut que les ailes puissent s'allonger ou s'accourcir pour presser cette paroi, selon la place que chacune occupe successivement, quand le noyau tourne. Cet effet est produit à l'aide de ressorts à boudin fixés au fond des cavités rayonnantes L ; ces ressorts poussent sans cesse les ailes pour les forcer à sortir de ces cavités, où elles sont d'ailleurs retenues par la pression que la paroi exerce. Le tout est recouvert sur les bases par deux fonds circulaires, et l'appareil est construit de manière que chacun des quatre espaces PP qui sépa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rent les ailes n'ait aucune communication avec les autres.

Voici l'effet de cette machine. A l'aide d'une manivelle montée sur son arbre, on imprime une rotation au noyau excentrique OO, dans le sens indiqué par les flèches (1). L'eau qui remplit les espaces PP de la boîte est chassée en tournant; mais comme la communication est interrompue au point de contact de la paroi avec le noyau, le liquide est forcé de suivre le tuyau B, seule issue qu'elle ait : l'eau monte donc dans le tuyau d'ascension. D'un autre côté, le vide qui se produit à l'orifice du tuyau A, dans l'espace K qui s'accroît, produit une aspiration qui répare les pertes; en sorte que la boîte se remplit d'un côté et se vide de l'autre, comme dans la pompe de Bramah. Du reste, il faut que l'appareil soit à moins de 10 mètres de hauteur au-dessus du niveau du réservoir.

XIII. *Pistons.* Dans les pompes les plus ordinaires, le piston est un cylindre court un peu renflé, d'un diamètre moindre que celui du corps de pompe où il doit jouer. Ce cylindre est fait en bois; on le nomme *sabot, heuse;* il est percé d'un trou selon son axe. La base supérieure est surmontée d'un anse en fer qu'on y ajuste solidement avec des écrous; pour cela, cette espèce de *gâche* a deux tiges qui percent de part en part le sabot, et les pointes taraudées vont saillir à la base opposée, où les écrous les serrent fortement. Le trou est parallèle à ces deux tiges, et s'ouvre sous l'anse; en dessus de la base et sous l'anse même, est cloué le cuir qui sert de charnière au CLAPET. (*V.* ce mot.) C'est en attachant l'anse au bout d'une longue tige ou bielle qu'on donne le moyen de tirer et pousser le piston.

Le sabot doit glisser contre la paroi du corps de pompe, sans y laisser aucune issue à l'air. On l'enveloppe d'un cuir épais qui y est cloué; on graisse ce cuir, et après un peu de temps de service, le piston joue assez librement. Le corps de

(1) Par erreur, le graveur a donné aux flèches des directions contraires; le lecteur est prié de corriger cette faute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pompe est souvent en bois ; alors on le revêt intérieurement d'une lame de tôle roulée en cylindre, dans lequel le va-et-vient s'opère. Cet appareil est peu coûteux et d'assez longue durée.

Le piston représenté fig. 2 et 3 est mieux construit que celui qu'on vient de décrire : on le recouvre d'étoupes, à peu près comme les pistons de seringue. Celui de la fig. 7 est à deux clapets.

Lorsque, par l'usage, il se fait des détériorations, l'air se glisse dans le corps de pompe, les soupapes ne tiennent plus l'eau, et la pompe se vide. Lorsqu'on veut la faire marcher, elle ne donne plus que de l'air ; mais quand les dégradations sont légères, on peut encore s'en servir, en les *amorçant*, c'est-à-dire en y versant de l'eau par en haut. Ce liquide ne peut couler que lentement dans les fissures, et en manœuvrant la pompe, l'aspiration se fait, parce que le liquide qui est sur la tête du piston tient lieu d'un piston excellent, bouchant hermétiquement les trous. On voit bientôt l'air sortir, et l'eau du réservoir monter, comme si la pompe était en bon état. Seulement, le produit est moindre, et lorsque la pompe cesse de fonctionner, l'air y rentre à la place de l'eau.

Les corps de pompe faits avec soin sont parfaitement alésés (*V.* ALÉSOIR), et l'on y emploie de préférence des *pistons métalliques*. Autour d'un noyau central et cylindrique, sont trois segmens de cercle AEL (fig. 15), disposés de manière à compléter la circonférence entière : dans les espaces angulaires compris entre eux, on introduit trois coins POR, ou pièces triangulaires, qui achèvent de remplir le contour. Ces triangles sont poussés en dehors par des ressorts à boudin, qui tendent à les écarter de l'axe, ainsi que les segmens. On a deux appareils absolument semblables qu'on place l'un sur l'autre, en faisant attention que les fentes de celui de dessus répondent aux parties pleines de celui de dessous. Le tout est maintenu par deux rondelles, l'une en dessus, l'autre en dessous. On en voit les deux projections fig. 15.

L'effet de cet assemblage se comprend aisément. Le piston

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une fois introduit dans le corps de pompe, ses pièces tendent à s'écarter de l'axe, poussées qu'elles sont par les ressorts. Les fentes de séparation sont comme si elles n'existaient pas, parce qu'elles sont respectivement bouchées par les parties pleines contiguës. Ainsi, le tuyau est parfaitement rempli par ce piston, sans laisser d'issue à l'eau qui est sur le piston. L'avantage de cet appareil consiste à avoir plus de durée, à ne pas se mettre hors d'usage lorsque le frottement a élimé la surface, à s'appliquer juste sur les parois du corps de pompe, même lorsqu'elles ne sont plus cylindriques, enfin, à frotter aussi peu qu'on veut, attendu qu'on modère à volonté la pression des ressorts.

La fig. 16 représente en plan un autre piston métallique. Ce sont des pièces circulaires *b* poussées en dehors par des ressorts *c*. Le tout est, comme ci-dessus, maintenu entre deux couronnes ou plateaux. FR.

PONÇAGE (*Technologie*). C'est le nom que l'on donne à la première manipulation que fait le polisseur des métaux. Il emploie la pierre ponce broyée, soit à l'eau, soit à l'huile, selon les circonstances. (*V.* POLISSEUR.) L.

PONCE (*Technologie*). Ce mot désigne ordinairement la PIERRE PONCE. (*V.* ce mot.)

Les dessinateurs désignent sous le nom de *ponce* un petit sac rempli de charbon pilé, dont ils se servent pour copier des dessins dont les traits sont piqués avec la pointe d'une aiguille, et qu'ils nomment *ponsif;* ils placent ce dessin sur du papier blanc et ils frottent avec la *ponce,* après l'avoir secouée pour faire sortir un peu de poussière de charbon. Cette poussière passe à travers les trous du ponsif et se dépose sur le papier; le dessin s'y trouve tracé, on n'a qu'à le suivre à la plume.

Les dessinateurs poncent souvent ainsi sur une étoffe blanche avec du charbon; mais, lorsqu'ils doivent poncer sur une étoffe d'une couleur sombre, leur sac est rempli de blanc d'Espagne en poudre, et cette poussière blanche détache parfaitement le dessin sur l'étoffe de couleur. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PONTON (*Arts mécaniques*). Ce terme a plusieurs acceptions. En Artillerie, on appelle *ponton* des bateaux qui, mis côté à côté et recouverts de planches, forment un pont momentané, sur lequel on peut passer des munitions, et jusqu'à des pièces de canon, de la cavalerie, etc. Quand le ponton doit avoir une longue durée, on le garnit de gravier, on y place des garde-fous, enfin, on en fait un véritable *pont de bateau*. (*V.* page 474.)

Les marins donnent le nom de *ponton* à un grand bateau plat qui a 3 à 4 pieds de bord, porte un mât, des cabestans, moufles et autres machines; il sert à coucher les vaisseaux, à les relever lorsqu'on veut en réparer la carène, à curer les ports, à les creuser, à mâter les navires, etc.

Le *pontonnier* est le batelier qui, dans les ports, fait le service d'un bac ou d'un bateau, pour traverser certains passages.

On appelle encore *ponton* un mauvais navire démâté, qui sert à loger des ouvriers et des agens d'un port. On en fait aussi une prison, et les militaires français qui ont été conduits prisonniers en Angleterre, ont gardé un affreux souvenir des traitemens qu'on leur a fait subir dans cette terrible habitation, où ils étaient privés d'air, de vêtemens et de nourriture. FR.

PONTS (*Arts mécaniques et Architecture*). Ce sujet est si vaste, qu'il semble impossible de le traiter dans un article de Dictionnaire, avec les développemens qu'il comporte, pour présenter de l'intérêt et de l'utilité. En effet, des ouvrages très volumineux ont été écrits sur cette matière sans l'épuiser, et ce n'est pas ici que les gens de l'art viendront chercher des lumières qu'ils ne peuvent trouver que dans des traités spéciaux. Forcés de nous renfermer dans des limites étroites, nous devons nous contenter d'indiquer sommairement les travaux de construction des ponts, les précautions qu'il faut prendre pour la stabilité de l'édifice, et les principales difficultés que l'ingénieur rencontre dans l'exécution de ses projets. Quant aux détails de l'opération, aux devis des dépenses,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux artifices qu'il faut employer pour surmonter les obstacles que présente la nature des localités, et une foule d'autres sujets, nous renverrons aux ouvrages spéciaux de Palladio, Perronet, Gauthier, de Cessart, Lamandé, et particulièrement au programme du Cours de Constructions de M. Sganzin, et au Traité de la Construction des Ponts, par Gauthey, publié, depuis sa mort, avec des additions, par M. Navier.

1°. *Dimensions des parties.*

La stabilité d'un pont dépend presque entièrement de la manière dont les fondations sont établies. La mauvaise disposition des travaux, l'élégance et la légèreté des formes, contribuent moins qu'on ne le pense ordinairement, au défaut de solidité de la construction. Il faut donc préparer les opérations par des fondations qui assurent une excellente stabilité : mais, d'un autre côté, il faut employer les moyens les moins dispendieux pour arriver au résultat; et c'est dans le choix judicieux des procédés, eu égard aux difficultés locales, que le jugement de l'ingénieur doit se montrer.

C'est un fait parfaitement reconnu aujourd'hui, qu'il faut moins s'occuper de donner à ces bâtimens une durée indéfinie, que d'économiser sur la dépense. Supposons un pont qui, au lieu de coûter seize cent mille francs, sous la condition d'une éternelle durée, pourrait n'en coûter que douze cent mille en durant seulement quarante ans ; ce dernier serait beaucoup préférable. En effet, les quatre cent mille francs d'économie étant placés à intérêt composé pendant quarante ans, à 5 pour 100, produisent près de trois millions. On trouverait donc ainsi une somme suffisante pour refaire deux ponts au lieu d'un seul. Donc, en exceptant les cas où les localités exigent que les constructions soient décorées avec magnificence, il suffira d'établir les ponts avec simplicité, et de leur donner la solidité nécessaire pour que la vie des hommes ne soit pas compromise, même dans les grandes crues d'eau. On économisera le plus possible la dépense, sans s'inquiéter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la durée absolue. C'est donc aux fondations qu'il faut surtout donner des soins, puisque d'elles dépend essentiellement la stabilité du pont.

Cinq conditions principales sont d'abord considérées : 1°. le choix de l'emplacement; 2°. le débouché qu'il doit laisser à la rivière; 3°. la forme des arches; 4°. leur ouverture; 5°. la largeur du pont.

Le premier point est souvent décidé d'avance par les localités; autrement on se règle d'après des appréciations basées sur des plans, des nivellemens, des profils du cours de l'eau, la connaissance de la vitesse du courant et de la nature du terrain, le prix des matériaux, etc.

Pour trouver le débouché nécessaire à l'eau, on cherche d'abord la quantité qui s'écoule, en multipliant la surface de la section par la vitesse moyenne du courant. Nous avons donné, à l'article ÉCOULEMENT, les procédés qui font connaître la vitesse à la surface : l'expérience a appris que la vitesse moyenne est à fort peu près les quatre cinquièmes de celle-ci. C'est à l'époque des grandes crues qu'on prend les élémens de ce calcul, parce qu'alors les eaux sont débordées, s'étendent sur une plus grande surface, et ont au milieu une vitesse plus considérable; mais il convient de choisir, pour les expériences, un lieu où le fleuve soit encaissé. Comme les obstacles qu'on oppose au courant accroissent sa vitesse, il peut en résulter ou des affouillemens sur le fond, ou des débordemens en amont, ou enfin, des attérissemens sous certaines arches. Les circonstances des localités déterminent donc la surface du débouché qui doit être laissé aux eaux, dont on connaît le volume et la vitesse.

La forme des arches est, ou en voûte demi-circulaire portée sur deux piles (on l'appelle *en plein-cintre*) ou en ANSE DE PANIER, forme à peu près elliptique, mais composée d'arcs de cercle mis bout à bout, qui permet de donner plus de débouché aux eaux, sans exhausser beaucoup le pont. La résistance que les naissances des voûtes opposent au courant, lorsqu'elles y sont plongées, est une des causes principales

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'affouillemens au pied des piles. On fait aussi des arches en arcs de cercle surbaissés, c'est-à-dire que l'horizontale qui passe par les naissances est une corde d'un arc de moins de 180 degrés. Cette forme est aussi avantageuse que l'anse de panier; les voussoirs y exercent une forte pression latérale, qui rend les précautions de prudence plus nécessaires et plus délicates.

Les grandes arches sont préférables sur les torrens, les fortes rivières, où il est coûteux de faire des fondations, et où les eaux sont rapides et sujettes à entraîner des corps qui dégradent les piles : les petites arches conviennent aux eaux tranquilles. Si l'on fait toutes les ouvertures égales, le cintre qui sert à construire les voûtes est le même pour toutes; mais la hauteur des abords du pont est plus considérable. On peut faire varier progressivement les ouvertures, depuis celle du milieu jusqu'aux bords; le pont est moins régulier, mais plus facile à traverser. La hauteur de la voûte doit être d'un mètre au-dessus des plus hautes eaux, quand les arches sont égales; et elle varie de 70 à 140 centimètres, quand elles sont inégales.

La largeur du pont dépend de l'importance du passage. On se contente de 4 à 5 mètres quand il n'est pas long, et qu'il ne sert de communication qu'à des chemins vicinaux. Il faut 6 à 7 mètres pour une route de seconde classe : deux voitures peuvent y passer ensemble, ainsi que des gens de pied. Il faut 9 à 10 mètres pour une route de première classe. Enfin, dans les villes, la largeur d'un pont dépend des localités, de la population, du commerce, etc.; on la fait de 10 à 20 mètres. Celle du Pont-Neuf, à Paris, est de $20^{m},79$.

On appelle *culées* les constructions qu'on fait aux deux bouts d'un pont sur les rives, pour résister à la poussée latérale, et *piles*, les bâtis élevés dans le lit de la rivière pour porter les arches. La pression verticale qu'exercent les *voussoirs* les uns sur les autres se reporte sur les piles et sur les culées, auxquelles il faut donner une force de résistance suffisante pour surmonter cet effort. L'épaisseur qu'il faut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donner aux constructions dépend évidemment de la nature des matériaux, de celle des fondations, du genre de construction qu'on adopte, etc. Ce n'est pas ici le lieu d'exposer la théorie de l'équilibre des VOUTES (*V.* ce mot), et cela avec d'autant plus de raison, qu'elle laisse beaucoup à désirer, lorsqu'on veut en faire des applications à la pratique.

Comme l'épaisseur des culées doit être considérable et entraîne une grande dépense, il importe de réduire la masse de construction le plus possible, sans nuire à la solidité. Les auteurs ne sont pas d'accord entre eux sur la quantité de cette épaisseur, et l'art doit encore étudier ce sujet, qui est d'une haute importance. Nous donnons ici un tableau des proportions recommandées par les principaux ingénieurs pour les épaisseurs des culées d'une voûte de 20 mètres d'ouverture, dimensions assez souvent employées; ces nombres serviront de guides pour trouver une règle pratique dans d'autres cas. L'épaisseur à la clef est supposée de 1 mètre.

Voûtes.	Gauthier.	Pollin.	Rondelet.	Gauthey.
Plein-cintre.....	5m,43	2,28	1,82	3,44
Anse de panier, surbaissée au tiers...		3,03	2,14	3,76
Idem, surbaissée au quart.....			2,30	3,91
Arc de cercle de 60°, pieds-droits hauts de 5 mètres.....			2,47	3,09

Pour donner aux culées plus de stabilité, on a proposé trois modes de construction : 1°. la culée est un mur ordinaire, derrière lequel on prolonge la voûte de l'arche, qui vient butter contre une plate-forme soutenue par des pilots inclinés. 2°. On substitue au massif de la culée des murs de soutenement construits dans le prolongement des têtes; ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

murs supportent une voûte qui a son sommet moins élevé que la naissance de l'arche. 3°. Enfin, on incline la plate-forme des fondations et des assises de la maçonnerie, du côté de l'arche qu'on veut soutenir.

On donnait autrefois aux piles des épaisseurs énormes; mais, outre que la dépense était excessive, la navigation se trouvait entravée, et le pont présentait à l'œil une masse lourde et sans grâce. Le remous du fleuve, resserré dans son passage, tend à affouiller le sol, et cette cause de destruction est la plus grave de toutes celles que l'ingénieur doit prévoir dans tous ses travaux. On préfère donc des piles médiocrement étroites avec de larges empatemens.

La pile a ses deux épaulemens terminés en *avant-becs :* la base de cette construction importante est ordinairement un demi-cercle ou un triangle isocèle. On arrondit quelquefois les angles où les faces de l'avant-bec se joignent à celles de la pile, et l'on arrondit même ces faces. Les fig. 2 et 5, Pl. 47 des *Arts mécaniques*, représentent l'élévation et la coupe d'une pile ; la fig. 3 est le plan de la fondation. L'avant-bec a l'avantage de diviser les eaux affluentes, de résister au choc des glaçons, des bateaux, des trains de bois et autres corps flottans. Plus l'angle saillant est aigu, et mieux il remplit la condition exigée; mais aussi plus il se laisse facilement dégrader.

La forme de l'*arrière-bec*, qui regarde les eaux en aval, est beaucoup moins importante. On supprime quelquefois cette construction. Cependant, comme il convient de faciliter l'écoulement des eaux resserrées à leur passage entre les piles, et dont la vitesse s'est accrue, on regarde comme avantageux de terminer la pile en aval, comme elle l'est en amont.

Nous avons dit que, sans compromettre la solidité d'un pont, on peut beaucoup diminuer l'épaisseur des piles, et par suite la dépense et les inconvéniens qui résultent de l'engorgement des eaux affluentes; mais alors il faudrait cintrer toutes les arches en même temps, et donner aux piles un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

énorme empatement. Ainsi, la navigation en serait gênée dans les basses eaux, et l'économie qu'on aurait faite sur la construction de la pile serait dissipée. Il est préférable de donner une bonne épaisseur aux piles, d'en diminuer les bases, et de faire servir le même cintre à toutes les arches, lorsqu'elles sont d'égale étendue. Les piles du pont de Neuilly ont $4^{m},22$ d'épaisseur, et l'on a calculé qu'on aurait pu les réduire à $1^{m},05$. On comprend qu'en général l'épaisseur des piles dépend essentiellement de la puissance des glaces dans le lieu où le pont est bâti, de la résistance des matériaux employés, de la solidité du pilotage, et de diverses autres conditions locales.

Les abords d'un pont sont toujours composés de berges et de constructions qui les protégent, pour empêcher le fleuve de les dégrader; c'est ce qu'on appelle des *perrés*. Ce sont des revêtemens en pierres de taille, ou en pierres sèches, auxquels on donne un fort talus, et qu'on rend obliques au cours de l'eau, pour resserrer le lit en amont et l'élargir en aval. Au reste, les localités décident presque toujours de la forme et des conditions de ces constructions, qui exigent beaucoup de soins de la part des ingénieurs, parce que la facilité que trouvent les voitures pour y atteindre, l'activité dévastatrice des eaux resserrées dans leur cours, l'affluence des glaces, le danger des abordages en bateau, etc., sont autant d'élémens dont il faut prévoir les effets, et qui varient avec les lieux. Les opérations relatives à la poussée des terres seront exposées à l'article TERRE, et il ne nous est permis de dire ici rien de plus à ce sujet.

2°. *Des fondations.*

Les constructions des piles et des culées sur pilotis se font de trois manières différentes : par épuisemens, par caissons et par grillage en charpente. Nous allons exposer ces divers modes de procéder dans chaque système.

Pilotage. Lorsque le terrain a peu de consistance, les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constructions doivent se faire sur pilotis. On commence par draguer le sol le plus profondément possible, pour enlever toute la partie la plus molle, et lorsqu'on a atteint un sol plus résistant, on y bat des pilots. Ce sont des pieux qu'on espace de 1 mètre à 1 mètre et demi, qu'on plante en ligne, et entre lesquels on en enfonce d'autres successivement. Comme la résistance du terrain s'accroît à mesure qu'on l'a tassé et resserré, on n'enfonce d'abord les pieux qu'à demi-fiche, puis on les bat ensuite *à refus*, pour leur donner une solidité suffisante.

