

*E.S. AUSCHER ET CH. QUILLARD*

---

*TECHNOLOGIE*  
*DE LA*  
*CÉRAMIQUE*



*Encyclopédie Industrielle*

---

*J.B. BAILLIÈRE & FILS*

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

# Encyclopédie Industrielle

à 5 francs le volume cartonné

Collection de volumes in-16 de 400 pages environ, avec figures

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>Auscher (E.-S.)</b>. La céramique.<br/>— Grès, faïences, porcelaines.</p> <p><b>Bailly (A.)</b>. L'industrie du blanchissage.</p> <p><b>Barni (E.) et Montpellier</b>. Le monteur électricien.</p> <p><b>Bouant (E.)</b>. La galvanoplastie.<br/>— Le tabac.</p> <p><b>Boutroux (L.)</b>. Le pain et la panification.</p> <p><b>Busquet (R.)</b>. Traité d'électricité industrielle.</p> <p><b>Charabot (E.)</b>. Les parfums artificiels.</p> <p><b>Coffignal (L.)</b>. Verres et émaux.</p> <p><b>Convert (F.)</b>. L'industrie agricole.</p> <p><b>Coreil (F.)</b>. L'eau potable.</p> <p><b>Gain (E.)</b>. Précis de chimie agricole.</p> <p><b>Girard</b>. Cours de marchandises.</p> <p><b>Guichard (P.)</b>. Chimie du distillateur.<br/>— Précis de chimie industrielle.<br/>— L'industrie de la distillation.<br/>— L'eau dans l'industrie.<br/>— Microbiologie du distillateur.</p> <p><b>Guinochet (E.)</b>. Les eaux d'alimentation.</p> | <p><b>Haller</b>. L'industrie chimique.</p> <p><b>Halphen (G.)</b>. Couleurs et vernis.<br/>— L'industrie de la soude.</p> <p><b>Horsin-Déon (P.)</b>. Le sucre et l'industrie sucrière.</p> <p><b>Joulin (G.)</b>. L'industrie et le commerce des tissus.</p> <p><b>Knab</b>. Les minéraux utiles.</p> <p><b>Launay (L. de)</b>. L'argent.</p> <p><b>Lefèvre (J.)</b>. L'acétylène.<br/>— Savons et bougies.</p> <p><b>Lejeal (A.)</b>. L'aluminium.</p> <p><b>Leroux (G.) et Revel</b>. La traction mécanique.</p> <p><b>Pêcheux (H.)</b>. Précis de physique industrielle.</p> <p><b>Petit (P.)</b>. La bière et l'industrie de la brasserie.</p> <p><b>Riche (A.)</b>. Le pétrole.</p> <p><b>Trillat (A.)</b>. L'industrie chimique en Allemagne.<br/>— Les produits chimiques employés en médecine.</p> <p><b>Vivier (A.)</b>. Analyse et essais des matières agricoles.</p> <p><b>Voinesson de Lavelines (H.)</b>. Cuir et peaux.</p> <p><b>Weil (L.)</b>. L'or.</p> <p><b>Weiss (P.)</b>. Le cuivre.</p> |
|--|---|

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

---

TECHNOLOGIE

DE LA

CÉRAMIQUE

AUSCHER. Technologie de la Céramique.

1

DU MÊME AUTEUR

- Les Industries céramiques** : Terres cuites, tuiles, briques, faïences, grès et porcelaines, par E.-S. AUSCHER et Ch. QUILLARD. 1904, 1 vol. in-18 jésus, 400 pages avec figures, cartonné (*Enc. ind.*) . . . 5 fr.
- L'Art de découvrir les sources et de les capter**, par E.-S. AUSCHER. 1899, 1 vol. in-18 jésus, 300 pages avec 79 figures, cart. (*Bibl. des connaiss. utiles*) . . . . . 4 fr.
- Origine géologique des Eaux minérales du bassin de Vichy.** 1 vol. in-8 avec 7 pl. . . . . 2 fr. 50