Supposons à ces pilots 10 à 16 mètres de long, sur un diamètre de 35 à 40 centimètres au milieu (après avoir ôté l'écorce), pour prendre de 7 à 10 mètres de fiche. On fait ces pieux d'un seul arbre, autant qu'on le peut; mais comme il serait souvent difficile de se procurer des bois d'échantillon en assez grande quantité, une partie de ces pilots peut être de deux arbres entés bout à bout. L'inférieur aura 5 mètres, y compris l'entaille de 1 mètre; l'autre est soutenu par deux frettes à charnière et clavettes, qui embrassent fortement les deux pièces, et sont encastrées dans l'épaisseur, afin qu'aucune partie saillante autour du bois ne s'oppose à la fiche : on abat les nœuds du bois et l'on dresse la surface. On arme le pilot d'un sabot en fonte pesant 12 kilogrammes, et dont les branches se réunissent à carré pour porter le bout du pilot et assurer l'effet. On fortifie la tête du pilot par une frette du poids de 20 kilogrammes, pour l'empêcher de se fendre par la percussion du mouton.

Quand le battage d'un pieu, sous un mouton de 5 à 600 kilogrammes, ayant une chute de 5 à 6 mètres, pendant six volées à la tirande (*V.* Sonnettes), ne l'a pas fait entrer de plus de 1 centimètre (ou pendant dix volées au déclic, pour 5 millimètres de fiche), on juge qu'on a atteint le refus, et que le pieu doit être regardé comme parfaitement solide. Cette opération se fait en établissant sur le lieu ce qu'on appelle *un pont de service*, construit sur des pilots, ou quelquefois sur des bateaux amarrés. Ce pont a deux branches

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on fait communiquer, et qui laissent entre elles un espace libre au-dessus de l'emplacement où l'on veut élever la pile. Quelquefois la nature du sol oblige de faire toucher tous les pieux de la fondation, pour assurer la solidité.

Nous avons décrit aux articles PIEUX, PILOTS, SONNETTES, les divers procédés usités pour faire un pilotage; nous n'entrerons par conséquent ici dans aucun autre détail. Nous dirons seulement qu'on a dû s'assurer par un sondage de la nature des couches que le pilot doit traverser, et lorsqu'on connaît ainsi leur épaisseur et leur degré de consistance, on peut apprécier à quelle profondeur à peu près les pilots pourront entrer. On estime qu'un pieu de 32 centimètres de diamètre (1 pied) ne doit pas être chargé d'un poids de plus de 50 mille kilogrammes; et si ce diamètre n'est que de 25 centimètres (9 pouces), la charge doit être réduite à moitié.

On recèpe ensuite chaque pilot (*V.* RECÉPAGE) à la même hauteur, qui est celle du plus bas *étiage* connu, c'est-à-dire des plus basses eaux (1), et l'on maintient toute la file de pilots par un cours de MOISES horizontales, dont le dessus affleure le dessus des têtes des pilots. Ces moises sont en chêne à vive arête, de 32 centimètres sur 16 centimètres d'équarrissage, et en trois pièces pour chaque branche, qui sont solidement assemblées. Toute cette construction est faite sous l'eau; et comme le bois de chêne est presque indestructible dans ce milieu, pourvu qu'il ne soit jamais exposé à l'air, il est certain que la fondation sera parfaitement solide.

Cependant on est quelquefois obligé d'ajouter à ces précautions, en enfonçant des *palplanches* (on nomme ainsi des planches appointées par un bout, pour entrer en terre, qu'on dispose jointives et verticales, en les appuyant sur les pilots), et lorsque l'espace de terrain est ainsi encaissé, on maintient le tout par des crampons et des LIERNES. Enfin, on

(1) Le terme d'*étiage* paraît dérivé du mot *été*, comme si l'on entendait parler du niveau des eaux en cette saison.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait des enrochemens, et l'on coule du béton et des moellons pour former un empatement solide, ainsi qu'il sera expliqué plus loin. On établit ensuite une plate-forme avec des *chapeaux* et RACINAUX (qu'on nomme aussi *longrines* et *traversines*), comme il a été expliqué à l'article PIEUX. La construction doit être arrasée de niveau pour former une masse bien liée.

Enrochemens, bétonnage. Comme l'obstacle opposé par les piles au cours des eaux produit un remous qui tend à affouiller les fondations, on s'oppose à cet effet par des enrochemens. On nomme ainsi des quartiers de roches d'environ un dixième de mètre cube, qu'on jette autour des piles, et surtout en amont. On a renoncé à faire de ces enrochemens sur la base même de la pile : ce n'est qu'entre les pilots et autour de leur enceinte qu'on les fait.

Les enrochemens en BÉTON sont regardés comme les meilleurs. On sait qu'on nomme ainsi une espèce de mortier qui durcit considérablement sous l'eau, et fait des constructions très solides et d'une durée indéfinie. La *chaux maigre*, qui les compose, prend, avec la silice, une dureté extraordinaire sous l'eau. Cette chaux est faite avec une espèce de carbonate calcaire qui renferme des oxides métalliques, tels que ceux de fer et de manganèse. Ce sujet a été traité ailleurs. (*V.* CHAUX, CIMENT.)

Quand on n'a pas fait d'épuisement sur le lieu de la pile, et que la profondeur de l'eau ne passe pas 1 mètre et demi, on peut jeter, sur le lieu, le béton à la pelle, et le laisser couler au fond; mais si le sol est situé plus bas, on dirige le béton à l'aide de trémies, pour que le courant ne l'entraîne pas. Cependant, si ce courant était fort rapide, et qu'on craignît que le béton ne fût délavé dans sa descente, on enfermerait ce ciment dans des caisses à fond mobile; et lorsqu'ainsi chargées, on les aurait descendues où il est nécessaire, on retirerait le fond de chaque caisse, qui doit s'ouvrir comme un clapet, et le béton s'écoulerait sur la place qu'il doit couvrir.

Ce béton ainsi coulé dans l'intérieur des pilots d'enceinte de la pile du pont et en dehors de cet espace, doit avoir son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plan arasé de niveau à environ un demi-mètre au-dessous du plan de recépage. On coule la matière le plus uniformément possible et par couches horizontales, et on la comprime avec des pilons à longs manches, pour qu'il remplisse tous les vides entre le premier rang de pilots et au dehors. Alors on fait les enrochemens ; on peut y ajouter par suite, lorsque la pile est construite, si l'on croit que cela soit nécessaire, en jetant des quartiers de roches sur l'espace bétonné ; on préviendra ainsi complètement les affouillemens du fleuve. C'est surtout lorsque le courant a beaucoup de rapidité que cette opération est utile, et même indispensable.

On doit laisser cette construction de béton prendre de la consistance pendant quatre à cinq mois avant de bâtir la pile. Ce temps est réservé pour le repos d'hiver, ou pour préparer les travaux des autres piles.

Caissons. Lorsqu'on ne veut pas opérer par épuisement, on commence la bâtisse au fond d'un caisson, qu'on échoue sur le lieu. Voici comment on gouverne cette opération.

Le fond du caisson est une plate-forme composée d'un cours de *chapeaux de rive* et de racinaux jointifs, recouverts au bout par un cours de *longrines*, et reliés par cinq cours de *traversines*, dont les vides sont remplis de béton. Quatre pièces sont pour l'avant et l'arrière-bec ; les corps carrés sont placés entre eux, assemblés à *traits de Jupiter*, avec racinaux. Le cours de longrines qui recouvre les abouts des racinaux et sert à bâtir les bordages du caisson, est composé de diverses pièces pour les becs et le corps carré ; elles sont fixées aux chapeaux de rive par des boulons dont la tête est encastrée.

Pour retenir l'écartement des chapeaux de rive, le système est traversé par cinq barres de fer taraudées avec vis, écrous et rondelles. Deux de ces barres sont placées au milieu des avant et arrière-becs ; les trois autres sont dans la longueur du corps carré. Cette plate-forme, ainsi solidement établie en bois de chêne, est le fond de la caisse.

Les bordages de ce caisson sont formés de panneaux en sapin,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

assemblés dans des poteaux montans, à rainure, et dans une feuillure pratiquée aux chapeaux de rive. Ils sont maintenus d'écartement par des entre-toises placées au-dessus des poteaux montans et de doublages, et ferrés contre la plate-forme au moyen de tirans, lesquels sont retenus d'une part au chapeau par des crochets, et de l'autre aux entre-toises par des écrous. Chaque panneau, de hauteur suffisante pour l'objet qu'on a en vue (environ 5 mètres), est composé de madriers chevillés en bois sur leur hauteur, et reliés dans leur milieu par des pièces de doublage et des écharpes intérieures : ces pièces sont chevillées en fer sur les madriers.

Il y a six panneaux pour le corps carré, et quatre pour les avant et arrière-becs. Les poteaux montans sont en chêne. Les boulons de fer, pour assemblage, entrent librement dans des trous de tarrière, afin de les pouvoir enlever avec facilité lorsque cela est nécessaire; on les calfate en dehors, pour empêcher l'eau d'entrer dans le caisson. De chaque côté de ces poteaux, il y a une rainure pour recevoir les bords des panneaux. Des crochets en fer fixent les panneaux aux angles d'épaulement, et à ceux des avant et arrière-becs, avec des crampons portant vis et écrous. Seize tirans de fer serrent les bords contre la plate-forme, avec crochets, écrous et rondelles.

Maintenant, voici la manœuvre qu'on fait pour placer le caisson.

Cette construction est calfatée dans tous ses joints de manière à former une sorte de bateau, où tout a été prédisposé pour pouvoir enlever facilement les bordages quand on le jugera à propos. Les mêmes bordages servent pour toutes les piles ; mais pour chacune, il faut une plate-forme qui reste au fond du fleuve, pour servir de base à la pile. Ainsi, les bordages sont successivement montés sur diverses plates-formes égales à celle qu'on vient de décrire.

Chaque caisson a été construit sur le rivage, à 5 décimètres environ au-dessus de l'étiage, et lorsque le fleuve vient à croître, il est facile de faire arriver l'eau au chantier et de mettre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le caisson à flot. Au reste, il y a divers procédés de lancer cette construction à l'eau, selon les circonstances.

Tantôt on les conduit sur le lieu avec des radeaux, ou bien on fait usage des marées; tantôt on construit un plan incliné en pente douce, au moyen de pièces de sapin soutenues par des *chandelles*, et on lance le caisson comme on ferait un navire. On peut aussi soutenir ce corps à flot avec des tonneaux pleins d'air, etc., etc.

Un pont de communication est établi du quai au caisson, pour conduire les matériaux des trois premières assises. On commence la bâtisse au fond; on a rempli de béton les intervalles des longrines, en y faisant entrer des moellons plats, et l'on a exactement nivelé cette construction. Sur cet arrasement, on trace l'emplacement de la pile, on en marque le nu, les avant et arrière-becs en dessus des retraites; et à 30 centimètres en avant des lignes, on en trace d'autres parallèles pour indiquer le nœud extérieur de la première assise de fondation.

Les trois premières assises, en pierre de taille, sont couchées avec du mortier fin, et ont environ 50 centimètres de hauteur; on garnit le derrière, ou l'intérieur de la pile, de maçonnerie en gros moellons, à mortier de chaux et sable, cramponnés en fer. On a étrésillonné le caisson intérieurement, à mesure qu'il descendait dans l'eau, afin de résister à la poussée du fluide.

Le caisson flottant à vide tirait environ 6 décimètres d'eau; mais ainsi chargé, il doit tirer beaucoup davantage; et pour qu'il se trouve avoir son fond à environ 3 décimètres en contre-haut du plan de recépage, on le charge de lest, de manière qu'il soit parfaitement de niveau. Ce lest n'est autre que les matériaux qui serviront aux constructions ultérieures de la pile. On détache le caisson du rivage et du pont de service, et, par un temps calme, durant les basses eaux, si cela est possible, on le conduit avec des cordes entre les deux branches du pont de service, sur le lieu où l'on doit l'échouer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons dit précédemment que la base de la pile devait être fondée sur un sol piloté, et que le pilotage était régalé de niveau. On conçoit que les pierres trouvent au fond du caisson une base sûre et plus égale que sur le terrain naturel, et même que sur le pilotage.

Le long des bords du caisson, et près des angles d'épaulement, on fixe quatre coulisses par des boulons; elles sont creusées de 15 centimètres de profondeur sur 20 de largeur, pour recevoir les abouts arrondis de quatre régulateurs; ce sont des pièces horizontales de 24 centimètres d'équarrissage, sur 3 mètres et demi de long, boulonnées sur les ponts de service. Les coulisses ont environ 4 mètres de longueur, sur 30 à 40 centimètres d'équarrissage.

On a tracé sur le bord du caisson la ligne de son axe, et sur le pont de service l'axe de la pile; et l'on comprend que les régulateurs étant fixés au pont et se trouvant guider les coulisses du caisson, on est sûr de faire descendre celui-ci juste au lieu où l'on désire. Le caisson est percé de trous de tarrière au-dessous de la flottaison : ces trous sont bouchés avec des chevilles. On a ôté les chevilles ensemble et à un signal donné; l'eau est entrée dans le caisson, qui a sombré. On a soin de faire un autre signal pour boucher les trous et arrêter l'introduction de l'eau, afin de s'assurer que l'opération ne se dérange pas. On reconnaît, par le moyen de quatre échelles graduées appliquées au caisson, que le fond porte sur la tête des pilots.

On charge de moellons et de pierres de taille un plancher établi sur les entre-toises du caisson, pour l'empêcher de se relever; après quoi, on fait jouer des pompes en amont et en aval, pour vider l'eau du caisson jusqu'au-dessous du niveau de la maçonnerie commencée. Les deux premières assises de la fondation ont été construites en retraite de 15 centimètres sur les premières, et l'on y a fait entrer les matériaux qui composaient le lest.

On presse l'échouage pour faire descendre plus régulièrement le caisson, et empêcher que le courant qui pourrait s'établir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entre les têtes des pilots et le dessous du caisson n'enlève en amont le béton encore frais, dont on a garni les pilots de fondation. Quand un accident arrive, ou que quelque corps étranger a empêché l'assiette exacte du fond, on épuise l'eau pour soulever le caisson et porter remède au mal.

Une fois le caisson mis exactement en place, on s'occupe immédiatement d'élever la pile formée d'assises d'environ 53 centimètres de hauteur, dont la première est en retraite sur la cinquième. On couronne la pile par une dernière assise et par un chaperon.

Quand la maçonnerie des piles est portée à la hauteur du pont de service, et que les assises de fondation sont rejointées, on démolit les bordages du caisson, en les enlevant avec des chèvres, après avoir ôté les crochets et tirans de fer qui les unissent entre eux et à la plate-forme, chassé les boulons des montans, etc. On mène enfin ces bordages à terre, pour entrer dans la construction d'un autre caisson, en les montant sur une nouvelle plate-forme.

Épuisemens, batardeaux, vannages. Lorsqu'on n'a pas une grande profondeur d'eau, ou que le sol est très consistant, ou enfin, dans diverses circonstances où il n'est pas possible de faire autrement, on trouve plus prompt, plus sûr et plus économique de fonder à sec, en entourant l'enceinte de la construction par un batardeau. Avant de poser les entretoises et les planchers des ponts de service dont on a déjà parlé, on place intérieurement aux pieux du second rang de chaque pont de service et contre ces pieux, des *vannages* pour former la première paroi du batardeau en glaise, au moyen duquel on se propose de pratiquer des épuisemens dans l'intérieur.

Les vannages sont composés de dix panneaux, dont la hauteur se règle sur la configuration du terrain, de manière que le bas touche partout le fond de la rivière, et que le haut affleure la tête des pieux du pont de service. Les panneaux sont, les uns à l'arrière-bec, les autres à l'avant-bec, et enfin, d'autres au corps carré de la pile; ils sont formés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de madriers de 24 à 30 centimètres de largeur, sur 10 d'épaisseur. On les réunit par trois ou quatre traverses de même épaisseur que les madriers, auxquels ils sont fixés par deux chevilles barbelées. Les traverses extrêmes de chaque panneau portent en contre-bas de la partie inférieure une pointe de 50 centimètres de long, armée d'une lardoire en fonte, pesant 3 kilogrammes environ, pour entrer de cette quantité en terre : elles affleurent la partie supérieure des vannages, et sont fixées à leur tête au moyen d'une forte cheville qui entre dans les pieux du pont de service.

Tous ces panneaux sont placés au moyen de chèvres établies sur les chapeaux des ponts de service; et comme ils sont trop légers pour descendre dans l'eau par leur seul poids, on les charge de roches attachées à de vieux cordages : on les amène et on les serre entre les pieux avec des leviers ; et lorsqu'enfin on les a fait arriver dans l'emplacement qu'ils doivent occuper, on les fixe définitivement, en faisant entrer dans le terrain la pointe des traverses, et en frappant sur la tête avec de forts maillets à deux queues, pesant 50 kilogrammes; après quoi on cheville la partie supérieure du panneau contre les pieux du pont de service.

Par une opération tout-à-fait semblable à celle qu'on vient de décrire, on établira également un second vannage le long du premier rang des pieux des ponts de service; il sera composé du même nombre de panneaux, diminués, quant à leur longueur, dans le rapport de l'enceinte intérieure à celle de l'extérieur. Les deux parois parallèles résultant de ce système de vannage formeront un encaissement d'environ 9 décimètres de largeur (plus ou moins, selon les cas), tout au pourtour de la pile; et l'on remplira cet espace de glaise jusqu'à 1 mètre deux tiers au moins au-dessus de l'étiage. On pratique à cet effet des ouvertures dans les planchers des ponts de service. La glaise bien corroyée et entièrement privée des cailloux et autres corps étrangers qui s'y trouvent communément mêlés, est coulée avec soin dans l'encaissement, pressée avec des pilons, tant qu'on ne se trouve pas au-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dessus de l'eau, et refoulée tant le long des pieux des ponts de service, que contre les vannages, de manière à ce qu'il ne reste point de vide.

On continuera de remplir les batardeaux en glaise jusqu'à environ 1 mètre deux tiers au-dessus de l'étiage. Dès qu'on atteint les couches qui s'élèvent au-dessus du niveau de l'eau, on les bat fortement au fur et mesure qu'elles montent; et si, par suite de cette opération, on s'aperçoit que les vannages intérieurs poussent au vide, on les contre-butera par des étrésillons appuyés contre les pilots d'enceinte de la pile.

Cela fait, on coule le béton dans l'intérieur des pilots d'enceinte de la pile, et dans le vide laissé entre ces pilots et le premier rang de vannage des batardeaux. Ce remplissage s'élève et s'arrase à un demi-mètre au-dessous du plan de recépage. On coule le béton uniformément et par couches horizontales, et on le comprime avec les pilons, ainsi qu'on l'a expliqué précédemment, de manière à bien remplir tous les vides et à bien garnir le pourtour des pilots.

Pendant l'opération de la glaise, on forme autour des batardeaux un enrochement en pierre sèche, avec des quartiers de granite ou autres grosses pierres, afin de prévenir les affouillemens sous les batardeaux; et ces enrochemens sont ensuite rechargés après la construction de la pile, l'enlèvement des batardeaux et le recépage des pieux.

Quatre à cinq mois après le coulage du béton, lorsqu'on s'est assuré qu'il a pris toute la consistance nécessaire, on place dans l'intérieur du batardeau des CHAPELETS, des VIS D'ARCHIMÈDE, des POMPES, des ROUES A TYMPAN, ou autres machines propres à élever l'eau, afin d'ôter toute celle qui remplit l'emplacement enfermé par le batardeau. On fait cette opération dans le temps des basses eaux, quand le fleuve a son niveau près de l'étiage, ou à 1 mètre au-dessus. On met donc ainsi l'espace à sec.

Alors on recèpe les pilots de la pile à 1 mètre en contre-bas de l'étiage, en ayant soin de ne pas causer de trop grands ébranlemens, de peur d'attirer les filtrations; ensuite on relie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les pilots entre eux par un cours de liernes en chêne dont la surface affleure le plan de recépage. Ces liernes enveloppent les avant et arrière-becs ; elles sont en trois pièces, assemblées à mi-bois par leurs extrémités. Celles du corps carré, parallèles aux faces des piles, sont en deux pièces sur chaque face, assemblées à trait de Jupiter : leur équarrissage est de 30 à 32 centimètres.

Tout le cours des liernes est maintenu le long des pilots par vingt-quatre boulons à écrous, dont six par chaque face rectangulaire et deux par chacun des côtés de l'avant et de l'arrière-bec ; leur tête est placée au dedans de la pile et encastrée dans le pilot que chaque boulon doit traverser.

Après cela, on arrase de niveau la plate-forme du béton, à un demi-mètre au-dessous du plan de recépage, et l'on remplit tout l'intérieur de la pile par une assise en gros libage. Cette assise est composée le long des faces de la pile de carreaux et boutisses assemblés jointivement, et ayant environ 2 mètres de long sur 1 mètre 40 centimètres de queue. L'intérieur de ce massif est arrasé en grosses pierres pour remplir le vide.

Pour attacher les pilots d'enceinte et la lierne à la maçonnerie de la pile, on pose au pourtour du cours de liernes des équerres en fer, disposées de manière à ce que chacune soit au milieu des intervalles des boulons qui fixent la lierne aux pilots. L'une des branches de l'équerre est encastrée dans la maçonnerie et scellée avec du plomb ; l'autre se reploie sur la face verticale de la lierne : celle-ci est percée d'un œil pour recevoir une cheville en fer barbelée. On garnit en moellons tout le dessous de la lierne, et l'on remplit l'espace vide, jusqu'au batardeau, par des pierres de taille. Le tout est arrasé dans le même plan horizontal que l'assise de libage.

Sur l'assise de libage, on bâtit le socle de la pile, dont la surface supérieure se trouve au niveau de l'étiage. Après avoir reconnu l'axe de la pile et celui du pont, et fixé les limites du socle, puis celles de la pile, la contruction sera élevée par assises des côtés extérieurs jusqu'au-dessus du niveau actuel

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des eaux, et en garnissant l'intérieur de moellons, le tout conformément à ce qui a été dit précédemment. Alors, il ne sera plus nécessaire de conserver le batardeau ; on pourra le démonter, et en faire servir les vannages aux batardeaux des autres piles.

Dans tous les travaux qui viennent d'être exposés, l'intérieur du batardeau a été tenu à sec par épuisement. Si l'on trouve des sources au fond, on les étouffe avec des boules de glaise, etc.

Grillage en charpente. Lorsque l'on peut se dispenser de recourir aux épuisemens, que l'eau a trop de profondeur, ou que les localités présentent trop de difficultés pour fonder par caissons, on se contente d'établir sur les pilots un grillage en charpente.

Après avoir dragué le lieu de la fondation à une profondeur qui permette de trouver un fond solide, on pilote; on lie le pilotage avec des palplanches; on fait des enrochemens en pierres sèches pour éviter les affouillemens ; enfin, on prend toutes les précautions de solidité qui ont été indiquées précédemment. Quand on a garni l'intervalle des pieux en roches, pierres, béton, etc., à la hauteur convenable, on recèpe les pieux sous l'eau, à un niveau égal; on apprête des charpentes pour former le grillage. Ces bois, qu'on nomme *chapeaux* et *racinaux,* ou *longrines* et *traversines,* doivent se croiser à angles droits. Les uns sont solidement arrêtés aux pilots par des mortaises où entrent des tenons qu'on a conservés aux têtes des pieux; les autres, qui traversent, relient le tout en s'assemblant sur les premiers, par des entailles à mi-bois, pour maintenir l'écartement. On cheville le tout en fer avec la plus grande solidité ; enfin, on coule le béton et le moellon de manière à boucher tous les vides.

Quand le grillage est solidement établi, on pose la première assise des paremens en pierre de taille, sur cette base qui doit être beaucoup plus étendue que celle de la pile. On donne à cette assise toute la hauteur que permet la carrière. Si l'on ravaille dans le temps des basses eaux, il est aisé d'élever

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cette assise au-dessus de leur niveau. L'intérieur de cette construction se remplit en maçonnerie de moellons battus, pour faire refluer le mortier sous les pierres des paremens. Enfin, on continue de même l'érection de la pile, en se ménageant les retraites convenables pour qu'elle soit établie sur un bon empatement.

Quand le sol n'a aucune consistance, et qu'on ne peut espérer s'en rendre maître au moyen de la drague, on fiche une multitude de petits pilots, dont le cours traverse le fleuve et a toute la largeur qu'on veut donner au pont. Sur les têtes de ces pilots, on établit, après les avoir arasés par le recépage, un *radier* général en charpentes, formé de longrines et traversines, qui occupe tout le lit d'un bord à l'autre. Les enrochemens et coulage de béton lient parfaitement tout ce système, dont la solidarité suffit pour donner à la construction des piles toute la stabilité désirable.

Fondation sur le sol naturel. Quand le fond est rocher, il serait difficile d'y ficher les pilots, et l'on renonce à cette opération qui serait coûteuse et inutile : on préfère fonder directement sans pilotage; mais il faut que le sol soit de niveau, ou du moins que la pente soit tournée vers le courant; car, sans cela, on doit mettre le fond à sec pour l'arraser. On entoure alors le lieu d'un batardeau retenu par des pieux qui n'ont pas besoin d'être fichés bien profondément. Ensuite, on édifie sur ce fond.

Mais si ce fond est trop bas pour permettre l'épuisement, on fabrique une caisse sans fond avec des arbres bien joints et juxtaposés verticalement, le gros bout en bas. Des sondages ont donné le relief du terrain, et il est aisé d'y proportionner le bas de la caisse, pour que cette base porte partout quand elle sera descendue à fond. On donne aux parois un talus d'un sixième ou d'un huitième de la hauteur, et l'on maintient l'assemblage par des liernes intérieures et extérieures et par des entretoises, tirans de fer assujettis avec des ancres, etc.

La caisse ainsi formée sur le chantier près du rivage, on la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

met à flot, en la soutenant droite par des tonnes pleines d'air et la chargeant du côté où il convient pour la dresser; on la conduit sur le lieu avec des cordes, et on la charge pour la faire sombrer. On remplit cette caisse de béton, de libages, de moellons, etc., qu'on fait tomber régulièrement sur le pourtour, en laissant des vides entre les pierres pour que le béton garnisse les espaces et lie bien cette maçonnerie.

Il faut abandonner cette construction à elle-même pendant plusieurs mois, pour qu'elle se tasse et prenne de la consistance. C'est sur cette base qu'on pose la première assise en pierres de taille, dont le lit inférieur doit être à 2 ou 3 décimètres au-dessous du plus bas étiage. Bien entendu qu'on a recépé la charpente de la caisse à cette hauteur, consolidé son bord avec des racinaux chevillés en fer aux poteaux et maintenus avec des tirans.

Comme il importe surtout de s'opposer aux affouillemens du fleuve, il faut donner beaucoup d'empatemens aux piles, faire des enrochemens, etc., du moins autant que la navigation n'en est pas gênée. Il peut même être nécessaire d'établir sur la caisse un grillage en charpente, ainsi qu'on l'a déjà expliqué, et d'édifier la pile sur cette base.

3°. *Des voûtes et des cintres.*

Les cintres de charpente qui servent à la construction des voûtes sont composés de plusieurs *fermes,* ou assemblages dans des plans verticaux. On les établit de manière à avoir la force suffisante pour supporter la charge qu'on doit leur donner. Ces fermes sont réunies entre elles par des MOISES horizontales; on y ajoute des jambes de force, inclinées de manière à s'opposer au déversement du cintre. Ces fermes sont terminées en haut par des bois courbes qui composent une surface parallèle aux *douelles* de la voûte; et l'intervalle qui sépare ces deux surfaces est occupé par des pièces horizontales, nommées *couchis,* qui traversent toute la voûte et portent les voussoirs. Il faut un couchis pour chaque assise de voussoirs, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on chasse des cales en coin sous les voussoirs, ce qui facilite la pose des pierres et le décintrement. Ces fermes sont équidistantes; les extrêmes sont sur les faces d'amont et d'aval de la voûte.

Quant à la manière de distribuer les pièces de bois des fermes pour leur donner la force de résistance nécessaire, on en varie beaucoup les assemblages, selon le calibre et la nature des bois, l'étendue de l'espace à recouvrir, et la charge à supporter : ce sont des détails dans lesquels nous ne pouvons entrer ici. Les fig. 1 et 7, Pl. 47 des *Arts mécaniques*, montrent la disposition qu'on peut donner à ces assemblages.

Il est inutile de dire que les pierres des voussoirs taillées dans le chantier sur les épures de l'appareilleur sont apportées et mises en place successivement, en bouchant les joints par du mortier de chaux et ciment. Cette construction ne présente rien de particulier. La clef de la voûte maintient toutes les pièces dans l'état d'équilibre. On remarque que les voussoirs voisins des piles ne font supporter au cintre aucun effort : ce n'est que quand les plans de joint font un angle de 40 degrés avec l'horizon, que, le frottement ne suffisant plus pour retenir les voussoirs, ils commencent à glisser ; alors, le cintre en charpente devient nécessaire pour les conserver en place.

Pour poser les cintres, on établit des échafauds un peu au-dessus des naissances, à l'aide de files de pieux dirigés dans le sens de l'axe du pont et espacés de 2 à 3 mètres : les files parallèles sont écartées de 4 à 5 mètres. On cheville sur les bouts des pieux des madriers ou chapeaux en sapin ; on moise le tout par des liernes transversales ; on pose les premières pièces des fermes près des naissances, en soutenant les bouts par des cales ; on soutient ensuite la seconde pièce par des tréteaux, sur lesquels on pose des traverses, et ainsi des autres.

Le décintrement se fait souvent en abaissant le cintre en masse ; on peut aussi le démonter pièce à pièce.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4°. *Des ponts de bois.*

Lorsque le lit de la rivière est étroit, on ne prend ordinairement aucun point d'appui dans l'eau; on en prend le moindre nombre possible quand il arrive que le courant est très rapide, que les débâcles sont dangereuses, sa navigation difficile, etc.

Les *palées* se composent d'une file de pieux battus dans la direction du courant. Chaque pilot est souvent d'une seule pièce, depuis sa fiche jusqu'au haut du pont : cependant, quand la profondeur des eaux est considérable, et que les travées sont hautes, on est obligé de faire de *basses* et de *hautes palées*. Les premières sont des pilots auxquels on a donné des fiches jusqu'à refus, qu'on recèpe et qu'on moise un peu au-dessous des basses eaux. On assemble ensuite les autres avec elles; et ce sont ces derniers poteaux qui portent le plancher.

Les pièces de bois qui forment les hautes palées sont réunies aux pilots par des broches en fer d'environ 1 mètre de longueur, et embrassées par des moises quadruples que maintiennent des boulons horizontaux et verticaux alternativement.

Quand l'ouverture d'une travée ne surpasse pas 3 à 4 mètres, le plancher du pont s'établit sur des poutres portées par les chapeaux dont les poteaux sont couronnés. Les unes et les autres doivent avoir environ 32 centimètres (1 pied) d'équarrissage. La même chose arrive quand la travée a 5 à 7 mètres; seulement, on soutient les madriers du plancher par des contre-fiches inclinées, même par des *sous-poutres*. La fig. 10, qui est celle du pont Morand, à Lyon, est très propre à montrer cette disposition. Ce pont est un de ceux qui ont été disposés avec le plus de talent. Du reste, la méthode d'assemblage des bois, pour arriver au degré de stabilité nécessaire, varie d'une multitude de manières différentes.

Quelquefois on construit des piles en pierre et des arches en bois; c'est ainsi qu'est fait le beau pont Charles X, à Lyon,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui est représenté fig. 1 à 5. Alors on donne aux charpentes la forme cintrée pour supporter le plancher.

Autrefois on recouvrait le plancher des ponts en bois par un lit de sable qui recevait le pavé. La charge considérable qui en résultait, et l'humidité entretenue par le sable qui pourrissait promptement les madriers et les poutres, ont fait renoncer à cette disposition. On préfère couvrir ces madriers d'un faux plancher qui les empêche d'être usés par les voitures; et l'on remplace aisément celui-ci, quand cela est devenu nécessaire. Quand le plancher est en bois nu, et que le pont doit livrer passage à des voitures, on garnit la voie de bandes de fer qui reçoivent les roues; c'est ce qu'on appelle des *bouteroues*.

Au lieu de faire les parapets en bois, ainsi que cela se pratiquait autrefois, on les construit maintenant en fer. C'est une suite de montans verticaux boulonnés sur le bout des madriers et les sommiers de la ferme, et réunis en haut par un balcon. On y place ensuite des X dans l'intervalle, et les divers ornemens qu'on veut y apporter.

Nous ne dirons rien ici sur la force des bois nécessaires pour supporter la charge d'un pont; ce sujet a été traité à l'article Bois. D'ailleurs il faudrait, pour nous faire comprendre, appliquer cette théorie à des exemples, et des détails de ce genre ne peuvent être placés que dans des traités spéciaux.

5°. *Des Ponts en fer.*

Ces constructions s'établissent ordinairement sur des piles en pierres : les cintres se font ensuite avec des barres de fer convenablement assemblées, et portent les madriers du plancher. Il y a deux modes usités pour former les cintres : l'un est analogue aux ponts en charpentes, l'autre aux voûtes en pierres. Dans l'un, les fermes sont composées de grandes pièces arquées et appuyées par les bouts sur les pieds-droits; la charge tend à faire plier et rompre ces arcs qui résistent par leur seule force d'élasticité : dans l'autre, ces fermes sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

disposées comme le sont les voussoirs d'une voûte en pierres. Le pont des Arts, à Paris, est de la première espèce. Ici, comme pour les ponts en bois, il est indispensable que les deux moitiés d'une ferme ne composent qu'un seul corps depuis les naissances jusqu'au sommet, et que la force d'élasticité de ces deux moitiés fasse équilibre aux pressions qui s'exercent dans le sens de leur longueur. On doit y préférer le fer forgé, parce que la fonte est trop cassante pour pouvoir être employée avec sûreté, dans les grandes longueurs.

Dans les ponts de fer de la seconde espèce, tous les voussoirs sont assemblés précisément comme le sont les pierres des voûtes. Le fer forgé coûte environ deux fois plus que le fer fondu; sa résistance n'est pas de beaucoup plus grande, et il faudrait lui donner plus de grosseur qu'à la fonte. D'ailleurs les difficultés d'exécution pour celle-ci sont moindres. Ainsi l'on doit préférer, pour les grands ponts, l'emploi des voussoirs en fonte. Les pièces de chaque voussoir forment un corps à jour, comparable pour la solidité à un voussoir en pierre. C'est ainsi que M. Lamandé a construit le pont d'Austerlitz, à Paris, avec des soins et des dispositions de détails qui annoncent un grand talent. Ces développemens ne sauraient trouver place ici. Ce pont est composé de cinq arches de $32^m,36$ d'ouverture; les piles, en pierre, ont 3 mètres d'épaisseur aux naissances, sur $6^m,8$ mètres de hauteur au-dessus de l'étiage. La forme des arches est un arc de cercle de 42 mètres de rayon et $3^m,24$ de flèche. Elles offrent cinq fermes écartées de 2 mètres de milieu en milieu: les châssis ont $1^m,59$ de longueur, et sont composés de trois portions d'arcs concentriques liés par des montans normaux. La fig. 4 montre la manière dont ces arcs sont assemblés entre eux et portés par les piles.

6°. *Ponts suspendus, en cordes, en fils de fer et en chaînes.*

On a varié de différentes manières ces sortes de ponts;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais celle à laquelle nous allons donner attention a définitivement mérité l'assentiment général, parce que cette disposition réunit la stabilité à l'élégance et à l'économie. Tantôt on fait rendre le plancher d'une rive à l'autre, sans prendre aucun appui dans le lit de la rivière ; tantôt on y établit une pile en pierre, et l'on construit deux ponts bout à bout, allant de cette pile aux deux rives : mais dans tous les cas les principes de construction sont les mêmes, sauf celle de la pile dont il a été question précédemment.

Dans les ponts suspendus, des chaînes sont étendues entre deux points fixes, et le plancher est porté au-dessous de ces chaînes par des tiges verticales appelées *étriers*. (*V.* la fig. 6.)

C'est surtout lorsque les rives sont escarpées qu'un tel système est utile et économique, parce que l'on trouve aisément des points fixes élevés, sur lesquels on peut exercer le tirage des chaînes. Mais lorsque le terrain est plat sur le rivage, il faut y élever des pieds-droits solides sur des culées en maçonnerie, au haut desquels on puisse prendre des points d'appui. Deux forts pilastres sont bâtis à chaque rive, aux extrémités du pont, et on les écarte de toute la largeur du pont. Les chaînes qui joignent les sommets opposés que sépare la rivière forment une courbe connue sous le nom de *chaînette;* comme le plancher est horizontal et suspendu par des tringles aux divers points successifs de la chaîne, la courbure est celle d'une chaînette dont chaque point est chargé d'un poids à peu près constant. La figure varie d'ailleurs un peu lorsque des charges accidentelles traversent le pont ; il en résulte une trépidation et des mouvemens oscillatoires auxquels le fer obéit en vertu de son élasticité. Plus la flèche verticale de la courbe en son milieu est petite, plus les cordes sont tendues, et plus les tensions causées par les charges accidentelles s'accroissent. Il convient donc d'écarter très sensiblement la courbure de la forme rectiligne qui joindrait les sommets des pieds-droits opposés. (*V.* la fig. 6.)

De simples poteaux verticaux, soutenus par des jambes de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

force, paraissent devoir suffire pour d'étroits passages. On y emploie alors seulement des cordes ou du fil de fer au lieu de chaînes ; et même M. Séguin a trouvé qu'en faisant une corde avec des fils de fer d'un à 2 millimètres de diamètre, on pouvait composer des ponts d'une grande dimension. On voit près de Philadelphie un pont pour les gens de pied, qui a 124 mètres de longueur ; il est soutenu par six fils de fer de 9 et demi millimètres de diamètre. Les points d'appui sont pris sur un gros tronc d'arbre et sur une culée. Les parapets sont en fil de fer.

En général, pour calculer la grosseur des tiges de fer à employer, on peut partir des expériences de Barlow, d'après lesquelles la résistance que les fers forgés, de bonne qualité, opposent à la rupture, est de 35 à 45 kilogrammes par millimètre carré de leur section transversale. Mais dans la construction des ponts suspendus, il ne faut pousser la charge qu'au tiers de la précédente, parce qu'il résulte des expériences de M. Duleau, que le fer s'allonge sous la charge ; que cet allongement est du dix-millième de la longueur sous la tension de 2 kilogrammes, et par chaque millimètre carré de section transversale ; qu'enfin quand la charge dépasse 13 kilogrammes, le fer ne peut plus revenir à son état primitif quand cette charge est ôtée ; l'élasticité se trouvant altérée, il est imprudent d'exposer la construction à des efforts qui dépassent cette limite.

Nous avons dit qu'il fallait élever des culées sur les rives et y construire des pieds-droits assez hauts pour que les chaînes attachées à leur sommet prissent une direction oblique au sol ; mais ces chaînes ne peuvent être fixées en haut des pieds-droits, parce que l'effort de traction tendrait à les renverser dans le sens de la longueur du pont. On prolonge les chaînes au-delà de leur support, et l'on en fixe l'extrémité dans le sol par des travaux de maçonnerie. C'est ce qu'on appelle une *chaîne de retenue*. Ainsi, outre les chaînettes par lesquelles le pont est porté, et qui partent des sommets des pieds-droits opposés, il y a d'autres chaînes partant des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes sommets et se courbant vers le sol, du côté contraire au pont; ces chaînes se perdent dans la terre, où elles sont solidement arrêtées par une construction en maçonnerie. Par cette disposition, la résistance de tous les efforts transmis le long de la chaîne est dirigée dans le sens des pieds-droits, et tend, non plus à les renverser, mais à les écraser. Au sommet des supports on dispose des rouleaux, ou galets, ou des appuis qui facilitent la communication de la chaîne dans toute sa longueur.

Du reste, le plancher des ponts suspendus est composé de madriers disposés dans le sens de la largeur, et posés sur des solives longitudinales ou longrines, croisées par des traversines. Ces solives sont portées par des poutres transversales composées de trois pièces en fer fondu, formant une sorte de voûte. Le passage des voitures est limité par des *bouteroues* ou bandes longitudinales en fer fondu. Les parapets sont en châssis rectangulaires, formés par des tringles de fer et consolidés par des diagonales croisées en X.

Nous renvoyons, pour de plus amples détails, au *Mémoire sur les ponts suspendus*, par M. Navier, dans lequel ce savant ingénieur a exposé toute la théorie de ces appareils, et donné les formules algébriques qui s'y rapportent.

Nous avons bien rapidement parcouru la vaste carrière qui s'était ouverte devant nous; dans des sujets aussi variés par leurs formes que par les difficultés que présentent les circonstances, il aurait été nécessaire de s'arrêter plus long-temps sur tous les procédés de construction: mais il nous était impossible de donner plus de développemens à notre exposition, sans entrer dans des spécialités étrangères au plan de notre Dictionnaire. Il ne nous reste plus, pour achever notre tâche, que de montrer, sur un exemple, l'application des principes qui ont été donnés précédemment. Notre ami, M. la Guérenne, ingénieur en chef des ponts et chaussées, auteur de la belle route de Tarare, du pont Charles X, à Lyon, et de plusieurs autres travaux, a bien voulu nous communiquer une esquisse du projet qu'il a si heureusement mis à exécu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion pour ce dernier pont. Nous allons en exposer les principales parties.