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

- BARNI et MONTPELLIER. **Le Monteur électricien.** 1900, 1 vol. in-18 jésus de 438 pages, 240 figures, cartonné (*E. I.*) . . . 5 fr.
- BOUANT (E.). **Nouveau Dictionnaire de Chimie.** 1 vol. gr. in-8 de 1120 pages, avec 650 figures . . . . . 25 fr.
- BRONGNIART (Alex.). **Mémoires sur les Kaolins ou Argiles à porcelaine.** 2 parties in-4, 100 p. avec 6 pl. color. . . 10 fr.
- BUSQUET. **Traité d'Électricité industrielle.** 1900, 2 vol. in-18 jésus, ensemble 1050 pages, avec 561 figures, cartonné. . . 12 fr.
- COFFIGNAL. **Verres et Émaux.** 1900, 1 vol. in-18 jésus de 400 p. avec 129 figures, cartonné (*Enc. industr.*) . . . . . 5 fr.
- GRAFFIGNY (H. de). **Les Industries d'Amateurs.** Le papier et la toile, la terre, la cire, le verre et la porcelaine, le bois, les métaux. 1 vol. in-18 jésus de 365 pages, avec 395 fig., cart. . . 4 fr.
- GUICHARD (P.). **Précis de Chimie industrielle.** 1 vol. in-18 jésus, 432 pages, avec 68 figures, cartonné. (*Encycl. industrielle*) . . 5 fr.
- HALLER (Albin). **L'Industrie chimique.** 1893, 1 volume in-18 jésus de 348 pages, avec figures, cartonné (*Enc. ind.*) . . . 5 fr.
- HÉRAUD. **Les Secrets de la Science et de l'Industrie.** Recettes, formules et procédés d'une utilité générale et d'une application journalière. 1 vol. in-18 jésus, 366 p., avec 163 fig. cart. . . 4 fr.
- LAUTH (Ch.). **La Manufacture nationale de Sèvres.** 1 volume in-8, 453 pages . . . . . 8 fr.
- LEFÈVRE (J.). **Dictionnaire de l'Industrie.** 1899, 1 vol. gr. in-8 de 924 pages à 2 colonnes, avec 817 figures . . . . . 25 fr.
- **Le Chauffage et les applications de la chaleur dans l'industrie.** 1893, 1 vol. in-18 jés. de 335 p. avec 188 fig. . . 4 fr.
- PÈCHEUX. **Précis de Physique industrielle.** 1899, 1 volume in-16 de 576 pages, avec 464 figures, cartonné. . . . . 6 fr.
- WITZ (A.) **La Machine à Vapeur.** 1894, 1 vol. in-18 jésus, 324 p., avec 80 figures, cartonné (*Bibl. des connaiss. utiles*). . . 4 fr.

E.-S. AUSCHER  
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES  
et  
CH. QUILLARD  
INGÉNIEUR CHIMISTE

---

TECHNOLOGIE  
DE LA  
CÉRAMIQUE

Avec 93 Figures intercalées dans le texte

CLASSIFICATION DES POTERIES  
ARGILES, FELDSPATHS, KAOLINS, QUARTZ, CRAIE  
PATES ET COUVERTES  
OUTILLAGE CÉRAMIQUE. SÉCHAGE ET CUISSON  
FOURS D'ESSAIS  
DÉCORATION DES POTERIES  
COLORANTS CÉRAMIQUES

PARIS  
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS  
19, rue Hautefeuille, près du Boulevard Saint-Germain (VI<sup>e</sup>).

—  
1901

Tous droits réservés.



## PRÉFACE

---

Nous avons réuni dans ce volume les notions de *technologie céramique* qu'il est indispensable de connaître avant d'aborder la fabrication d'un produit déterminé, *porcelaine, grès, faïence, terre cuite*.

Nous avons cherché à présenter au lecteur un résumé des connaissances actuelles acquises à l'industrie céramique, en évitant soigneusement de donner à ce résumé un caractère trop scientifique, trop aride.

Depuis vingt ans en effet, les recherches savantes d'un grand nombre de physiciens et de chimistes, Lauth, Seger, Le Châtelier, Damour, Coupeau, etc. ont montré les rapports étroits qui doivent exister entre les pâtes et les couvertes, de même qu'entre les couleurs et les couvertes.