Le pont Charles X, établi sur le Rhône, débouche sur la rive droite, en face de la place du Concert, à Lyon, et aux Brotteaux, sur la rive gauche. Il est composé de piles en pierre, qui portent des arches et un plancher en charpente. (*V.* fig. 1.) La longueur de ce pont est de 209 mètres entre les deux culées; sa largeur est de $11^m,12$, entre les paremens extérieurs des fermes de tête; ces fermes sont en retraite de 3 décimètres de chaque côté, sur les faces des piles; en sorte que la maçonnerie de ces piles, entre les têtes, a $11^m,72$.

Il y a neuf arches ou travées, séparées par huit piles, qui sont construites perpendiculairement à l'axe du pont. Ces travées ont ensemble 185 mètres d'ouverture, et sont égales deux à deux, à partir de l'arche du milieu, savoir :

La 1re, tant à droite qu'à gauche, a	$18^m,77$,	ensemble $37^m,54$
La 2e et l'avant-dernière.....	19,77.....	39,54
La 3e, à droite et à gauche.....	20,77.....	41,54
La 4e et la 6e.....	21,77.....	43,54
Enfin celle du milieu.....		22,84
	En tout...	185,00.

Ces mesures sont prises à partir des naissances, sur les piles; ces naissances sont établies à $4^m,60$ au-dessus de l'étiage.

Les fermes ont une forme cintrée en arc de cercle, dont la flèche ou montée est de $2^m,68$ pour les deux arches des bouts, de $3^m,01$ pour les suivantes, de $3^m,36$ pour celles d'après, de $3^m,72$ pour la quatrième et la sixième, enfin de $3^m,93$ pour l'arche du milieu.

L'arche du milieu est de niveau entre les faces intérieures de ses piles, sur une longueur de $22^m,84$: les autres arches vont en s'abaissant vers les deux rives, de manière à former une pente d'un centimètre et demi par mètre.

L'épaisseur des piles est de $3^m,40$ sur la retraite de l'assise du socle qui est posé à fleur de l'étiage; leur hauteur est de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$4^m,10$ jusqu'au-dessous de la plinthe qui les couronne et qui a 50 centimètres. Elles sont terminées par des avant et arrière-becs circulaires, et sont élevées sur toutes leurs faces avec fruit de 20 centimètres, de manière que leur épaisseur, tant au-dessus qu'au-dessous de la plinthe, est réduite à 3 mètres. Ces épaisseurs des huit piles, jointes aux 185 mètres de débouché des arches, forment la longueur totale du pont, ou 209 mètres.

Les plinthes règnent tout au pourtour des piles et culées, et c'est immédiatement au-dessus d'elles que viennent reposer les abouts des pieds des fermes, dans les entailles pratiquées à cet effet. Sur les plinthes des piles, s'élèvent des corps carrés en maçonnerie de 3 mètres d'épaisseur et de $11^m,72$ de longueur, couronnés par une corniche, laquelle est surmontée d'un parapet. Les hauteurs de cette partie de la construction sont $6^m,64$ pour l'arche du milieu, $6^m,27$, $5^m,90$ et $5^m,58$ à mesure qu'on se rapproche des deux rives.

Les socles sur lesquels les piles sont assises ont 1 mètre de hauteur pour les deux premières piles de la rive droite, où les eaux ont plus de profondeur, et 50 centimètres pour les six autres piles. Toutes les piles sont en retraite de 1 décimètre sur ces socles, qui ont $3^m,60$ d'épaisseur. La profondeur du fleuve à l'étiage est de 2 à 3 mètres aux deux premières, et 60 centimètres sous les six dernières. Il était impossible de fonder par caissons dans une pareille localité.

Le lit du Rhône est un gravier dur et incompressible, mêlé de cailloux où l'on ne peut espérer de faire prendre aux pilots plus de 5 mètres de fiche; et l'on a l'expérience qu'il s'y fait des affouillemens plus bas. Il a donc fallu draguer le terrain sur environ 2 mètres de profondeur au-dessous de l'étiage, afin que les pilots recevant 5 mètres de fiche, on n'ait pas à craindre 7 mètres d'affouillemens.

On a rejeté le système de fondation sur pilots et grillage, parce qu'il eût été plus difficile et plus coûteux que sur béton. En effet, cela n'aurait pas dispensé du dégravoiement et du draguage, ni d'entourer le pourtour de la pile de palplanches

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jointives pour former encaissement. Il aurait fallu faire les pilots en chêne, les recéper, et échouer le grillage à la hauteur de l'étiage, qui ne dure que quelques jours de l'année. Enfin, tout se réunissait pour faire préférer le bétonnage.

Les piles reposent sur une masse de béton qui est établie sur un terrain incompressible. Cette masse est entourée de pieux jointifs bien liernés. Les batardeaux élevés dans les ponts de service ont permis d'épuiser, de travailler à sec pendant les eaux ordinaires, et de faire le plan de recépage à 50 centimètres et 1 mètre au-dessous de l'étiage. Les pilots d'enceinte, n'ayant rien à porter, ont pu être en sapin, qui est à bon marché. Entre les pieux jointifs et le batardeau, est un intervalle ou *risberne*, et l'on peut, s'il est nécessaire de remédier à des affouillemens, charger cette partie en roches.

Les socles sont fondés sur une couche de béton recouverte d'une assise de libage : l'ensemble est haut de $1^m,80$. Ce massif est assis sur le sol naturel pour les deux premières piles de la rive droite, à $2^m,80$ sous l'étiage. Pour les six autres, on a creusé le lit à $2^m,30$ de profondeur. Les massifs ont été encaissés dans des enceintes de pieux jointifs et liernés.

Aux deux rives sont des culées en pierre de taille, et quatre pavillons s'y élèvent pour la perception du droit de passage et autres emplois d'administration. Il y a deux murs de soutenement pour les rampes des abords, du côté de la place du Concert. La voie charretière a $6^m,32$ de large, et chaque trottoir $2^m,40$, mesuré à partir de la balustrade en fer.

Les fermes en bois, de chaque arche, sont au nombre de sept, espacées de $1^m,80$ de milieu en milieu ; chacune est composée de trois rangs de courbes, ayant ensemble 75 centimètres de hauteur et 32 centimètres de largeur. Ce système est recouvert de pièces de pont portant un platissage, lequel reçoit dans son milieu une chaussée pavée de $6^m,60$, et sur chacune des parties latérales, un trottoir avec balustrade en fer.

Le battage des pieux s'est fait à la sonnette à tiraude; le mouton, de 500 kilogrammes, était manœuvré par trente-trois

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hommes. Les pieux n'ont d'abord reçu de fiche que 3 mètres; après quoi on a repris le battage jusqu'au refus, en élevant le mouton à 2, puis à 3 mètres. Ils ont pris 5 mètres de fiche.

Les premiers travaux préparatoires ont été commencés le 20 mai 1825. Les fondations ont exigé huit grandes opérations, savoir : 1°. le battage de quatre cents pilots et l'établissement des huit ponts de service; 2°. le draguage de la culée et des six piles de la rive gauche; 3°. la construction et la pose de cent soixante paquets de vannages; 4°. le battage de sept cent trente-deux pieux d'enceinte; 5°. le coulage du béton; 6°. le remplissage en terre des batardeaux; 7°. l'épuisement des encaissemens; 8°. enfin, la construction de la maçonnerie des six à sept premières assises au-dessus du béton.

Les travaux préparatoires ont été commencés le 20 mai 1825; la première pierre a été posée le 7 mars 1826; et toutes les maçonneries étaient élevées au-dessus des eaux ordinaires le jour de la saint Charles de la même année, le pont et les abords étant alors achevés, le passage des piétons et des voitures a été immédiatement livré au public.

Voici l'état des dépenses entraînées par l'exécution de cette entreprise :

Construction du pont proprement dit, avec les enrochemens, remblais et pavé des abords..	1 015 029f 74
Agencemens intérieurs pour les quatre bureaux de perception du péage, corps-de-garde, etc.	10 978,64
Barrières en fer et supports des réverbères.....	12 270,99
Gratifications, dépenses diverses.....	44 500, »
Frais des projets, honoraires des ingénieurs, salaires d'employés, conducteurs, piqueurs, garde-magasins, bateliers.....	63 291,87
Indemnité aux actionnaires du pont Morand...	90 000, »
Indemnité aux propriétaires et locataires des	
A reporter.....	1 236 071f 24

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Report.....	1 236 071^f 24
maisons dont les rez-de-chaussées ont été obstrués par les remblais des abords.....	164 000, »
Dépenses administratives et autres faux frais...	19 928,76
Intérêts des capitaux jusqu'au moment du commencement du péage.....	80 000, »
TOTAL.....	1 500 000^f »

Il ne nous reste plus qu'à parler de quelques espèces particulières de ponts, dont la construction s'exécute par des procédés plus ou moins semblables à ceux dont on a traité précédemment.

PONTCEAUX. On donne ce nom à des ponts de pierre ou de bois, qui n'ont le plus souvent qu'une seule arche, et qui servent à traverser un ravin étroit, ou un ruisseau. Après avoir construit les deux culées pour soutenir les terres, et les revêtemens et contre-forts nécessaires à la solidité, on établit l'arche sur les principes déjà exposés. Si le pont est en pierre (*V.* les fig. 8 et 9), on cintre d'abord en bois, puis on établit les couchis, sur lesquels on pose les voussoirs : s'il est en charpente, on construit le cintre en pièces de bois, d'après les règles ordinaires. Souvent on supprime l'arche en charpente, et l'on se contente de faire le plancher avec des sablières, qui sont fixées aux deux bouts sur les culées et traversent d'une rive à l'autre; elles portent des madriers transversaux et jointifs, qu'on cloue aux sablières avec des chevilles de fer.

PONT DE BATEAU. Lorsque les besoins de la navigation exigent qu'on livre passage à des navires, comme la hauteur des mâtures ne permettrait pas la construction des arches, on fait porter un plancher sur des chevalets établis dans des bateaux. On amarre ces bateaux à des ancres ou à des pieux et brise-glaces fixés en amont dans le lit du fleuve : les bateaux sont disposés parallèlement d'une rive à l'autre, et lorsqu'on veut donner le passage aux navires, on manœuvre deux de ces ba-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teaux, qui laissent une voie libre. Le pont est démonté pendant les débâcles et les grandes crues. Aux deux rivages on place deux tabliers mobiles, pour aborder sur le pont et se prêter aux différentes élévations des eaux. Deux bateaux forment une travée; les portions de plancher correspondantes doivent être solidement assemblées, et cependant laisser entre elles un peu de jeu, pour céder aux mouvemens des eaux.

Le pont construit à Rouen par M. Lamandé est un des ouvrages les plus remarquables en ce genre. Il a rencontré, dans cette entreprise, toutes les espèces de difficultés locales : la hauteur des eaux très variable, non-seulement dans les divers mois, mais même chaque jour, à cause des marées; une circulation très active; le passage fréquent des navires; la rapidité du fleuve, etc.

Pont-Levis. Cet appareil est fort usité pour traverser les fossés des places de guerre, parce que le pont s'enlève et se replace instantanément. Deux pièces de bois LL′ parallèles, d'environ 8 mètres de longueur (Pl. 48 des *Arts mécaniques*, fig. 1), et portées en leur milieu par les pieds-droits d'une porte, peuvent basculer sur des tourillons M; ces pièces, nommées *flèches*, vont en s'amincissant vers le bout extérieur, où elles sont réduites à 15 centimètres d'équarrissage, de 30 qu'elles ont dans le reste de leur longueur. Elles sont liées entre elles dans la partie postérieure L′, nommée *bascule*, et manœuvrent ensemble. Au bout de l'antérieure L sont fixées deux chaînes, à peu près verticales, qui s'attachent à des crochets, et par leur autre extrémité à des gâches boulonnées au bout de l'entre-toise qui termine le plancher, nommé *tablier*, lequel est placé sur le fossé et sert de pont. Comme ce plancher en bois a son axe de rotation horizontal situé à l'autre bout et fixé aux bases des pieds-droits de la porte, on comprend que lorsqu'on fait basculer les poutres LL′ pour rabattre la bascule L′ sur la porte, les chaînes soulèvent le bout du tablier, en le faisant tourner sur son axe de rotation, et le dressent de manière à barrer la porte et à découvrir le fossé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des contre-fiches *f* qui buttent contre des arrêts en fer, ou des corbeaux de pierre, assurent la solidité du pont; et lorsqu'on relève le tablier devant la porte, ces contre-fiches tournent sur des charnières situées sous le tablier, à leur point d'attache, et se dressent en pendant verticalement. L'autre bout de la contre-fiche quitte le corbeau, et, guidé par un étrier en fer, glisse en montant le long du mur du fossé.

On donne ordinairement quatre mètres de longueur au tablier, sur presque autant de largeur : lorsqu'il est rabattu sur le fossé, il pose, par le bout opposé au tourillon, sur la maçonnerie du revers du fossé, ou plus ordinairement sur la première pile d'un *pont dormant* qui conduit à ce revers. Pour faire relever le pont, on se sert de chaînes pendantes au bout de la bascule; on l'abat par un mouvement contraire. Comme cette manœuvre est pénible, on l'aide souvent par un TREUIL.

Ainsi, un pont-levis est une machine qui sert à la fois de pont et de porte, selon que le tablier est abattu ou relevé. Pour en faciliter les mouvemens, il convient que les flèches, la porte, les chaînes et le tablier aient la figure d'un parallélogramme; et on leste la bascule, pour que le tout puisse rester en équilibre dans les diverses positions du tablier, afin que la force motrice n'ait presque que le frottement des axes à surmonter. La théorie de cet équilibre est exposée n° 125 de notre Traité de Mécanique.

PONTS A BASCULE. Comme les pont-levis gâtent l'architecture des portes, que l'ennemi peut avec des projectiles en briser les flèches et les chaînes, qu'enfin l'entretien en est assez dispendieux, on a beaucoup varié ces appareils. Les ponts à bascule présentent moins d'inconvéniens; on s'en sert surtout pour la traversée des écluses, l'entrée des bassins des ports, etc. Le tablier ou pont, au lieu d'avoir son axe de rotation à un bout, le porte au milieu de sa longueur, où se trouve construite la maçonnerie qui le soutient. La disposition représentée dans la fig. 2 est celle que M. Girard a employée sur le canal de l'Ourcq. Au centre de gravité du tablier, on établit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe de rotation qui est terminé par deux tourillons portés sur des collets par la maçonnerie. On y voit la contre-fiche *f*, qui fonctionne comme dans les ponts-levis ordinaires. Le mouvement est imprimé au pont par le moyen du quart de cercle denté *c*, qui engrène dans un petit pignon qu'on fait tourner par une manivelle. La partie postérieure V du tablier, ou la *culée*, est plus courte que l'antérieure E, qu'on nomme *volée;* mais elle est équilibrée par un contre-poids. Quand on veut interrompre la communication, on relève la volée en faisant tomber la culée, et le tablier se place verticalement. A cet effet, il faut réserver un espace libre où la culée puisse s'enfoncer en tournant. Lorsque le pont est abaissé, la culée devient horizontale et recouvre cet espace ; on la soutient alors par un valet V, en se servant du levier *l*.

On donne encore le nom de *pont à bascule* à une machine qui sert à peser les voitures chargées. D'après ce qui a été exposé, T. XII, page 238, sur les balances de Quintenz, il ne nous est pas nécessaire d'entrer à ce sujet dans des développemens plus étendus. (*V.* fig. 11, Pl. 35 des *Arts mécaniques.*)

Ponts tournans. Nous avons indiqué plusieurs des inconvéniens des ponts-levis ; les ponts à bascule en ont d'autres : il faut y établir, dans la maçonnerie qui les porte, une cavité pour recevoir la culée ; cette culée, fréquemment baignée par l'eau qui pénètre dans la cavité, se pourrit en peu de temps. Le tablier, quand il est élevé pour laisser passer les vaisseaux, est souvent accroché par les vergues, etc. On préfère les ponts tournans dans beaucoup de circonstances ; ici l'axe de rotation est vertical ; tandis qu'il était horizontal dans les deux ponts qu'on vient de décrire.

Le pont s'ouvre en tournant à peu près horizontalement sur un pivot : pour diminuer le poids et la portée, il est coupé en deux moitiés au milieu du passage, en sorte que chaque moitié tourne de son côté et vient se placer parallèlement à la rive. La fig. 3 représente une de ces moitiés : elle est composée de fortes longrines, croisées par des traversines, avec madriers en plate-forme, garde-fous, bouteroues, etc. Une forte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poutre verticale est placée vers le milieu dans le massif des bajoyers, où elle est solidement arrêtée par des tirans de fer. La rotation se fait sur un pivot dans une crapaudine. La volée doit être à fort peu près en équilibre sur ce pivot avec la culée.

On comprend que lorsqu'on fera pirouetter ce pont sur son pivot, la volée et la culée décriront des quarts de cercle, et qu'il faudra ménager au-dessus de la maçonnerie des lits propres à les recevoir. Celui de la culée devra être circulaire, et loger des bandes circulaires en fer sur lesquelles rouleront des galets placés sur la culée pour aider à ce mouvement; et afin que les deux moitiés du pont se joignent et se séparent avec facilité, on taille les bouts qui se raccordent en arcs de cercles, l'un concave et l'autre convexe, ayant leur centre commun sur le pivot de ce dernier.

Quand le pont est dressé pour le passage d'une rive à l'autre, on le soutient en-dessous par des coins, pour que les roulettes ne portent pas et ne s'usent pas inutilement. A cet effet, on place sous la culée des vis, dont on manœuvre les têtes avec des leviers; ces vis soulèvent un peu la culée, on pose les coins par-dessous, et l'on desserre les vis, qui alors ne fonctionnent plus. Lorsqu'on veut séparer les parties du pont pour livrer passage aux vaisseaux, on tourne les vis pour ôter les coins de bois; et les poids obéissant à leur équilibre naturel, quand les vis sont enlevées, la culée s'abaisse sur ses galets; enfin, avec un treuil on achève la manœuvre. C'est ainsi que sont construits à Cherbourg, au Havre, etc., la plupart des ponts qui servent à la communication des deux rives des bassins; ces appareils permettent, à la haute mer, aux navires d'entrer et de sortir, sans gêner habituellement la circulation; le passage n'est suspendu que temporairement. (*V.* l'Architecture hydraulique de Bélidor, T. III, page 266, et T. IV, page 428; et le Traité de construction des Ponts, par Gauthey, T. II, page 168.)

Ponts volans. On nomme ainsi des ponts qui ne sont construits que pour un usage momentané, soit à la guerre, soit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque la rupture ou les dégradations d'un pont obligeant à le faire réparer, on établit un pont provisoire pour le service public. Ces constructions en bois n'exigent pas de règles particulières; seulement, comme on ne le destine pas à durer long-temps, on se contente d'un degré de solidité qui s'accorde avec la sûreté du passage et l'économie de la dépense.

On donne aussi le nom de pont volant à celui dont il nous reste à traiter.

PONTS ROULANS. Dans les ponts mobiles dont on vient de parler, le tablier est mu en tournant sur un axe de rotation, soit horizontal, soit vertical. Ici, on retire le plancher en arrière par un mouvement de translation horizontal, dirigé dans l'axe du pont.

Sur la maçonnerie du quai, on établit un plan portant les galets sur lesquels le pont doit rouler. Ce pont, formé à l'ordinaire de pièces de bois en long et en large, et même de parapets, est appuyé par ses deux bouts sur les rives; seulement, il se prolonge sur celle qui porte le plan dont nous venons de parler, et sur lequel on l'amène pour le retirer, de manière que cette dernière partie, nommée *culée*, fasse équilibre à l'autre. Celle-ci, qui est la *volée*, butte sur un potelet qui la soutient. On a ainsi deux marches, une à chaque bout, laquelle a toute l'épaisseur du plancher. Il faut y placer de faux tabliers en plans inclinés, si l'on veut que les voitures puissent y passer.

Pour retirer ce pont, on commence par abaisser le bout du faux tablier qui est à une extrémité, puis on donne le mouvement au pont par une corde sans fin, passant sur deux poulies vers le bout de la culée, et allant de là sur un treuil. La manœuvre faite en sens contraire rétablit le pont en place. FR.

PONTS ET CHAUSSÉES. Les travaux pour l'établissement et l'entretien des routes, des ponts, des canaux, des constructions maritimes, de la direction des cours d'eau et de la navigation, etc., sont exécutés par des ingénieurs qui forment une administration dépendante du ministère de l'intérieur. Ces ingénieurs composent l'un des corps les plus instruits de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

France, et les immenses services qu'ils rendent à l'État, sous les ordres de leur directeur général, sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en parler ici. Cet habile administrateur, M. Becquey, par la sagesse de ses vues, la droiture de ses intentions, et la bonté de son caractère, s'est concilié l'estime universelle.

En Angleterre, les travaux publics sont exécutés par des *ingénieurs civils*, qui ne forment point un corps, et sont indépendans du gouvernement. Chacun est employé par ceux qui le jugent à propos, à leurs risques et périls. Cette profession ressemble assez à celle d'architecte en France, et qui veut en prendre le titre, en est maître, sans qu'aucun examen préalable autorise cette prétention. Les admirables travaux qui ont été faits dans la Grande-Bretagne, par les ingénieurs civils, ont donné à penser qu'on ferait bien d'introduire en France les mêmes moyens d'exécution, et le corps des ponts et chaussées s'est trouvé en butte à des attaques qui ont un moment compromis son existence. Mais avant de le détruire, il convient d'examiner toute l'étendue de la perte qu'on ferait, sans certitude de trouver une compensation dans des voies différentes. Il ne faut pas se servir, comme motif de destruction, de quelques abus qu'on ferait facilement disparaître.

On a reproché à ce corps d'avoir un état-major trop considérable, des sinécures, des ingénieurs sans emploi quoique richement rétribués, etc. Voici l'état véritable du personnel des ponts et chaussées.

Outre le directeur général et les employés nécessaires à l'administration, laquelle comprend aussi les mines, on compte environ douze inspecteurs généraux et seize inspecteurs divisionnaires, pris parmi les ingénieurs les plus habiles et ceux que leurs anciens services ont rendus dignes de cette distinction. Chaque département a un ingénieur en chef, et quelques ingénieurs ordinaires (environ deux ou trois) pour ordonner et surveiller l'exécution des travaux publics. Lorsque des constructions accidentelles l'exigent, on nomme en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

outre un ingénieur en chef, et un ou deux ingénieurs sous ses ordres, pour les diriger. Ce cas arrive quand on veut faire de nouveaux canaux, ou pour de nouvelles routes, ou entreprendre des constructions maritimes. Quelques ingénieurs sont répartis dans nos colonies, et d'autres sont attachés à l'École spéciale.

Cette école, composée de quatre-vingt-treize élèves, dont vingt sont employés à des travaux publics dans les départemens, n'est recrutée que parmi ceux de l'École Polytechnique. Le savant M. de Prony dirige cette école. Les élèves doivent y rester trois ans pour achever leurs études théoriques et pratiques, en suivant les leçons de professeurs habiles, dont plusieurs font partie de l'Académie des Sciences. La troisième année, on les exerce à la pratique, en leur donnant des missions où, sous les ordres des ingénieurs, ils surveillent et commandent des parties de travaux.

On voit, par cet exposé, que le corps des ponts et chaussées est un des plus utiles et des plus savans de l'État; que toutes les distributions en sont sages et bien réglées, et que la suppression de ce bel établissement serait une véritable calamité pour la France, qui en retire des services éminens.

FR.

PONTUSEAU (*Technologie*). Les FORMAIRES, c'est-à-dire les fabricans de *formes* pour les PAPETIERS, donnent le nom de *pontuseaux* à des liteaux de bois de sapin de Hollande, de 9 millimètres (4 lignes) d'épaisseur, dont la hauteur est telle, qu'elle ne dépasse pas la hauteur des bords des liteaux qui constituent le châssis de la forme. Les pontuseaux sont destinés à soutenir, dans un même plan, la toile métallique dont la forme est couverte. Ils ont la figure d'une lame de couteau, d'un millimètre d'épaisseur du côté du tranchant sur lequel appuie la toile métallique, et dont le dos, ayant les angles arrondis, est épais de 7 à 9 millimètres (3 à 4 lignes). Chaque pontuseau porte, à ses deux extrémités, un tenon qui entre dans les mortaises pratiquées aux deux côtés opposés de la forme.

L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PORC. *V.* Bestiaux.

PORCELAINE. *V.* Poterie de toutes espèces.

PORPHYRE. Les minéralogistes modernes désignent spécialement sous ce nom, jadis improprement appliqué à un grand nombre de substances, une roche essentiellement composée d'une pâte de pétrosilex rouge ou rougeâtre et de cristaux de feld-spath qui y sont disséminés. Il s'y trouve assez fréquemment du quartz, du mica et de l'amphibole, rarement des substances accidentelles, telles que la calcédoine, le cuivre natif, la prehnite, les pyrites, etc.

Quoique le porphyre ait une grande dureté, il est susceptible d'altération. Quelquefois la roche entière s'altère à sa surface; elle perd sa couleur, sa dureté, sa compacité. Dans ce cas, les cristaux deviennent plus apparens à l'extérieur.

Le plus souvent les cristaux de feld-spath, plus altérables que la pâte, s'atténuent, se fondent pour ainsi dire, laissent des vides; la roche devient cellulaire. Quelquefois ces cavités se remplissent de substances étrangères. On y a remarqué de très petits cristaux de baryte sulfatée.

Quelques porphyres se divisent spontanément, tantôt par couches concentriques, tantôt en fragmens prismatoïdes qui n'ont aucun rapport avec la cristallisation. Ce dernier accident est attribué à une suroxidation du fer, abondant dans ces roches qui lui doivent leurs belles couleurs.

Le plus estimé est le porphyre rouge d'Égypte ou antique. On préfère celui qui est d'un beau rouge passant au pourpre et dont les cristaux de feld-spath sont d'un beau blanc. Ce porphyre, très dur et susceptible d'un très beau poli, était, malgré la difficulté qu'on éprouve à le travailler, employé par les Égyptiens et par les Romains pour faire des caves sépulchrales, des colonnes, des statues, etc. On voit au Musée de Paris des statues colossales dont la tête seule est en marbre blanc et le reste en porphyre antique; la cuve de Dagobert, le tombeau de Caylus, des colonnes, des socles de dimensions variées.

On trouve du porphyre *rouge* en Espagne, en Corse; il en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

existe de *rougeâtre* à Roanne ; de rouge *incarnat* en Bourgogne; de rouge *de brique* à Villefranche (Aveyron); de *violet* dans les Vosges, ainsi que dans la Suède aux environs de Blyberg. On travaille ce dernier à la manufacture d'Elfvedalen ; on le débite en tables au moyen de scies hydrauliques, et on lui donne le poli, comme on le fait à Rome et à Paris, avec de l'émeril et du rouge d'Angleterre.

La plus grande partie du porphyre rouge antique qu'on travaille en Italie et en France provient des débris des monumens antiques d'Égypte et de Rome, ou des ruines des monumens romains du midi de la France.

On se sert dans les pharmacies et chez les marchands de couleurs de plaques de porphyre encadrées dans du bois pour réduire certains corps durs en poudre extrêmement subtile, impalpable. On promène ces corps, préalablement pulvérisés au mortier, sur toute la surface de la plaque nommée porphyre, au moyen d'un instrument de forme conique, également en porphyre, que l'on appelle *molette*. L*****R.

PORPHYRISATION (*Arts chimiques*). Opération qui a pour objet de réduire les corps durs en poudre impalpable. Elle tire son nom de la table de porphyre et de la molette de même matière qu'on emploie le plus ordinairement à cet usage. On substitue quelquefois au porphyre une table de granite ou de verre et des molettes de même substance. Avant de porphyriser les substances, il est besoin de les pulvériser à l'aide du mortier. La porphyrisation s'opère à sec ou avec de l'eau. On porphyrise à sec les corps que l'eau pourrait altérer, tels que la limaille de fer qui se rouillerait, ainsi que la corne de cerf et l'ivoire calcinés, desquels l'eau séparerait une petite quantité de matière saline soluble qui peut être utile dans l'emploi qu'on en veut faire. On broie avec de l'eau la calamine, la tuthie, le verre d'antimoine, le cinabre, les pierres précieuses, la pierre ponce, le succin, le soufre, etc. Il est d'autres substances, comme le corail rouge, les pierres d'écrevisses, les coquilles d'œufs, les écailles d'huîtres, les pierres de merlans, qui peuvent être également porphyrisées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec de l'eau, mais qu'il est convenable de laver auparavant, afin d'en séparer une matière gélatineuse qui nuirait à la conservation de leurs poudres. L*****R.

PORSE (*Technologie*). Ce mot vient du latin *portio* (*portion, partie*), et exprime une certaine quantité de feuilles de papier, soit lorsqu'elles sont séparées par des *flotres* ou feutres, soit lorsqu'elles forment des paquets sans l'interposition des flotres. Dans le premier cas, on les nomme *porses-flotres;* dans le second, *porses-blanches*.

Porse sert aussi à indiquer le nombre de feutres ou *flotres* avec lesquels on fabrique les porses de telle ou telle sorte de papier. C'est dans ce sens qu'on dit qu'il est bon de *rincer les porses* après le travail de la journée; qu'il faut *lessiver les porses* après quelques jours de travail.

On continue à donner le nom de *porses* aux paquets de pages qu'on a ramassés et préparés pour la colle, lorsqu'ils renferment le même nombre de feuilles que les porses-blanches de la cuve : deux de ces porses forment une rame à la colle. C'est sur le compte de ces rames que l'on paie les sallerantes qui étendent le papier collé. La journée des ouvriers est toujours de vingt porses; mais le nombre de Quaits (*V.* ce mot), qui constitue une porse, diffère d'une sorte de papier à l'autre. L.

PORT. Il existe peu de localités où les travaux d'art ne soient pas nécessaires pour abriter les navires contre la mer et les vents, faciliter l'accès des côtes. Le plus souvent même le mouvement des eaux amène des sables et des galets qui menacent d'encombrer et de barrer les bassins les plus favorablement situés, et il faut lutter contre cette puissance destructive.

Le port est une enceinte environnée de quais, dont l'entrée est assez resserrée pour arrêter et briser les vagues et l'effort des vents. Souvent on fait à l'entrée une ou deux Jetées, pour rendre les abords faciles, et surtout pour pouvoir haler les vaisseaux, et les sortir et entrer dans le chenal, sans le secours du vent. Tous ces travaux s'exécutent en Pilotages

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et pierres de taille, ou charpentes, par les mêmes principes que les ponts, ce qui nous dispense de revenir sur ce sujet.

Pour s'opposer à l'ensablement du *goulet* ou chenal du port, on pratique des *écluses de chasse*. (*V.* PORTE.) De vastes bassins sont creusés près du port et reçoivent les eaux du flux de la mer; et lorsqu'elles sont montées à leur *maximum*, on les y retient en fermant les portes d'une écluse. On rend ces eaux à la basse mer, où elles vont s'écouler avec une impétuosité qui dépend de leur hauteur et de leur masse. Ces eaux entraînent tout ce qu'elles rencontrent, et débarrassent le port des matières qui l'obstruaient. Les écluses du Havre, de Dunkerque, de Dieppe, etc., peuvent être citées pour exemples. On était menacé de perdre ces ports, sous les amas de galets ou de sables; les grandes marées fournissent des forces gratuites qui rétablissent peu à peu les lieux dans leur état primitif.

Un port, surtout lorsqu'il est destiné à recevoir des vaisseaux de guerre, est défendu par un système de fortification, pour protéger les établissemens. On y réserve des espaces sur le rivage pour les constructions navales, pour les magasins, la corderie, l'arsenal, etc. Brest, Toulon, Rochefort, Cherbourg, sont les principaux ports militaires de France. La nature a presque tout fait pour le premier; mais à Cherbourg, tout est l'ouvrage de l'art, et une courte description de ce bel établissement peut, sous ce rapport, trouver place ici. (*V.* PORTE.)

Depuis la malheureuse bataille de la Hougue, où Tourville, forcé de lutter contre des forces triples des siennes, perdit sa flotte, faute d'un port où il pût la rallier, on a conçu le projet de créer, à la vue de l'Angleterre, des bassins pour recevoir une flotte de cinquante voiles. De Cessart, Cachin, Sganzin, Duparc, ont successivement commandé ces superbes travaux, dont l'origine remonte à un demi-siècle. Près du port marchand de Cherbourg, on a creusé dans le roc des *formes;* on a établi des cales pour la construction des navires; des bassins où, à basse mer, les vaisseaux de haut bord sont à flot, etc.; et pour assurer ces travaux contre les attaques de l'ennemi et celles de la mer, on a établi une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

digue à 2 lieues du port, pour barrer la rade. Les vaisseaux ne peuvent entrer dans cette rade, qu'en défilant dans des passes, sous les feux de forts placés tant aux deux extrémités que sur le milieu même de la digue.

Pour fonder cette digue d'une profondeur considérable, et de plus d'une lieue de longueur, sur une épaisseur capable de dompter les vagues, on a échoué une multitude de cônes en charpente, qu'on chargeait de quartiers de roche : cette masse immense affleure le niveau des eaux des basses mers. Le navire ennemi qui aurait l'audace de se hasarder dans cette rade verrait bientôt le retour impossible, et serait perdu sans espoir. Au milieu de la digue s'élève un fort qui la défend. La fureur des vagues, montée à un degré qu'aucune tradition n'avait pu faire supposer, a ruiné cette construction il y a quelques années : mais on l'a depuis rétablie et mise à l'abri des ravages les moins vraisemblables de la mer.

Ces belles constructions frappent celui qui les voit d'une admiration vive ; tout y est établi sur une échelle immense ; le génie créateur s'y montre sous toutes les formes. C'est Cherbourg qu'il faut voir, quand on veut prendre une idée de ce que peut l'art qui lutte contre la nature.

Les localités varient de tant de manières, les besoins et les ressources y sont si diverses, qu'il nous serait impossible de donner des règles positives pour fixer les procédés à suivre dans les constructions maritimes. Ce qui a été dit au mot Pont fera concevoir les différens modes qu'on y emploie : il faudrait composer un ouvrage volumineux, si l'on voulait traiter cette matière avec l'étendue qu'elle comporte, et il nous est impossible d'en dire davantage.

Quant à ce qui concerne le moyen de nettoyer les ports de la vase qui les encombre, *V.* les articles Curage et Drague.

Fr.

PORTE (*Art de calcul*). L'appareilleur nomme ainsi la baie en pierre de taille qui sert d'entrée à un bâtiment. La *porte droite* est perpendiculaire à l'axe ; la *porte biaise* est oblique. Il y a aussi des portes convexes, qu'on appelle *en tour ronde*,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour les édifices cylindriques ; des portes sur le coin, quand l'angle est en pan-coupé, surmonté d'une TROMPE ; des portes en plein-cintre, surbaissées, etc.

On donne plus communément le nom de *porte* à l'assemblage en menuiserie ou en charpente qui ferme une baie de mur. Il est inutile de décrire ici les portes d'appartemens, que chacun connaît; mais nous parlerons des *portes cochères*, qui ferment les passages des voitures. Elles sont composées de deux ventaux, faits chacun de deux montans nommés *battans*, et de trois traverses : ce cadre renferme les panneaux en planches ; le tout est en chêne solidement assemblé à rainures et languettes. Le plus souvent, on taille, dans l'un des panneaux, une petite porte d'entrée pour l'usage ordinaire des gens à pied. Les ventaux tournent sur un gond ou collet fixé vers le haut à scellement dans la muraille, et sur une *crapaudine* scellée dans une pierre du sol. Cette crapaudine se fait de deux manières : ou bien la pièce fixe est un tas en fer, ayant un creux sur lequel porte le pivot fixé verticalement au bas du battant ; ou bien on fixe au contraire le pivot au sol, et la crapaudine est attachée au battant et porte par son creux sur le bout du pivot. Cette dernière disposition est moins sujette à s'engorger par des ordures.

On orne quelquefois les portes cochères avec beaucoup de luxe, soit par des sculptures, soit par des bronzes. La serrure et les deux verroux qui entrent en haut, en bas, pour fermer les battans sont susceptibles aussi de constructions très élégantes. Souvent on y emploie des ESPAGNOLETTES comme aux croisées. Les portes de l'église de Saint-Pierre, à Rome, celles du Louvre, à Paris, etc., peuvent être considérées comme des modèles de ce genre de constructions.

Il y a une multitude d'autres portes, les unes vitrées, les autres brisées à quatre ventaux, etc. Nous ne finirions pas si nous voulions détailler toutes ces dispositions; ce serait d'ailleurs un travail bien inutile, puisque chacun se les représente facilement. Nous terminerons par traiter des portes qui sont employées dans les constructions hydrauliques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons indiqué la forme des différentes parties d'une Écluse (*V.* ce mot); mais nous devons ajouter quelques détails sur celle des portes qui la ferment. On en emploie de trois sortes : les vannes, les portes busquées et les portes tournantes.

Les *vannes* servent dans les petites écluses et les retenues d'eau; il en sera question dans un article séparé.

Pour résister à la charge d'eau contre les portes d'une écluse, on fait ces portes plus larges que la baie; les bords des battans extérieurs sont taillés en chanfrein, et viennent s'arc-bouter l'un contre l'autre; ces portes, obliques l'une à l'autre, font entre elles un angle de 135 degrés. On estime que la saillie du busc doit être le cinquième de la largeur de l'écluse. Il y a deux portes semblables, l'une à l'entrée du radier, l'autre à la sortie, et les buscs y sont dirigés en sens contraires. D'un côté, l'une des portes, lorsqu'elle est fermée, résiste à l'arrivée des eaux; du côté opposé, la porte résiste à leur sortie. Ces quatre ventaux laissent entre eux une *chambre* qui a la forme d'un hexagone. Il est inutile de dire que ces portes sont solidement assemblées en charpentes exactement jointives, pour empêcher l'eau de passer; qu'elles ont des liernes et des bois de décharge pour faire porter tout leur poids sur les crapaudines; que les deux montans de jonction sont coupés sous l'angle de 67 degrés et demi, pour que leurs faces extérieures s'appliquent exactement l'une sur l'autre.

Quand on veut retenir les eaux en amont, on ferme la porte qui présente son angle saillant de ce côté; et quand on veut au contraire s'opposer à l'arrivée des eaux, on ferme celle de l'autre côté. Ainsi, quand l'écluse est voisine de la mer, et qu'on veut que la marée montante n'entre pas dans le bassin, on ferme les portes extérieures. Au contraire, si l'on veut conserver le niveau des eaux dans le bassin, à mer basse, on ferme les intérieures. Le mouvement est imprimé aux ventaux par une manivelle et un engrenage. On laisse au bas des ventaux des guichets avec vannes, et on lève ces vannes quand on veut laisser à l'eau un passage libre. (*V.* pour plus de détails l'article Écluse.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on destine les eaux retenues à couler en masse avec impétuosité dans les écluses de chasse, on se sert de *portes tournantes*. Au milieu de l'espace qui sépare les bajoyers, on élève un montant vertical qui peut tourner sur une crapaudine en bas, et dans un collet fixé sur la traverse du pont dormant établi au-dessus : le pont sert à communiquer d'une rive à l'autre. Ce poteau est vers le milieu de la porte, qu'on peut ainsi faire pirouetter; cette porte peut ainsi se placer, ou dans le fil de l'eau, ou en travers de l'écluse. On a soin de faire l'une des parties un peu plus large que l'autre des deux côtés du poteau tournant, afin que la pression de l'eau soit plus forte sur cette face, et maintienne la porte fermée dans l'état ordinaire. En outre, on adapte au bajoyer un corps en potence, tournant sur un axe vertical; ce corps, appelé *valet*, vient arc-bouter contre la porte pour s'opposer à son ouverture. Lorsqu'on veut laisser aux eaux la liberté de s'écouler, on détourne le valet et l'on ouvre la porte ; ce mouvement se donne par des cordes de traction, et on le facilite en ouvrant la vanne d'un guichet partiqué au bas de la face la plus large de la porte tournante.

Dans ces deux sortes d'écluses, on ménage sur le radier et sur les bajoyers des battemens en pierre, sur lesquels le panneau va porter jointivement pour arrêter l'eau.

Ce sujet exigerait sans doute une description plus étendue pour être compris nettement; mais nous ne pouvons en dire ici davantage. Consultez le III^e^ volume de l'Architecture hydraulique de Bélidor, où tous ces détails sont donnés avec un grand soin. C'est au port de Cherbourg qu'il faut voir la plus vaste écluse qu'on ait jamais faite. Elle ferme le grand bassin, et les vaisseaux de haut bord peuvent y passer à marée basse. Le musoir à l'entrée est creusé dans le roc à 45 pieds au-dessous de la basse mer, et les vaisseaux ont toujours au moins 30 pieds d'eau dans le bassin. Les portes du bassin sont busquées à la manière de celles des écluses, et leur forme colossale excite l'admiration de quiconque voit ces beaux ouvrages.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il nous reste à parler de ce qu'on appelle un *bateau-porte*. Lorsqu'un vaisseau a besoin d'être radoubé, ou qu'on veut le calfater, le doubler et en achever la construction, dans les grands ports de mer, on se sert de *formes*. Ce sont des bassins disposés pour ce travail, où l'on introduit le vaisseau à la haute mer. L'entrée de la forme est munie de bajoyers et d'un radier, comme une écluse ; mais au lieu de porte, elle est fermée par un bateau qu'on y échoue, et que, pour cette raison, on appelle *bateau-porte*. Ce bateau a les dimensions exactes de l'espace qu'il doit clorre, et on l'y amène en flottant de manière à le disposer en travers des bajoyers.