Ces travaux, par leurs conclusions pratiques, ont permis à des artisans et à des artistes de s'adonner plus librement à l'art de terre, et il en est résulté un mouvement artistique d'une intensité considérable.

L'Exposition Universelle de 1900 a été en quelque sorte l'apothéose de la céramique et il nous a été donné de comparer

les efforts réalisés dans tous les pays d'Europe et d'Amérique pour rivaliser avec les maîtres incontestés de l'art de terre, les Japonais.

Le présent volume est entièrement consacré à la *technologie générale de la céramique*.

C'est dans un autre volume de cette *Encyclopédie industrielle* que seront détaillées l'histoire et la technologie spéciale des diverses *industries céramiques* : *terres cuites, tuiles, briques, faïences, grès et porcelaines*.

Versailles, décembre 1900.

---

# CÉRAMIQUE GÉNÉRALE

---

## CHAPITRE PREMIER

### CLASSIFICATION DES POTERIES

Les matières dérivées de la terre et cuites ensuite, qui constituent les poteries, sont en nombre considérable.

Nous nous servons des noms de *porcelaine*, de *faïence*, de *grès*, de *majolique* ; mais il y a une très grande variété de sortes de porcelaines, dures ou tendres ; dans les porcelaines dures, nous en trouvons de nature et de composition extrêmement différentes.

En ce qui concerne les faïences, il en est de même ; voici une faïence de Rouen du xvii<sup>e</sup> siècle, et voici une faïence de Deck du xix<sup>e</sup> siècle ; quelle différence dans l'aspect, dans les procédés, dans les coloris ! Pour les grès, les uns sont mats, d'autres recouverts de vernis minces, d'autres de vernis épais.

Pour pouvoir se reconnaître au milieu de toutes ces poteries quel qu'en soit l'emploi, il est utile de procéder à une classification.

Rappelons que, dès 1844, Brongniart (1), en regardant comme essentiels les caractères de la pâte et comme secon-

(1) Brongniart, *Traité des arts céramiques*.

daires ceux tirés de la glaçure, a divisé les poteries en trois classes et neuf ordres que nous avons résumés dans le tableau suivant.

### PREMIÈRE CLASSE

---

PÂTE RAYABLE PAR LE FER, ARGILO-SABLEUSE, CALCARIFÈRE,  
FUSIBLE AU FEU DE PORCELAINE

*Premier ordre. — Terres cuites.*

Pâte argilo-sableuse à surface mate sans glaçure.  
(Exemple : briques).

*2<sup>e</sup> ordre. — Poteries lustrées.*

Avec glaçure silico-alkaline mince.  
(Exemple : vases étrusques).

*3<sup>e</sup> ordre. — Poteries vernissées.*

Avec glaçure plombifère.  
(Exemple : poterie de Dieulefit.)

*4<sup>e</sup> ordre. — Poteries émaillées.*

Avec glaçure stannifère.  
(Exemple : faïence de Nevers.)

### 2<sup>e</sup> CLASSE

---

PÂTE DURE, NON RAYABLE PAR L'ACIER, OPAQUE, ARGILO-SABLEUSE  
INFUSIBLE AU FEU DE PORCELAINE

*5<sup>e</sup> ordre. — Faïences fines.*

Pâte incolore et vernis transparent.  
(Exemple : faïence fine de Sarreguemines.)

*6<sup>e</sup> ordre. — Grès-cérames.*

Pâte colorée avec ou sans glaçure vitreuse.  
(Exemple : tuyau de grès.)

3<sup>e</sup> CLASSE

PÂTE DURE, TRANSLUCIDE, ARGILO-SABLEUSE, ALCALINE, FUSIBLE,  
OU PLUTÔT RAMOLLISSABLE AU FEU DE PORCELAINÉ

7<sup>e</sup> ordre. — *Porcelaines dures.*

Pâte translucide, couverte transparente (toutes deux feldspathiques).

(Exemple : porcelaine de Limoges.)

8<sup>e</sup> ordre. — *Porcelaine tendre naturelle anglaise.*

Pâte de kaolin, d'argile, de phosphate de chaux, couverte vitreuse.

(Exemple : porcelaine tendre de Sarreguemines.)

9<sup>e</sup> ordre. — *Porcelaine tendre artificielle française.*

Pâte à base de fritte recouverte d'un vernis plombé.