Ce bateau se place à peu près comme un coin. Lorsque la mer se retire, il laisse sortir par-dessous l'eau de la forme, et s'échoue lentement. On profite de la basse mer pour charger le bateau, afin d'achever l'échouage, et ce chargement se fait en y faisant entrer de l'eau à l'aide de robinets placés près du fond. Ce fond est plat et se pose sur le radier. On calfate les bords de jonction du bateau avec la maçonnerie, pour empêcher l'eau d'y rentrer quand la mer montera ; et l'on s'oppose à ce que ce bateau se remette à flot, en y laissant entrer de l'eau par les robinets. On épuise avec des pompes ce qui reste d'eau dans la forme, et l'on procède tranquillement aux travaux qu'on se propose.

Bien entendu qu'on a soin, tandis que le vaisseau est encore à flot dans la forme, de le soutenir par des étais et de le caler sous la quille, pour être maître d'opérer sur tous les points extérieurs. Lorsque ensuite on veut remettre le navire à la mer, il suffit de vider le bateau-porte de l'eau qu'il contient, soit par le moyen des robinets ouverts du côté de la forme, soit en faisant jouer des pompes. Lorsque la mer remonte, elle soulève le bateau-porte, et, pénétrant dans la forme, elle remet le navire à flot. Le bateau, d'une construction massive, a ses bords assez élevés pour surpasser d'au moins 2 mètres le niveau des plus hautes eaux. Cette invention ingénieuse méritait de trouver place ici ; elle pourrait être employée dans d'autres occasions. FR.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PORTE-FAIX, COMMISSIONNAIRE (*Technologie*). On désigne sous le nom de *porte-faix*, des hommes forts dont les fonctions consistent à porter des fardeaux plus ou moins lourds qui n'excèdent pas leur force. Ils remplissent aussi les fonctions de *commissionnaires*, et sous ce rapport ils font, moyennant salaire, les commissions dont on les charge.

La manière dont les porte-faix chargent les fardeaux qu'ils veulent transporter varie selon les pays, les circonstances et la nature des objets qui leur sont confiés. Dans les ports de mer et dans le midi de la France surtout, ils ont un petit sac rembourré qu'ils placent sur leurs épaules derrière leur cou, et dont une courroie ou un petit rouleau rembourré aussi enveloppe le devant de la tête, afin de retenir le sac. Ils placent le fardeau sur le sac, l'appuient sur le derrière de la tête, et l'empêchent de tomber par le moyen d'une ou de deux cordes qu'ils passent à côté de leur tête, et qu'ils tiennent avec une ou deux mains.

Lorsqu'ils veulent porter à deux un fardeau trop lourd, tel qu'une barrique, ils l'enveloppent d'une corde sans fin, dont ils écartent les deux anneaux par le bas ; ils les réunissent presque par le haut, ils passent entre les cordons supérieurs une barre de bois ronde, ou mieux un gros bambou, dont chacun appuie les bouts sur son sac. Alors ils élèvent le fardeau au-dessus de terre, et le portant avec facilité entre eux deux, en appuyant la main dessus, ils l'empêchent de balancer.

C'est à Paris où les *commissionnaires* portent les fardeaux avec le plus de facilité, à l'aide d'un instrument qu'ils nomment *crochet*, et qui a été ingénieusement imaginé. Nous en donnons ici la figure en perspective, afin de le faire connaître dans les pays où il est absolument inconnu. On voit (Pl. 46, fig. 1) qu'il est formé de liteaux de bois assemblés à tenons et mortaises, disposés de manière à présenter beaucoup de solidité. Il est armé des deux côtés d'une forte courroie A, B, dans lesquelles le porteur passe ses bras, après avoir consolidé, par des petites cordes, sa charge, qu'il place toujours en hau-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teur sur le crochet C. Par cette disposition, il n'a pas besoin de se courber beaucoup pour ramener le centre de gravité de la charge dans la verticale qui passe par la plante de ses pieds, et il est peu gêné dans sa marche. A l'aide d'un bâton fort et solide qu'il porte à la main, il peut se reposer et reprendre haleine, lorsqu'il ne trouve pas une borne à la hauteur convenable. Alors il appuie le bout inférieur du crochet sur l'extrémité de sa canne, qu'il place verticalement, et qui est d'une longueur convenable pour soutenir le fardeau.

L.

PORTE-VOIX (*Arts physiques*). C'est un instrument en tôle de cuivre ou de fer très mince, qui a la forme d'une trompette, et dont on se sert pour se faire entendre de loin. C'est surtout en mer que le porte-voix est utile. Lorsqu'il faut que les commandemens dominent les vents et la tempête, il faut parler plus haut qu'eux. D'ailleurs, les navires ne peuvent s'approcher, et les communications verbales de l'un à l'autre ne peuvent se passer du secours de cet instrument. (*V.* fig. 15, Pl. 16 des *Arts physiques.*)

Le tube du porte-voix va en s'évasant en pavillon ; le bout qu'on porte à la bouche a une coquille à son orifice, pour y enfermer cet organe, afin que tous les accens de la voix ébranlent l'air intérieur. Cette masse d'air ainsi mise en vibration, et contenue par les parois élastiques de cette espèce de vase ouvert en avant, se porte entièrement dans le sens de l'axe. Ainsi le porte-voix, non-seulement dirige le son, mais l'amplifie. Il faut avoir soin de bien articuler et de faire une pause entre chaque syllabe, pour éviter l'espèce de bourdonnement que produirait la confusion des sons réfléchis par les parois.

On est dans l'usage de donner à la section du porte-voix, selon son axe, la forme d'une branche d'hyperbole dont l'axe est une asymptote. Le tuyau, d'abord fort étroit près de la bouche, s'agrandit de plus en plus pour former le pavillon. L'effet croît d'intensité avec la longueur de l'instrument. La voix qui se fait entendre en plein air distribue sphérique-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment le son, qui se perd dans tous les sens : mais avec le porte-voix, les parois du tuyau limitent la portion d'air ébranlée, qui reçoit la somme des impulsions que, dans le premier cas, on communique à une masse d'air beaucoup plus grande ; les particules ébranlées deviennent, à leur tour, une cause d'ébranlement qui se transmet hors du tuyau ; et les parois, par leur réaction, ajoutent encore à l'effet. Cette théorie est la même que celle de la TROMPETTE.

Lorsque les officiers d'un navire transmettent à bord leurs ordres, ils ont en main un court porte-voix de fer-blanc. On donne à cet instrument la forme d'un paraboloïde de révolution, et la bouche se trouve placée au foyer. Cet appareil s'entend de moins loin que le premier, mais il est plus portatif. FR.

Addition à l'article PEINTURE VITRIFIABLE, *qui se trouve à la page* 453 *du* XV^e^ *volume de ce Dictionnaire.*

PEINTURE SUR VITRAUX OU VERRE. Un grand nombre de personnes, amateurs des genres de peinture dans lesquels on emploie les couleurs vitrifiables et vitrifiées, ont regretté de ne pas voir, dans mon article inséré à la fin du XV^e^ volume de cet ouvrage, assez de détails relativement aux diverses manipulations qui ont lieu dans chaque branche de peinture dont j'ai eu l'avantage d'entretenir le lecteur ; on a surtout été fâché que je n'eusse pas donné les plans des différens fourneaux de *vitrification* et de *recuisson* pour la peinture sur vitraux, ainsi que les *mouffles* qui servent à fondre les couleurs appliquées sur l'émail, les faïences, les métaux et la porcelaine : c'est pour remplir cette lacune que je vais de nouveau (en faisant en sorte cependant de ne pas me répéter) rentrer dans la pratique de la peinture vitrifiable.

On a dû nécessairement remarquer que les tableaux peints sur verre, dont nos aïeux ont embelli la plupart de leurs majestueux édifices, et notamment ceux destinés au recueillement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et à la célébration des mystères de la religion, sont composés d'une infinité de pièces d'une très petite dimension. Cette circonstance obligeait l'artiste à multiplier considérablement les morceaux de carreaux de vitre pour qu'il pût assembler un sujet entier; il était obligé, par la force des choses, de prodiguer mal à propos les assemblages en plomb, et de telle sorte que, bien souvent dans un tableau, une tête un peu grande, une main, un pied, étaient divisés en plusieurs lignes noires qui déparaient entièrement les objets et ôtaient tout le charme du dessin. Personne, sans doute, n'a été sans faire bien des fois cette remarque, et n'a pu s'empêcher de souhaiter qu'une semblable bizarrerie n'existât pas. Eh bien, que l'œil et le goût soient satisfaits; car, de nos jours, cette disparate a fait place à un perfectionnement des plus importans. Non-seulement les carreaux de verre sur lesquels nos peintres placent leurs sujets sont assez spacieux pour qu'une figure, une main ou un pied puissent s'y faire voir en entier et grands comme nature; mais encore une scène de la vie, un tableau total, lorsque ses dimensions ne surpassent pas 40 à 50 centimètres, peut se cuire d'une seule pièce. La manufacture royale de porcelaine établie à Sèvres, où l'on a monté depuis peu des ateliers de peinture sur verre, offre des exemples de ce que j'avance.

On sait, par ce qui a été dit dans l'article PEINTURE VITRIFIABLE du XV^e^ volume de ce *Dictionnaire Technologique*, d'où proviennent les couleurs qui servent à peindre sur le verre, l'émail, la faïence, les métaux et la porcelaine. On a paru oublier, sans doute, la marche que j'ai indiquée pour les obtenir en général; on se rappellera sans peine qu'elles viennent toutes du règne minéral, lorsqu'on songera que le feu détruirait indubitablement celles qui seraient prises dans le règne végétal.

Les procédés au moyen desquels on se procure le pourpre de Cassius, le carmin et le bleu de cobalt ont été décrits avec tous les détails dont ils sont susceptibles; mais je n'ai fait, pour ainsi dire, qu'indiquer la manière d'enrichir la palette du peintre vitrificateur, des couleurs rouges, chairs, vertes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jaunes, brunes, noires, etc. Pour répondre au vœu que plusieurs amateurs ont formé et dont j'ai parlé plus haut, je vais donner quelques notions un peu circonstanciées, relatives à la formation de ces dernières couleurs; bien entendu que ce qui va être dit pour les couleurs propres à peindre sur le verre peut également s'appliquer à celles qui servent aux autres genres de peinture vitrifiable, d'autant qu'elles ne seront point mêlées avec les fondans; car ces derniers diffèrent essentiellement, sous le rapport de la fusibilité, d'une espèce de peinture à une autre.

Du rouge. Le rouge est une couleur primitive, c'est-à-dire qu'elle ne peut être formée par le mélange d'autres couleurs; elle se tire ordinairement du fer. Il existe beaucoup de procédés par lesquels on peut se la procurer : les uns la font par la calcination du sulfate de fer, les autres par l'oxidation du fer en nature, à l'aide d'une assez forte chaleur et du contact de l'air atmosphérique. Cependant voici la manière qui donne le rouge le plus beau.

On se procure une certaine quantité d'acier, le meilleur et le plus fin qu'il soit possible; les vieilles lames de rasoirs anglais sont fort bonnes pour cet usage. Ce n'est pas que l'acier et même le fer français, lorsqu'ils sont purs, ne soient à même de donner des résultats fort satisfaisans; mais, comme je me suis souvent servi de ces lames, je les indique ici préférablement. On casse l'acier par menus morceaux qu'on introduit dans un matras qui contient de l'acide sulfurique étendu d'eau. Cette dissolution peut être faite à froid, mais elle a lieu plus promptement et mieux à l'aide de la chaleur. Dès qu'elle est effectuée, on la verse dans une capsule de porcelaine; on évapore sur le bain de sable jusqu'à ce que la liqueur soit arrivée à un certain degré de concentration; ensuite on dépose la capsule dans un endroit frais : alors les cristaux de sulfate se forment. Parvenus à une grosseur convenable, on les retire des eaux-mères, et on les met sur une feuille de papier pour les laisser égoutter.

Afin de bien purifier le sulfate, on le fait dissoudre dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

environ trois fois son poids d'eau distillée ; on filtre à travers le papier *joseph*, et l'on évapore une seconde fois. De même il se forme encore, par le refroidissement, des cristaux de sulfate d'un beau vert d'émeraude et d'une grande limpidité. Après qu'ils sont bien égouttés et secs, on les enferme dans un flacon à large ouverture, bouché à l'émeril.

Quand on veut composer la couleur rouge, on prend une partie en poids de ce sulfate, et un quart de partie de sulfate d'alumine (alun) ; on pile grossièrement le tout, afin de mieux mélanger les deux sels : d'un autre côté, on fait du feu au charbon de bois dans le fourneau à calciner (fig. 1, Pl. 56). Lorsque le combustible est incandescent, on pose dessus une petite plaque de tôle mince, puis on met sur cette plaque les deux sulfates en poudre. Au même instant la fusion aqueuse des deux sels s'opère ; mais bientôt après le mélange blanchit, puis rougit : c'est alors qu'il faut avoir le plus grand soin de ne pas faire trop de feu, dans la crainte que cette teinte rouge ne passe au foncé. Enfin, quand on s'aperçoit que la couleur est partout uniforme, on retire la plaque de tôle des charbons ardens sur lesquels elle repose, on laisse refroidir le mélange, et l'on remarque distinctement que plus il approche de la température de l'atmosphère, et plus la belle couleur rouge se développe.

Cependant, comme dans la masse calcinée il se rencontre toujours de certaines parties d'oxide de fer dont le rouge est plus agréable, on en fait choix ; on dépose tous les morceaux d'élection sur une glace, on les imbibe d'eau distillée, et l'on broie avec la molette de verre jusqu'à ce que le tout soit réduit en une poudre très fine. Arrivé à ce point, on relève la couleur avec le couteau *à palette*, on l'introduit dans un bol de porcelaine où l'on verse de l'eau chaude à plusieurs reprises, laquelle eau on décante, à chaque fois, après que le dépôt total s'est opéré ; ensuite on fait sécher le résidu à une douce chaleur.

Je dois faire connaître la raison pour laquelle je joins un quart de partie de sulfate d'alumine à une partie de sulfate de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fer pour former le rouge : ce n'est pas que la couleur en devienne pour cela plus belle et plus intense ; au contraire, l'alumine, par la teinte blanche qui lui est naturelle, tend à l'amortissement de l'éclat que le rouge de fer peut manifester ; mais c'est que cette couleur étant extrêmement fugace, l'alumine, par sa propriété réfractaire, vient lui donner une certaine fixité qu'elle n'aurait pas sans elle ; en sorte que plus cette dernière substance dominera dans le composé, plus la couleur rouge sera fixe, mais aussi moins elle sera intense ; c'est pourquoi il faut demeurer dans de justes limites à cet égard.

Le rouge est une couleur grandement employée dans la peinture vitrifiable : elle sert à l'imitation de beaucoup de fleurs et de fruits ; elle forme des draperies entières ; elle entre même dans les teintes destinées à imiter les carnations, telles que sur certaines parties des lèvres, les coins des yeux, etc.

Les fondans alcalins ne sont pas propres à être amalgamés avec la couleur rouge, le fondant métallique lui convient beaucoup mieux. Cette couleur est une de celles qui s'emploient le plus facilement au pinceau ; aussi peut-elle recevoir une assez forte quantité de fondans, sans que pour cela on éprouve de gêne à la faire couler sur le verre, l'émail ou la porcelaine.

De la couleur de chair. Cette couleur, dont le nom suffit pour démontrer combien elle est utile dans la peinture, se fait aussi avec le sulfate de fer ; mais au lieu de mettre dans le mélange, comme pour le rouge, un quart de partie de sulfate d'alumine, on en met deux ou trois et même quatre parties : alors on sent bien que, puisque l'alumine est une substance blanche, le rouge doit pâlir dans des proportions notables ; aussi obtient-on par ce procédé ce qu'on appelle la *couleur de chair.* On sentira également qu'en vertu de la qualité réfractaire de cette substance alumineuse, l'obligation d'introduire dans la composition de la couleur de chair une plus grande quantité de fondant se recommande d'elle-même ; cependant l'expérience le fera bientôt connaître d'une manière plus pé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remptoire que ne peut faire l'indication de la théorie la mieux entendue.

De la couleur verte. Cette couleur, comme on sait par ce qui a été dit dans le XV^e^ volume de ce Dictionnaire, se tire de deux métaux, qui sont le cuivre et le chrôme; voici la manière de l'obtenir du premier métal.

On choisit le cuivre rosette le plus fin qu'il soit possible de rencontrer, on le plane très mince, et on le coupe en menus morceaux qu'on fait dissoudre dans trois ou quatre fois son poids d'acide nitrique étendu d'eau. Il faut avoir soin de n'introduire le métal que peu à peu, pour éviter une trop grande effervescence, et ne pas risquer d'enlever subitement tout l'oxigène de l'acide. On remet du métal dès qu'on s'aperçoit que la réaction est terminée; on continue jusqu'à saturation parfaite; ensuite on pose un creuset dans un fourneau à réverbère de laboratoire, on y met quelques charbons incandescens qui échauffent le creuset, puis on verse dans le creuset environ le quart de sa contenance de dissolution de cuivre. Aussitôt que la liqueur a senti l'impression du feu, elle bout et monte jusque vers la partie supérieure du creuset. Si toutefois elle menaçait de s'échapper en dehors, il faudrait diriger dans le milieu de cette liqueur en ébullition le vent d'un soufflet à main. Cette précaution empêche l'extravasation du liquide, et le fait à l'instant descendre au fond du creuset.

Lorsque l'évaporation du premier versement est complète, on remet de nouveau de la dissolution dans le creuset, ayant toujours soin de n'en mettre que peu, pour le même motif spécifié plus haut. On continue l'opération jusqu'à ce que toute la dissolution soit épuisée; ensuite on couvre le creuset, et l'on pousse la calcination jusqu'au rouge. Au bout d'un quart d'heure de feu, on retire le creuset et on le laisse refroidir. Quand il peut être pris à la main, on ôte avec un couteau de fer, dont la pointe doit être arrondie, tout l'oxide de cuivre, qui, pour lors, paraît sous la forme d'une poudre d'un très beau noir et d'une division extrême (si toutefois le feu n'a pas été trop fort); mais, quand cela arrive, l'oxide affecte une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

couleur grise, dont les molécules sont tellement agglutinées et attachées aux parois intérieures du creuset, qu'on a souvent bien de la peine à les en séparer. Cette circonstance est un inconvénient; il faut faire en sorte de l'éviter, en ne donnant qu'un feu modéré.

La potasse et la soude précipitent aussi le cuivre de sa dissolution nitrique; pour lors le précipité est d'un vert tirant sur le bleuâtre : par la calcination, il devient noir. On choisira l'un de ces deux procédés; mais je ferai observer en passant que le premier m'a constamment réussi.

L'oxide de cuivre donne une assez belle couleur verte lorsqu'il est vitrifié avec les fondans; mais elle est un peu difficile à employer avec le pinceau, par les mêmes raisons que nous avons déjà alléguées, qu'un vert est toujours une couleur courte et sans liaison. Cependant cette couleur est indispensable; elle fournit des teintes qui lui appartiennent en propre, et que l'oxide de chrôme, dont je vais parler, ne peut donner.

Autre couleur verte par l'oxide de chrôme. Cet oxide s'obtient par la décomposition d'une pierre qu'on appelle *chromate de fer;* elle se rencontre assez abondamment dans le département du Var. Cette pierre est d'un gris bleuâtre, et quelquefois noirâtre. Voici la manière de la traiter pour en retirer l'oxide de chrôme vert.

On pulvérise la pierre de chrôme dans un mortier de fer, on en passe la poudre par un tamis très fin, on la mélange avec à peu près son poids égal de nitrate de potasse, aussi pulvérisé. Le mélange étant intime, on en remplit aux trois quarts un creuset de Hesse qu'on pose dans un fourneau à réverbère; on couvre le creuset, et l'on chauffe. Je dois faire observer qu'il faut avoir soin de n'administrer le feu que par gradation. Dès que la matière commence à rougir, il se fait un mouvement dans toute la masse : le nitrate de potasse se décompose; il s'échappe du mélange entre le couvercle et les bords supérieurs du creuset une assez grande quantité d'azote à l'état de gaz. Il demeure dans le creuset pour résidu beaucoup de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chromate de potasse, de l'alumine, de la silice et de l'oxide de fer.

L'opération doit durer une demi-heure ou trois quarts d'heure avec un feu soutenu : au bout de ce temps, on retire le creuset du feu, on le laisse refroidir, on le casse, on pulvérise ce qu'il contient, et l'on en met la poudre avec quatre ou cinq fois son poids d'eau dans une casserole de cuivre qu'on pose sur le feu. Après une ébullition d'un quart d'heure, on décante l'eau, qui doit avoir pris une belle teinte de jaune d'or ; on filtre cette eau à travers un papier joseph pendant qu'on en remet de nouvelle dans la casserole, pour faire encore dissoudre ce qui peut rester de chromate de potasse ; on filtre comme la première fois, et l'on recommence l'opération jusqu'à ce que l'eau ne soit plus ou presque plus colorée en jaune.

D'un autre côté, on fait dissoudre dans l'acide nitrique une certaine quantité de mercure : la dissolution achevée, on verse le nitrate de mercure dans la dissolution de chromate de potasse ; il se fait sur-le-champ un précipité d'un rouge plus ou moins vif, selon le degré de pureté des deux dissolutions ; on décante l'eau surnageante, qui, pour lors, doit être limpide et incolore, au lieu de jaune qu'elle était auparavant. On lave le dépôt rouge qui est au fond du vase : c'est le chromate de mercure.

Il ne s'agit donc plus, pour avoir l'oxide de chrôme, que de le retirer du chromate de mercure dans lequel il se trouve. Pour l'obtenir, on met ce chromate, sec ou non, dans un creuset, on introduit ce creuset dans un fourneau, et l'on pousse le feu. Par cette opération, le mercure, en raison de sa volatilité, s'échappe du composé, en sorte qu'au bout d'un quart d'heure de feu il ne reste dans le creuset que de l'oxide de chrôme, sous forme de poudre légère, très ténue et d'une belle couleur vert foncé.

Si l'on voulait ne point perdre le mercure dans cette opération, on devrait introduire le chromate de mercure dans une cornue de grès, au bec de laquelle on adapterait une allonge

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec un récipient, afin de condenser les vapeurs mercurielles.

Si l'on ne veut pas obtenir l'oxide vert de chrôme par la distillation du mercure, on peut se le procurer directement en mêlant au chromate de potasse le double de son poids de fleurs de soufre, et en mettant le tout sublimer sur le feu. Dans cette opération, il se forme des sulfures et sulfites de potasse qu'on dissout par l'eau chaude, et l'oxide de chrôme est mis en liberté. Cette dernière manière de se procurer la couleur verte tirée du chromate de fer est, je pense, plus à portée d'un grand nombre de personnes.

Cet oxide de chrôme est très fixe; il peut supporter le plus grand feu de porcelaine sans se volatiliser; aussi l'emploie-t-on avec succès pour faire des fonds pleins sur les vases destinés à être décorés en or. On varie les teintes de vert à volonté, soit avec un peu de bleu, soit avec un peu de jaune. Ces couleurs ont rarement besoin d'être vitrifiées avant d'être employées, ce qui contribue beaucoup à les rendre extrêmement faciles au travail du pinceau.

De la couleur jaune. C'est encore une couleur primitive; elle se tire de plusieurs métaux, tels que l'antimoine, le plomb, l'étain, et même l'argent. Voici la manière de se procurer l'oxide d'antimoine, qui sert de base à la couleur jaune de différentes teintes.

On réduit le régule de ce métal en une poussière très fine, on la passe au tamis; ensuite on pulvérise aussi du nitrate de potasse cristallisé (ou nitre du commerce), on prend une partie de régule d'antimoine et une partie et demie de nitrate de potasse, on mélange intimement ces deux matières; ensuite on met un creuset de bonne argile dans un fourneau qui tire bien, et l'on y projette par petites parties le mélange d'antimoine et de nitre. A chaque cuillerée de matière qu'on introduit dans le creuset, il se manifeste un mouvement assez considérable dans la masse; ce mouvement est accompagné d'une flamme vive et brillante; on la laisse s'éteindre avant d'y ajouter une nouvelle quantité de matière; on continue à pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jeter jusqu'à ce que le creuset soit tout-à-fait plein ; alors on le couvre, et l'on donne un grand coup de feu pendant un bon quart d'heure. Au bout de ce temps, on retire le creuset du feu, on le casse, et l'on détache la matière pesante qui y adhère ; on la pulvérise, on la broie à l'eau sur une glace, puis on introduit le tout dans un bol de porcelaine où l'on verse de l'eau chaude à plusieurs reprises. C'est ainsi que la potasse en excès se dissout par les lotions, et que l'oxide blanc d'antimoine reste au fond du vase. C'est ce qu'on appelle l'*antimoine diaphorétique lavé*.

Quand on veut avoir une couleur jaune fixe au feu, on la compose avec une partie de cet oxide d'antimoine et une et même deux parties d'oxide rouge de plomb ou minium ; on mélange parfaitement ces deux oxides, on les introduit dans un creuset qu'on pose dans un fourneau de laboratoire ; on donne un coup de feu léger, mais continué pendant trois quarts d'heure, après quoi on retire le creuset, on le casse, et l'on voit que le mélange s'est converti en un jaune très riche en couleur.

On peut, par le même moyen, obtenir des jaunes plus ou moins foncés ; il suffit de savoir pour cela que plus l'oxide de plomb sera prédominant dans la composition, plus la couleur deviendra d'un jaune pâle.

On fait encore un très beau jaune en mélangeant ensemble une partie d'oxide d'antimoine blanc, une partie et demie d'acétate de plomb (blanc de plomb) et une partie d'hydrochlorate d'ammoniaque. On pulvérise ces substances, on les passe au tamis, et on les met dans un test qu'on pose dans le fourneau de calcination, où l'on fait un feu qui soit assez intense pour décomposer et sublimer l'hydrochlorate d'ammoniaque. On s'aperçoit que l'opération est terminée quand il ne se manifeste plus un atome de fumée ; alors le composé doit paraître d'une couleur jaune ; on le retire du feu, on le laisse refroidir, puis on le lave à grande eau.

On se procure encore un autre jaune avec 2 parties d'oxide blanc d'étain, 1 partie de minium, 1 partie de sulfate

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'alumine et une demi-partie d'hydrochlorate d'argent, que les anciens appelaient *lune cornée*.

Du blanc. Quoique le blanc ne soit pas une couleur proprement dite, et qu'on n'en fasse pas grandement usage dans la peinture sur verre, les émaux et la porcelaine, attendu que le fond naturel de ces corps étant blanc, il tient souvent lieu de cette couleur dans les circonstances où le blanc doit figurer; cependant cette couleur devant représenter certaines draperies, et paraître quelquefois un peu en bosse, surtout dans la peinture sur émail et sur porcelaine, on se trouve alors obligé d'avoir recours à la magie des teintes; en ce cas, le blanc vient très à propos.

Les émaux blancs sont des corps très propres à donner de l'éclat; mais comme ils ne sont, pour ainsi dire, composés que de silice, ils offrent de grandes difficultés dans leur emploi avec le pinceau. D'après cela, ceux qui se sont occupés de la confection des couleurs ont dû porter leurs vues vers d'autres substances pour remplacer l'émail blanc. En cette occasion, M. de Montancy, que je me plairai toujours à citer comme étant un des chimistes qui ont rendu les plus grands services à cet art, avait bien senti l'importance qu'il y aurait de posséder un blanc non vitrifié pour l'usage des genres de peintures dont nous nous occupons. Il est parvenu, à force d'expériences et de travail, à créer ce qu'on désirait si ardemment. J'ai répété son procédé, et je l'ai exécuté de tant de manières différentes, que je pense l'avoir simplifié, ou du moins rendu beaucoup plus sûr. Le voici :

Il faut se procurer de l'étain le plus fin, tel que celui de *Banca* ou de *Malaca;* on le réduit en lames très minces à l'aide du marteau ou du laminoir; on coupe ces lames en petits morceaux qu'on introduit dans un matras contenant une certaine quantité d'acide nitrique étendu d'eau. Dès que l'étain tombe dans le matras, on voit se manifester une grande effervescence avec dégagement de calorique; au fur et à mesure que la dissolution s'opère, il se dépose dans le fond du matras un deutoxide d'étain d'une grande blancheur. On continue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'opération jusqu'à ce qu'on voie que la quantité d'oxide est assez forte; ensuite on verse de l'eau sur le précipité, on secoue fortement le matras, et l'on fait sortir ce qu'il contient par l'épanchement de l'eau dans un vase creux de porcelaine ou de verre; ensuite on lave ce dépôt à plusieurs reprises avec de l'eau bouillante, puis on le fait égoutter sur du papier blanc.

Lorsque ce précipité est bien sec, on le mélange avec à peu près son poids d'hydrochlorate de soude ou chlorure de sodium (sel marin) cristallisé et bien blanc; on pulvérise le tout en une poudre extrêmement fine, qu'on passe au tamis de soie afin que le mélange en soit intime; on le met dans un creuset neuf de Hesse, ou mieux encore de platine. On donne à ce composé un coup de feu durant trois heures, dont les deux premières se passent en feu doux pour permettre la parfaite calcination de la matière; ensuite on retire le creuset, on le laisse refroidir. Dès qu'on peut le manier, on le casse, et l'on fait en sorte de détacher fort proprement ce qu'il contient, c'est-à-dire de prendre toutes les précautions possibles pour que la plus petite parcelle de la terre du creuset ne se trouve point parmi la masse.

On pulvérise de nouveau cette masse, qui doit être alors d'un blanc étincellant, si toutefois l'opération a été bien conduite. On en dépose la poudre sur une glace, et on la broie à l'eau jusqu'à ce qu'elle soit comme une crème; on la met dans une grande jatte de porcelaine; on lave plusieurs fois à l'eau chaude, puis on filtre. Le blanc demeure sur le papier joseph; on le sèche à une douce chaleur. Il arrive quelquefois que la plus grande blancheur de cette substance ne se développe qu'après ces dernières manipulations.

On sent de quelle importance une semblable couleur peut être dans la peinture vitrifiable, et combien elle peut devenir utile surtout pour la peinture sur émail et sur la porcelaine. En effet, il y a peu de couleurs qui servent à peindre ces corps qui n'aient fréquemment besoin d'être modifiées dans leur intensité. Les teintes *franches* sont sans doute d'un grand éclat,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais les demi-teintes viennent les rehausser. Je sais, à cet égard, qu'une couleur appliquée légèrement et d'une manière très étendue pâlit et joue la demi-teinte ; mais alors elle perd considérablement de son brillant par le peu de fondant qui s'y trouve ; au lieu qu'étant allongée par une autre couleur qui amortit le trop de vivacité de la teinte, tout en lui apportant le caractère qui doit lui donner du prix, il est constant, dans ce cas, qu'il y a un avantage marquant. S'arrêter à des idées contraires à ce que l'on vient d'exposer, ce serait prétendre que le rouge peut devenir une couleur de chair, moyennant qu'on l'employât d'une légèreté telle, qu'elle semblerait à peine un souffle ; tandis que si l'expérience eût donné la preuve que la chose était possible, on l'eût certainement exécutée. Mais on voit dans la pratique que cela ne pouvait avoir lieu, puisque nous avons, comme on l'a vu plus haut, pour l'imitation des chairs, une couleur qui n'est rien autre chose que le rouge de fer dans lequel se trouve une quantité notable d'alumine, qui, par son blanc, a la propriété d'amortir l'intensité du rouge ; propriété que l'oxide blanc d'étain, dont nous venons de nous entretenir, possède au plus haut degré, non-seulement vis-à-vis du rouge, mais encore de toutes les couleurs qui composent la palette du peintre vitrificateur.

Du noir. Le noir, aux yeux des physiciens, n'est pas une couleur, c'est l'absence au contraire de toutes celles qui existent, c'est la privation de la lumière. Il semble, au premier coup d'œil, qu'une semblable couleur (il faut pourtant lui donner ce nom au figuré) soit facile à composer. Cependant, on éprouve assez de difficultés dans sa réussite, parce qu'on a deux écueils à surmonter : c'est celui de la sécheresse sous le pinceau et celui du peu d'intensité de la teinte. En effet, si le fondant domine trop, on tombe dans ces deux inconvéniens à la fois ; si l'on veut y remédier en diminuant cette matière, ou bien en augmentant la quantité d'oxide, ce qui revient au même, on obtient une couleur matte qui n'a nul éclat, et qui par conséquent ne peut convenir à notre objet. Il faut saisir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans tout cela un certain milieu qui puisse atteiudre le but, et c'est ce milieu qu'il est si difficile de trouver.

Trois oxides métalliques concourent à former le noir : ce sont l'oxide de manganèse, celui de cuivre, et celui de cobalt. Ces trois oxides contiennent ensemble les élémens des trois couleurs primitives, comme on le verra plus bas ; de sorte que l'on serait porté à croire qu'un mélange de bleu, de rouge et de jaune serait susceptible de former un très beau noir. Cependant, il n'en est rien à la rigueur ; car le noir tiré de ce mélange n'affecte pas positivement la teinte qu'on désire trouver dans cette couleur : cela vient peut-être de ce qu'on ne saisit pas précisément les quantités respectives, ou, plutôt encore, parce que les degrés d'une moindre ou d'une plus grande oxidation manquent presque toujours. Il faut nécessairement que cette circonstance influe pour beaucoup sur ce que nous avançons, puisque, comme je le disais tout à l'heure, les trois couleurs primitives se trouvent dans les trois oxides déjà nommés ; en voici la preuve.

Le bleu qui vient du cobalt est essentiellement une couleur primitive, c'est-à-dire qu'elle ne tire son origine d'aucune autre couleur, et que par conséquent elle est indécomposable, quant à nous (à part ce qui est relatif aux rayons lumineux et qui est du domaine de la Physique) ; mais elle peut fort bien servir, étant mélangée avec une autre couleur primitive, à former des teintes à l'infini, qui appartiendront toutes aux couleurs composées. Ainsi, par exemple, l'oxide de manganèse, dont la couleur propre bien développée est un violet plus ou moins intense, ce que nous font voir les vitrifications dans lesquelles cet oxide entre comme partie constituante, n'est composé lui-même que de bleu et de rouge, deux couleurs primitives. L'oxide de cuivre, qui donne toujours le vert quand il est seul dans les vitrifications et que le feu n'a pas été poussé trop fort, peut encore être considéré comme étant formé de bleu et de jaune. On voit donc par cet exposé que les couleurs primitives réunies composent le noir ; cependant, lorsqu'on veut allier directement ces trois couleurs, on n'ob-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tient plus les résultats demandés. Où se trouve la cause de cette particularité? Cette question n'étant pas à ma portée, je m'abstiens d'entrer dans son explication.

Ayant donné la manière de se procurer l'oxide de fer, de cuivre, de chrôme, etc., voici le moyen d'extraire aussi celui de manganèse.

On prend la pierre qu'on nomme dans le commerce *pierre de manganèse,* et qui se compose souvent de rognons noirs et ternes. Quelquefois cette couleur noire varie jusqu'au violet; mais on doit préférer la pierre de manganèse, qui est d'un grand noir, parce qu'elle est toujours plus pure et plus pesante, ce qui annonce une plus grande quantité d'oxide de manganèse. On pulvérise cette pierre, et l'on en fait calciner la poudre jusqu'à ce qu'elle ait acquis la propriété de teindre fortement en noir les doigts lorsqu'on la frotte: alors on peut croire que les molécules de l'oxide sont assez désagrégées pour produire les effets qu'on en attend; en conséquence, on retire du feu la poudre calcinée.

On peut remarquer en passant que cette poudre a considérablement diminué de poids, attendu que les corps volatils qui liaient entre elles les parties se sont dissipés pendant la calcination. Si toutefois la poudre de manganèse s'était agglutinée par le feu, on la pulvérise de nouveau, on la passe au tamis de soie, et on l'enferme dans des bocaux.

Le noir se compose de 1 partie d'oxide de manganèse, 1 partie d'oxide de cobalt, et 1 partie d'oxide de cuivre, mélangés ensemble.

Si toutefois le noir poussait un peu au vert, on diminuerait la quantité d'oxide de cuivre; s'il poussait au bleu, on en agirait de même envers l'oxide de cobalt.

Du chatiron. Le chatiron est tout simplement une couleur composée comme le noir: la différence qu'il y a, c'est que le fondant y est mis en plus petite dose, parce que, étant destiné à représenter les nœuds, les côtes et tout ce qui paraît un peu tranché sur les feuilles des arbres et des fleurs, si le fondant dominait trop, les traits se trouveraient confondus par la fu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion et ne feraient plus autant d'effet. Cette couleur n'est généralement employée que dessus ou dessous le vert. On la compose comme il suit : oxide de manganèse, 1 partie ; oxide de cobalt, 1 demi-partie ; oxide de cuivre, 1 partie.

Des bruns. Les couleurs brunes, dont le nombre s'élève à sept ou huit, et même davantage, ont toutes le fer pour principe colorant ; elle ne diffèrent que par une teinte plus ou moins foncée, de sorte que le dernier numéro représente un brun presque noir. On voit que s'il fallait que nous entrassions dans tous les détails des manipulations de chacune de ces teintes, cela nous conduirait extrêmement loin, et nous emporterait hors des limites que nous nous sommes prescrites en commençant cet article supplémentaire.

Voilà, à peu de chose près, ce qui nous restait à dire sur la formation de quelques couleurs dont nous n'avions pas parlé en premier lieu. Maintenant, avant de donner la description des fourneaux de vitrification, de recuisson et de plusieurs moufles groupés ensemble, propres à cuire les peintures sur porcelaine, nous allons faire connaître en partie le Mémoire de M. Brongniart, sur l'art de l'émailleur, inséré dans le T. IX des Annales de Chimie, page 192. Cette analyse pourra servir de complément à ce que nous avons dit sur cet art précieux dans notre article déjà précité.

Après avoir défini l'art de l'émailleur, M. Brongniart ajoute que, « malgré les recherches des chimistes sur la coloration des émaux, cette partie est encore la plus difficile de l'art de l'émailleur, par la difficulté de trouver des couleurs nouvelles, brillantes et agréables. Aussi l'émailleur qui est parvenu à découvrir quelques nouvelles couleurs par le mélange de différens oxides, qui connaît la manière de rendre son émail d'une dureté ou d'une fusibilité telle qu'elle doit être pour pouvoir se fondre sur le métal avant que celui-ci soit fondu ; qui sait donner à cet émail quelquefois la plus belle transparence et toujours la plus parfaite homogénéité, fait-il autant de secrets de ses manipulations, et souvent même des raisonnemens qui l'ont conduit à ces différens buts. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce savant continue, et dit : « Il y a deux classes d'émaux, les émaux opaques et les émaux transparens.

» Les émaux opaques sont formés en ajoutant de l'oxide d'étain aux émaux transparens, ou, ce qui revient au même, en colorant avec divers oxides l'émail blanc opaque, dont nous allons donner la recette.

» La matière commune à tous les émaux est un verre parfaitement transparent et d'une fusibilité facile. C'est cette matière que les émailleurs appellent *couverte ;* en introduisant divers oxides métalliques dans ce verre coloré diversement, on en forme les émaux qui suivent.

» L'oxide d'étain en quantité suffisante lui ôte entièrement sa transparence et lui donne un très beau blanc, surtout, dit M. Brongniart, lorsqu'on a eu soin, d'après Kunckel, d'y ajouter une petite quantité d'oxide de manganèse, qui, laissant dégager pendant sa fusion une partie de son oxigène, brûle les matières inflammables qui pourraient altérer la blancheur de cet émail.

» Si l'on a ajouté peu d'oxide d'étain au verre transparent, alors cette transparence n'est perdue qu'en partie, et l'on obtient un émail qui imite les reflets de l'opale.

» L'émail jaune est formé par de l'oxide de plomb et d'antimoine. L'argent donne aussi un beau jaune, selon Kunckel.

» L'émail rouge est produit par l'oxide d'or et par celui de fer ; mais celui tiré de l'or est beaucoup plus beau. D'ailleurs, il est assez fixe au feu, tandis que celui du fer est très sujet à changer.

» L'oxide de manganèse donne le violet.

» L'oxide de cuivre produit l'émail vert (1).

» L'émail bleu est coloré par le cobalt.

» Enfin, l'oxide de fer donne un très beau noir.

» Le mélange de ces différens émaux en diverses propor-

(1) L'oxide de chrôme produit le même effet : la couleur en est plus fixe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions produira une énorme quantité de couleurs intermédiaires.

» Tantôt pour faire ces couleurs, on mêle un émail à un autre, tantôt ce sont les oxides qui sont mélangés avant d'entrer dans le verre. »

Après ces connaissances préliminaires acquises, M. Brongniart passe à l'application des émaux sur les métaux qu'on a le plus communément l'habitude d'émailler. Ces métaux sont l'or, l'argent et le cuivre.