(Exemple : pâte tendre de Sèvres.)

Mais cette classification, quoique scientifique, ne pouvait suffire à grouper tous les genres de poteries ; aussi, en 1856, Salvétat (1) établit-il une nouvelle classification dans laquelle il réservait la place de certaines espèces qui n'étaient pas encore fabriquées à cette époque. Il divisa les poteries en deux grandes classes comprenant, l'une les *poteries simples* ou *mates*, la seconde les *poteries recouvertes de glacures*, et, considérant ensuite comme dominants les caractères tirés de la nature de la pâte, de sa transparence, de son opacité, il divisa chacune de ces classes en deux ordres, savoir : les *poteries à pâte opaque* et les *poteries à pâte translucide*.

Salvétat faisait à juste raison observer que les poteries à pâte translucide présentaient une dureté considérable, une blancheur complète, que leur translucidité résultait d'un commencement de vitrification, mais que la présence

(1) Salvétat, *Leçons de céramique*, t. II.

AUSCHER. Technologie de la Céramique.

d'un ou de plusieurs oxydes métalliques, sans altérer les caractères de la poterie, modifiaient profondément sa transparence, que toutefois ces matières se différencient des poteries opaques, dont la pâte est rayable par l'acier, par leur texture même ; il montrait aussi que la même matière cuite à des feux différents présentait des caractères très divers, et que souvent il était impossible, avec la classification de Brongniart, d'arriver à grouper logiquement une poterie.

La classification de Salvétat comprend, dans sa première classe, les *poteries simples*, divisées en *poteries opaques* et *poteries translucides* ; les poteries opaques comprenant trois sous-divisions : pâtes tendre, demi-dure et dure.

La deuxième classe comprend les *poteries composées*, c'est-à-dire celles qui ont reçu des glaçures ; à chaque genre correspondront cinq espèces, suivant que le corps de la pâte est recouvert d'une glaçure silico-alcaline, d'un vernis plumbeux, d'un émail stannifère, d'une glaçure boracique ou d'une glaçure alcalino-terreuse.

Cette deuxième classe comprend deux ordres :

1<sup>er</sup> ordre. *Pâtes opaques* ; divisées en pâte opaque tendre, pâte demi-dure et pâte dure.

2<sup>e</sup> ordre. *Pâtes translucides*.

Cette classification trop compliquée et subdivisant à l'infini la nature de chaque poterie suivant la composition du vernis de l'émail n'est plus conforme à l'état des progrès de l'industrie céramique.

La connaissance des propriétés physiques et chimiques des divers éléments constitutifs des couvertes au point de vue de leur action sur la *fusibilité des mélanges*, oblige souvent à introduire des éléments plumbeux, boraciques et alcalino-terreux dans le même émail.

Nous avons donc préféré adopter un ordre moins scientifique et moins absolu peut-être, mais qui permettra de

se reconnaître plus facilement au milieu des variétés innombrables de poteries.

On sait qu'une poterie, cuite à divers feux, présente des états et des aspects différents, et est susceptible de recevoir à ces divers feux des vernis différents; que d'une autre part une poterie peut avoir des usages industriels, qu'elle soit ou non émaillée, comme c'est le cas pour les grès; que la même pâte est susceptible de recevoir une couverte feldspathique ou plombifère (porcelaines chinoises, par exemple). Quoique ces exceptions rendent une classification absolue très difficile, nous avons divisé les poteries en deux grandes classes suivant que la pâte est absorbante ou agglomérée par un commencement de vitrification :

#### PREMIÈRE CLASSE

***Poteries dont la pâte est plus ou moins poreuse et absorbante.***

La 1<sup>re</sup> classe se subdivise en deux ordres :

1<sup>er</sup> ordre. — Les poteries non vernissées, comprenant les briques, les tuiles, les carreaux, les terres cuites, etc.

2<sup>e</sup> ordre. — Les poteries vernissées, comprenant les poteries lustrées recouvertes d'un vernis très mince, les terres vernissées, les faïences plombifères ou stannifères, les faïences fines.

#### 2<sup>e</sup> CLASSE

***Poteries dont la pâte est agglomérée par un commencement de vitrification.***

La 2<sup>e</sup> classe se subdivise en deux ordres :

1<sup>er</sup> ordre. — Les poteries vernissées, comprenant les diverses sortes de porcelaines et de grès ;

2<sup>e</sup> ordre. — Les poteries non vernissées, comprenant les biscuits de porcelaine et les grès non vernissés.

Chacun de ces deux ordres se subdivise en deux sous-ordres, comprenant l'un les poteries transparentes et l'autre les poteries opaques.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous la classification que nous avons adoptée.

### PREMIÈRE CLASSE

Poteries dont la pâte est plus ou moins poreuse ou absorbante.

1 <sup>er</sup> ordre	2 <sup>e</sup> ordre
POTERIES NON VERNISSÉES	POTERIES VERNISSÉES
<i>Terres cuites, briques, tuiles, filtres, etc.</i>	<i>Terres lustrées, faïences et terres vernissées de toutes sortes.</i>

### 2<sup>e</sup> CLASSE

Poteries dont la pâte est agglomérée par un commencement de vitrification.

1 <sup>er</sup> ordre		2 <sup>e</sup> ordre	
POTERIES VERNISSÉES		POTERIES NON VERNISSÉES	
OPAQUES <i>grès vernissés.</i>	TRANSPARENTES <i>porcelaines de tous genres.</i>	OPAQUES <i>grès.</i>	TRANSPARENTES <i>biscuits de porcelaine.</i>

Il est certain qu'il y a des pièces que l'on est embarrassé pour classer dans l'une ou l'autre de ces catégories, tel sera par exemple le cas d'un grès imparfaitement cuit que l'on sera tenté, d'après la nature de sa pâte, de

classer parmi les terres émaillées ; ou celui d'une faïence à pâte silico-alkaline ou à base de fritte, très cuite, que l'on pourra être tenté de ranger parmi les grès ; mais en pareil cas, l'aspect, la nature des décors et des émaux permettront d'arriver toujours à grouper ces pièces suivant notre classification.

L'industrie céramique est en plein progrès actuellement. La connaissance des principes de la physique appliquée aux coefficients de dilatation des pâtes et des émaux à haute température et de leur variation, rend moins importante la connaissance des éléments chimiques.

Aussi n'avons-nous pas cherché à donner dans cet ouvrage un très grand nombre de formules. Nous avons préféré donner une idée plus exacte de la manière de faire actuelle, et montrer l'importance de plus en plus grande des gisements de matières céramiques, et des questions de cuisson sous atmosphères variées.

L'avenir de la céramique est lié surtout à la solution du problème qui mettra entre les mains du céramiste un four économique, capable de lui donner sans à coups la température qu'il désire avec l'atmosphère oxydante, réductrice ou neutre qu'il lui plaira d'avoir pour obtenir telle coloration ou tel effet décoratif.

Si chaque sorte de poterie exige un outillage spécial, des appareils spéciaux de cuisson, des procédés de décorations distincts qui seront étudiés en leur temps et lieu, il y a néanmoins un ensemble de connaissances commun à toutes les fabrications céramiques.

Nous avons réuni dans ce volume ces notions générales.

## CHAPITRE II

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES  
SUR LES COMPOSITIONS CÉRAMIQUES

Toutes les pâtes ou presque toutes les pâtes céramiques ont pour base principale l'argile ou une matière plus fine, plus précieuse et plus blanche que l'argile, le kaolin.

Ce sont ces éléments terreux, argiles ou kaolins, qui permettent au potier, grâce à leur plasticité, de transformer une matière informe en un produit utilisable soit par des moyens manuels, soit par des moyens mécaniques.

À ces argiles viendront s'ajouter diverses matières, les unes pour diminuer leur plasticité et appelées *dégraissantes*; d'autres destinées à leur donner une fusibilité relative, un commencement d'agglomération; d'autres afin de leur communiquer des qualités physiques, retrait, dilatabilité, porosité, etc.

On comprendra donc facilement qu'avant d'apprendre à composer les pâtes céramiques, il faudra étudier spécialement les diverses matières qui les constitueront et qui sont presque toutes naturelles, quelques-unes (verres, frites, etc.) artificielles.

Ces terres une fois façonnées pourront se recouvrir d'émaux, de vernis, de glaçures, de couvertes, dont la plupart contiendront les mêmes matériaux que les pâtes; nous ne reviendrons donc pas à nouveau sur ces matériaux lorsque nous étudierons les couvertes.

## CHAPITRE III

ÉTUDE DES ÉLÉMENTS QUI CONSTITUENT  
LES PATES CÉRAMIQUES AU POINT DE  
VUE MINÉRALOGIQUE ET GÉOLOGIQUE

A. *Les argiles*. — Les *argiles* sont extrêmement abondantes à la surface du sol et se rencontrent dans un grand nombre de formations géologiques (1). Leur variété est si grande que leur classification géologique ou chimique est extrêmement difficile. En effet les gisements d'argiles qui se présentent assez régulièrement et semblent très uniformes sont loin de l'être. Résultant de sédiments, ils contiennent des débris de coquilles, des matières organiques, des silex, des éléments calcarifères en proportion variée.

Les *marnes argileuses*, qui contiennent à la fois de l'argile et du carbonate de chaux, sont des sédiments intermédiaires entre les formations argileuses et les formations calcaires proprement dites.

L'origine de toutes les argiles est la même. Les argiles kaolinaires ou non sont le résultat de la décomposition de roches ignées et en particulier des roches feldspathiques.

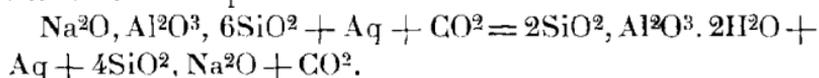
Les silicates d'alumine et de chaux, d'alumine et de

(1) *Ouvrages consultés* : Brongniart, *Traité des arts céramiques*; — Salvétat, *Leçons de céramique*; — L. Lefèvre, *La céramique du bâtiment*; — De Lapparent, *Traité de géologie*, Paris, 1893; — Auscher, *Les céramiques cuisant à haute température*; etc.

soude, d'alumine et de potasse qui ont constitué à une époque lointaine l'écorce ignée du globe terrestre, se sont décomposés sous l'influence de l'acide fluorhydrique et aussi de l'eau chargée d'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

Les eaux fluviales ou maritimes ont entraîné le produit plastique de cette décomposition ; grâce à la légèreté de l'argile lorsqu'elle est en suspension dans l'eau, le transport de cette matière a pu se faire à des distances considérables des centres de décomposition.

Si l'on considère comme type de ces silicates multiples la roche cristalline bien définie qui est le *feldspath* et que nous étudierons ultérieurement, et, si l'on cherche comment cette décomposition s'est faite, on s'en rendra facilement compte en examinant la réaction suivante :



Le feldspath ( $\text{Na}^2\text{O}, \text{Al}^2\text{O}^3, 6\text{SiO}^2$ ) est décomposé et transformé d'abord en  $2\text{SiO}^2, \text{Al}^2\text{O}^3, 2\text{H}^2\text{O}$  (kaolin) et,  $3\text{SiO}^2, \text{Na}^2\text{O}$  (silicate de soude).

Puis le silicate de soude se transformera en bicarbonate de soude et il se déposera de la silice.

Le kaolin est resté en position en divers gisements mélangé avec les éléments du granit, quartz, micas, etc.; c'est ainsi que les gisements du département de l'Allier (Echassières ; les Colettes) nous permettent de saisir dans une même carrière, tous les termes successifs depuis le granite non altéré, jusqu'à un granite dont la kaolinisation est absolue.

Ce sont ces kaolins, provenant de la destruction des roches ignées qui ont été entraînés par les eaux et ont formé les gisements argileux qui peuvent se rencontrer dans tous les étages des terrains sédimentaires.

Nous résumons sommairement, en adoptant, pour les divers étages géologiques les dénominations de M. de Lap-

parent, les principaux gisements d'argile dans les divers terrains.

a) *Dans le terrain primaire.* — On rencontre en Russie, dans ce terrain, des grands dépôts d'argiles et de marnes bariolées à l'étage permien. Ces terres servent surtout à la fabrication de briques.

b) *Dans le terrain secondaire.* — On rencontre dans les Vosges et sur les bords de la Moselle, des marnes argileuses à coloration rouge et verte, dites marnes bariolées, qui font partie du système triasique.

Dans le lias (étages du système jurassique), on rencontre en France les argiles d'Epieu (près Bayeux), dont l'épaisseur de gisement dépasse dix mètres; les argiles d'Oxford d'une épaisseur de plus de 150 mètres, qui viennent affleurer en France dans la région du Calvados. Ces argiles sont exploitées pour la fabrication de la brique, dans les départements du Calvados et de la Seine-Inférieure.

Dans le système crétacé (étages du même système jurassique), on rencontre la terre argileuse ou *weald*, tantôt brune, tantôt bleue; c'est dans un de ces étages (néocomien moyen) que se rencontrent les terres à grès ou terres à pots de La Chapelle-aux-Pots, de Savignies (Oise), etc., qui servent à la production du grès et des bouteilles à encre; dans le néocomien inférieur, se trouvent les terres réfractaires de Forges (Seine-Inférieure), gisement irrégulier, tantôt siliceux, tantôt réfractaire, qui est exploité pour faire des poteries de pays, des briques et des produits réfractaires.

Un autre gisement (néocomien supérieur), d'une terre gris-rose marbrée, affleure dans la même région et sert à faire des grès et des carreaux céramiques (Beauvais, Forges, Rouen, etc.).

C'est encore dans un des étages du terrain secondaire que l'on trouve les argiles de Desvres (Pas-de-Calais), servant à la fabrication de faïences.

c) *Dans le terrain tertiaire.* — Les dépôts d'argile sont extrêmement nombreux dans ce terrain, qui recouvre une grande partie du bassin de Paris.

Signalons dans ce terrain :

Les argiles grises et noires des environs de Lille, dont l'épaisseur dépasse 15 mètres et qui servent à la fabrication de carreaux, de faïence et de briques, les argiles grises de Dieppe (tuiles, briques).

Les argiles plastiques, situées au-dessus de la craie et que l'on rencontre en nids et en veines dans les Flandres, en Picardie, en Artois (briques, tuiles), en couches à Meudon où leur épaisseur est faible et va en s'augmentant au fur et à mesure que l'on s'approche de Montmartre. Ces argiles plastiques sont exploitées pour la fabrication des briques de Vaugirard, pour les tuyaux en terre, les tuiles et les poteries de bâtiments dans les environs de Paris ; en général la base du gisement est constituée par une glaise grise et brune, recouverte d'une épaisse argile plastique bleue, divisée par une couche d'un sable quartzueux fin.

Les argiles du Gâtinais bariolées de rouge (Montereau) se rencontrent dans la craie, où elles forment des poches.

Les argiles de l'Eure se trouvent dans des poches de craie mélangées de sables gris réfractaires et de veines d'argile rouge ; par places et surtout dans le voisinage de Breteuil (Eure), ces terres se sont transformées et il s'est produit une terre à grès très blanche susceptible de donner d'excellents produits réfractaires. Un peu au sud de ces plateaux, dans la région d'Abondant (près Dreux) on rencontre dans des poches voisines de la surface du sol et formées de meulières, des argiles très grasses et réfractaires, tantôt blanches, tantôt rouges ou jaunes, qui servent à la fabrication de produits réfractaires, des pots à fleurs et des terres vernissées.

Dans le bassin de Londres, on constate à peu près au

même niveau géologique (1) les argiles brunes de Londres (London Clay), qui ont une puissance de gisement de 250 mètres, et dont on trouve le prolongement en Flandre sous le nom d'argile de Flandre (épaisseur 100 mètres). Ces argiles sont très grasses et d'une coloration gris bleuté.

Dans le Perche, on rencontre les argiles à silex dont les gisements sont si variés d'aspect, de coloration et de composition chimique.

Enfin les derniers étages du terrain tertiaire comprennent les glaises ou marnes vertes du bassin de Paris (épaisseur 5 à 10 mètres), exploitées dans toute la région de Paris pour la fabrication des briques.

Dans les environs de Marseille, on rencontre des argiles appartenant à cette formation qui servent surtout à faire des carreaux.

A Andenne