Quant à l'or, ce savant dit que « celui qui serait à 24 karats produirait à l'émail, de quelque teinte qu'il pût être, un coup d'œil plus agréable, un effet plus beau qu'à celui appliqué sur un or d'un moindre titre : 1°. parce que, ne contenant aucun métal étranger, il conserverait entièrement son brillant au feu ; 2°. étant moins fusible que l'or allié, on pourrait avec lui employer un émail plus difficile à fondre, et par conséquent plus dur et plus brillant. » Il ajoute pourtant que, « quoique les bijoux ne soient jamais faits d'or pur, ils sont cependant susceptibles d'être émaillés, pourvu qu'ils ne soient pas trop alliés et qu'ils n'aient pas moins de 18 karats, afin que l'émail pût encore être dur et beau. Il observe qu'on pourrait à la rigueur émailler de l'or qui serait à un titre beaucoup plus bas; mais le verre, qui fait la base de l'émail, devant contenir alors plus d'alcali pour devenir plus fusible, il perdrait de son brillant et de sa dureté. »

Laissant ensuite toutes ces exceptions, M. Brongniart suppose le cas le plus simple de l'art de l'émailleur ; il prend pour point de départ de l'or à 22 karats à émailler en bleu transparent.

« L'artiste, dit-il, commence par concasser son émail dans un mortier d'acier, et finit par le broyer dans un mortier d'agathe ; il a soin d'y ajouter de l'eau, qui empêche les éclats de sauter hors du mortier. Le point où il faut s'arrêter dans la trituration ne peut pas s'indiquer, l'expérience l'apprend. Certains émaux demandent à être réduits en molécules très fines, tandis que d'autres peuvent rester en une poudre gros-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sière. Lorsqu'il croit son émail suffisamment broyé, il le lave, c'est-à-dire que, l'agitant dans l'eau fort claire, il jette la portion trouble qui surnage l'émail précipité au fond du vase; il continue cette opération, dont le but est d'enlever toutes les poussières ou malpropretés qui pourraient se trouver dans l'émail, jusqu'à ce que l'eau agitée se clarifie aussitôt qu'elle est en repos.

» L'émail bien lavé, l'artiste le met dans un godet de faïence ou de porcelaine blanche, avec une ligne d'eau très claire au-dessus. Il prend ensuite cet émail avec une spatule de fer, il l'étend sur l'or le plus également possible. Comme c'est d'un émail transparent dont nous parlons ici, on guilloche ordinairement l'or sur lequel on doit le poser, afin de donner plus de reflets brillans à l'émail.

» L'épaisseur que doit avoir cette première couche dépend absolument de la couleur. Les couleurs tendres demandent en général que cette couche soit peu épaisse.

» L'émail ainsi posé est mouillé; on le sèche en appliquant dessus un linge très propre et qui commence à être vieux. Il faut poser le linge très perpendiculairement et l'enlever de même.

» Ces opérations faites, on prépare l'objet à aller au feu: s'il est émaillé des deux côtés, on le place sur une tôle creuse, en sorte qu'il n'y ait que les bords, non couverts d'émail, qui touchent la tôle. S'il n'est émaillé que sur un sens, on le met simplement sur la tôle ou sur une plaque de terre. Seulement il faut faire attention à deux choses: 1°. si l'objet est peu considérable et qu'il ne soit pas susceptible d'être contre-émaillé, on a soin que la tôle soit parfaitement plate, afin que s'étant ramolli par la chaleur, il ne puisse pas se fausser; 2°. si au contraire l'objet est considérable, on le contre-émaille, s'il est possible, c'est-à-dire qu'on applique sur son autre surface un émail quelconque qui puisse contre-balancer l'effet que le premier produit en se refroidissant sur le métal encore mou. L'objet disposé de l'une de ces manières, on le porte dans le fourneau de vitrification, comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour la cuisson des couleurs sur le verre; fourneau dont on verra la description ci-après.

» Lorsque le feu est allumé, continue M Brongniart, et qu'à la rougeur du fourneau on reconnaît que la chaleur est au degré nécessaire, on dispose, vers le fond de ce fourneau, les charbons de manière qu'ils ne puissent pas tomber sur l'objet à émailler, qu'alors on y porte avec le plus grand soin. Il est sur sa plaque de tôle ou de terre que l'artiste prend avec de longues pincettes très élastiques qu'il appelle *relève-moustaches*. Il place cet objet le plus près possible du fond du fourneau, et aussitôt qu'il aperçoit sur l'émail un commencement de fusion, il le retourne avec beaucoup de délicatesse et d'agilité, afin que la fusion soit très uniforme. Quand, à l'aspect brillant de la pièce, il reconnaît que la fusion est complète, il la retire promptement du feu. C'est le moment le plus dangereux : il n'y a qu'un pas de la fusion de l'émail à celle de l'or ou de l'argent, et un oubli de quelques secondes peut quelquefois occasioner une perte considérable.

» La pièce refroidie, si elle a besoin d'une seconde couche d'émail, on la lui donne en appliquant l'émail de la même manière que la première fois, et le faisant passer au feu avec les mêmes précautions. »

M. Brongniart passe ensuite aux manipulations qui ont pour objet les diverses manières d'user les inégalités que l'émail occasione dans plusieurs endroits de la pièce émaillée. Cela se fait, dit-il, avec une lime d'Angleterre, à grains fins, et de l'eau. Lorsque la lime commence à s'user, on y ajoute du sablon. On doit encore employer ici beaucoup de précautions et d'adresse, afin, d'une part, de ne point faire éclater l'émail, et de l'autre, de ne pas produire des endroits qui, plus minces ou plus épais, ôteraient à l'émail la teinte uniforme qu'il doit avoir.

« Le polissage des parties de l'émail usé se fait avec une poudre qu'on nomme *terre pourrie*, qui est une argile ferrugineuse très fine et peu consistante, que l'on trouve com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

munément chez les épiciers ; mais on ne l'emploie pas telle qu'on la vend dans le commerce ; il faut auparavant la laver, afin d'en ôter les parties siliceuses qu'elle contient. En conséquence, on la délaie dans environ trente fois son poids d'eau, et tandis qu'elle est encore trouble, on la décante dans un vase préparé pour cela. De cette manière, on est certain que les parties les plus grossières et les plus pesantes se sont déposées au fond du vase.

» Il faut beaucoup d'habitude et de pratique pour polir l'émail, sans le faire éclater et sans qu'il paraisse rayé dans nul endroit. On y parvient en prenant une petite barre d'étain au bout de laquelle on fixe un peu de terre pourrie, bien fine et bien décantée, puis avec adresse et d'une manière délicate, on frotte la pièce légèrement en appuyant uniformément partout, sans enlever plus de matière d'un côté que de l'autre. Après que l'objet est usé, on lui donne la dernière opération en substituant un morceau de bois de tilleul à la barre d'étain, et en y mettant toujours de la terre pourrie ; cela donne à l'émail du lustre et un grand brillant, choses importantes ici.

» Après la manière d'émailler dans un des cas les plus simples, M. Brongniart entre ensuite dans quelques détails, toujours sur l'émaillage de l'or.

» L'émail bleu transparent, dit-il, a été pris pour modèle de la méthode générale de poser les émaux ; il en est à peu près de même des autres ; seulement quelques couleurs demandent plus de précautions pour le feu. Les couleurs opaques sont celles qui en exigent le moins.

» Il y a tant de variétés, continue M. Brongniart, dans l'emploi des couleurs transparentes, qu'il serait impossible de les indiquer toutes ; on ne va donc parler que des principales.

» Il faut, pour chaque couleur transparente, presque autant d'or différent, c'est-à-dire d'un alliage en proportion différente ; ainsi le bleu réussira bien sur un certain or, tandis que le jaune, le rouge, le vert, etc., demanderont au-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tant de diverses couleurs, dans l'or qui doit leur servir de fond.

» Au changement de couleur opéré par les alliages, dans les émaux, se joint quelquefois celui opéré par le feu. Ces changemens sont on ne peut plus singuliers, surtout dans les couleurs transparentes.

» Les couleurs opaques sont moins susceptibles de changemens; cependant quelques-unes perdent, par un coup de feu plus ou moins violent, leurs couleurs primitives. La couleur opaque, appelée *turquoise*, est sujette à devenir, tantôt noire, tantôt bleue, en raison du feu qu'elle supporte. En général le feu est l'écueil des émaux.

» Quant à la pose de l'émail sur l'argent, M. Brongniart dit que cette pose est absolument la même que pour l'or; il n'y a de différence que dans le choix des émaux et dans le feu qu'on doit leur donner; mais il fait observer que cette différence est si grande, que les émaux destinés à être placés sur l'argent doivent être faits exprès pour ce métal. Les changemens que l'action du feu fait éprouver aux émaux sur l'or ne sont rien en comparaison de ceux que l'on peut remarquer sur l'argent.

» Pour se le prouver, l'auteur a pris une lame d'or à 22 karats, et une lame d'argent extrêmement pur, puisque sa couleur n'était nullement altérée par l'action très vive du feu. Il a divisé ces deux lames métalliques en huit bandes transversales, sur lesquelles il distribua les principales couleurs opaques et transparentes. Il a remarqué les effets suivans sur ces couleurs, qui, toutes, supportèrent trois feux.

» Le blanc opaque vint très bien sur l'or et ne s'altéra nullement. Sur l'argent, il prit, au premier feu, une teinte olive demi-transparente sur les bords. Au dernier feu, qui fut très violent, il devint presque transparent; on voyait le guilloché à travers.

» Le jaune transparent ne changea presque point sur l'or; mais il eût produit un plus bel effet, si ce métal eût été allié dans d'autres proportions. Sur l'argent, il éprouva des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

changemens si singuliers, qu'il devint méconnaissable. Il acquit, aux premiers feux, une couleur orangée opaline; le dernier feu lui donna une couleur verte-olive opaque.

» Le jaune opaque vint très bien sur l'or : il éprouva aussi peu de changement sur l'argent; il acquit seulement un peu plus d'intensité.

» Le rouge transparent vint assez bien sur l'or; mais la couleur qu'avait ce métal ne lui convenant pas, il était un peu pâle. Il acquit sur l'argent une couleur brune et une demi-transparence opaline.

» Le vert transparent est une des couleurs les plus délicates; il eût encore demandé un or différemment allié pour bien réussir. Cependant sa couleur ne se décomposa point sur ce métal, seulement elle était peu brillante. Sur l'argent, elle vint d'abord fort mal; ses bords étaient d'un jaune foncé opaque; mais le dernier coup de feu très violent l'éclaircit un peu. Ce fut cependant ce même coup de feu qui obscurcit presque toutes les autres couleurs de l'argent.

» Le violet transparent, continue M. Brongniart, éprouve sur l'or et sur l'argent des altérations tout-à-fait singulières, quoique le même émail; la couleur qu'il prit sur ces deux métaux fut entièrement différente. Sur l'or, il devint, aux premiers feux, d'un rouge orangé transparent; au dernier, il acquit une couleur lilas opaque. Sur l'argent, il prit d'abord la couleur lilas opaque, ensuite il devint d'un brun sale opaque.

» Le bleu est, de toutes les couleurs, celle qui est la plus belle et qui réussit le plus constamment; aussi sur l'or vient-il fort bien; mais l'argent est tellement inconstant pour les émaux, qu'il acquit, par les premiers feux, une couleur noirâtre. Le dernier et violent coup de feu lui rendit sa belle couleur.

» Enfin le noir même, de toutes les couleurs la plus facile à employer, prit d'abord, sur l'argent, une teinte purpurine; il n'y eut que le dernier feu qui lui rendit sa couleur. Il faut remarquer que ce dernier coup de feu, qui opéra

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tant de changemens dans les émaux, fut assez vif pour faire fondre en partie l'argent.

» De là, M. Brongniart passe à l'émaillage du cuivre; il dit que ce métal est peu émaillé, par la difficulté que l'on éprouve à y mettre de belles couleurs. Les couleurs transparentes deviennent presque noires. Les couleurs opaques sont les seules qui puissent y être avantageusement appliquées. Il fait observer que leurs bords prennent presque toujours une couleur verdâtre. Lorsque la couche d'émail est trop mince, ou que le feu a été trop violent, ces émaux deviennent ordinairement noirs.

» On émaille cependant le cuivre en bleu transparent; mais pour faire conserver à l'émail sa couleur, on met dessous une couche d'émail blanc opaque : de cette manière, le bleu est éloigné du cuivre.

» Pour ce qui est de la théorie de l'art de l'émailleur, le savant auteur de ce mémoire dit qu'elle est très facile à saisir dans certains cas, et que dans d'autres au contraire elle offre d'assez grandes difficultés. Il annonce que, pour qu'un métal puisse bien s'émailler, il est nécessaire qu'il remplisse deux conditions. D'abord, il faut absolument qu'il soit moins fusible que l'émail, de quoi il résulte que le plomb, l'étain et le bismuth sont exclus, comme métaux impropres par leur grande fusibilité à souffrir l'opération de l'émaillage. Ensuite, il faut encore que le métal qu'on veut émailler ne soit pas trop oxidable par le feu, parce que cet oxide, se dissolvant dans l'émail, changerait la couleur de cette substance.

» La théorie du changement de couleur des émaux est plus difficile. On conçoit bien que sur l'argent l'émail prenne une couleur olive opaque, que l'on peut attribuer à l'oxide d'argent qui se dissout dans cette substance ; on conçoit bien encore comment le feu plus violent, en augmentant la force de dissolution, changeant les affinités ou même les doses des combinaisons, peut faire changer plusieurs fois le même émail de couleur : mais ce qui se conçoit difficilement, c'est comment

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'argent pur peut s'oxider par une simple chaleur, qui n'est pas même susceptible de le faire fondre, et, qui plus est, lorsqu'il se trouve recouvert d'une couche de verre qui l'abrite du contact de l'air. On ne peut pas dire qu'il enlève de l'oxigène aux oxides métalliques des émaux, l'argent étant un des métaux qui a le moins d'affinité avec ce corps. Enfin, il n'est guère plus facile d'expliquer pourquoi un émail transparent devient opaque par un coup de feu violent, qui lui-même rend transparent un émail opaque. C'est cependant ce qui m'est arrivé, dit M. Brongniart, ainsi que l'on doit s'en rappeler, lorsque je plaçai différens émaux sur l'or et sur l'argent. »

Description du fourneau de calcination pour les fondans.

Ce fourneau (fig. 1, Pl. 56, *Arts chimiques*) n'est composé que de deux pièces : la première A, est une petite tour creuse, cylindrique, dont le diamètre intérieur peut avoir 24 à 25 centimètres d'étendue ; sa hauteur est de 35 centimètres ; l'épaisseur de ses parois est ordinairement 40 à 50 millimètres. Cette première pièce du fourneau, que j'appelle le *corps*, est percée de deux trous sur une partie de sa circonférence ; ces deux trous, n° 1 et 2, sont destinés, celui du bas, à l'introduction de l'air atmosphérique qui sert à alimenter la combustion dans le fourneau ; l'autre est l'endroit par où l'on introduit le combustible, qui est toujours du charbon de bois assez menu. Ces deux trous sont munis de bouchons ou petites portes.

Entre le vide qui sert à l'introduction de l'air et celui par où l'on met le combustible, se trouve une grille qui est ordinairement en terre, soudée dans toutes les parties de la circonférence intérieure du corps du fourneau. Cette grille est parsemée de dix à quinze petits trous, du diamètre de 20 millimètres. C'est sur cette grille que repose le charbon. Le creuset ou le têt dans lequel on fait oxider le métal, ou vitrifier les fondans, se place au centre de la grille, surmontée d'un *fromage*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La seconde pièce B du fourneau de calcination est une espèce de chapiteau, ou plutôt un dôme qui a le même diamètre du corps du fourneau ; il s'emboîte dans une *bottée* en saillie qui se trouve à la partie supérieure de ce dernier. Le dôme, dès sa naissance, fait voir aussi un trou n° 3, qui se bouche avec une petite porte; il sert également à l'introduction du combustible, lorsque ce dernier surpasse en hauteur la porte n° 2. Le dôme est surmonté d'un tuyau plus ou moins étendu, selon qu'on désire avoir plus ou moins d'ardeur dans le tirage du feu : plus il sera long, plus le feu marchera avec vigueur.

Description du fourneau de vitrification pour le verre.

Le fourneau de vitrification des couleurs sur les pièces de verre se compose d'une plaque de terre réfractaire ayant 50 à 55 centimètres de longueur, sur 45 centimètres de largeur et 60 millimètres d'épaisseur. (*V.* fig. 2, Pl. 56.) Cette plaque C, qui forme le fond du fourneau, est supportée par trois ou quatre gros barreaux de fer, lesquels, à leur tour, sont appuyés sur les murs DD, qui forment un foyer présentant une petite porte E en devant, par où l'on met le combustible. Les côtés, le derrière et le dessus F du fourneau sont aussi composés de plaques de terre jointes et soudées ensemble au moment où cette terre était encore humide. La partie F de ce four doit être un peu surbaissée et former un cintre dont le milieu n'a pas plus de 12 centimètres d'élévation, à partir du sol C qui constitue le fond du fourneau, sur lequel reposent les vitraux quand on les soumet à la cuisson.

Cet assemblage de plusieurs plaques de terre posées sur les barreaux, comme on vient de le dire, est ensuite entouré d'une maçonnerie en briques GGGG, de manière à laisser tout à l'entour un vide de 40 à 50 millimètres, pour que la flamme qui vient du foyer E puisse circuler à son aise et rougir les parois du fond C, des côtés, du derrière et du dessus F : car le devant de ce fourneau est ouvert en grande

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie, pour qu'on puisse y introduire et en retirer les pièces à volonté.

En bas et en dessous du foyer, se trouve une ouverture H, par où l'air s'introduit dans le foyer. La grille sur laquelle repose le bois, et qui est souvent en briques, doit se trouver entre le trou H et le trou E.

La plaque I forme le devant du fourneau ; ce devant est mobile, c'est-à-dire qu'on peut l'ôter à volonté. Dans le milieu et vers le bas, se trouve une ouverture J, par où l'on fait passer les petits morceaux de verre peints. La partie inférieure de cette plaque est un peu relevée, de manière qu'il se trouve un jour de 2 à 3 centimètres. Ce jour est destiné à laisser passer dans le fourneau les pièces de verre qui ne pourraient entrer par la porte J.

La maçonnerie en briques GGGG, qui ferme le fourneau à la partie supérieure, est surmontée d'une petite cheminée K : elle est en tôle épaisse ou en terre.

Ce fourneau doit être bâti sous une cheminée à manteau.

Description du fourneau de recuisson pour le verre.

Ce fourneau (fig. 3, Pl. 56) est très simple ; il consiste en une tour ronde ou carrée L (c'est cette dernière figure qui est ici représentée), faite aussi avec des plaques de terre, mais beaucoup plus minces que celles qui constituent le fourneau de vitrification ; sa circonférence MMMM est également composée d'un mur de briques, en laissant un vide NNNN de 5o millimètres, qui ne sert pas ici à la circulation de la flamme, mais à contenir du charbon de bois, lequel fait rougir les parois de la tour carrée, et qui donne à l'intérieur L une température propre à la recuisson du verre peint. Le dessus O du fourneau de recuisson est en tôle épaisse ; il est mobile et se lève toutes les fois qu'on veut y introduire une pièce de verre. Le bas du mur, en briques M, est percé à jour QQ, pour l'introduction de l'air.

La petite *palette* P (fig. 4) est destinée à introduire les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

morceaux de verre dans le fourneau de vitrification; elle sert aussi à les en retirer et à les mettre dans le fourneau de recuisson. Cette palette est en tôle assez mince; cependant le bout du manche est en bois, pour la facilité du maniement.

La fig. 5 représente plusieurs moufles propres à cuire les couleurs et l'or appliqués sur la porcelaine, dont il est question T. XV, page 503.

La fig. 6 fait voir la *tournette*, au moyen de laquelle on exécute les filets en or sur les vases.

F. BASTENAIRE-DAUDENART.

FIN DU SEIZIÈME VOLUME.

Errata de ce volume.

Page	ligne	
274,	5,	après les mots la fig., *ajoutez* 2 *bis*, Pl. 55 des *Arts chimiques*
276,	12	(en remontant), *au lieu de* vapeur, *lisez* chaleur
277,	12,	*effacez*;
Ibid.,	13,	*après* en fonte D, *lisez* sont, *au lieu de*,

Errata du T. XIV.

15,	9,	*au lieu de* fig. 3,	*lisez* fig. 4
177,	9,	..... fig. 9,	.... fig. 9 (*bis*)
Ibid.,	23,	..... debout,	... de bout

Errata du T. XV.

302,	35,	*au lieu de* Pl. 42,	*lisez* Pl. 44
306,	18,	..... Pl. 42,	.... Pl. 44
307,	22,	..... fig. 5,	.... fig. 7
311,	19,	..... tendre,	.... tendu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires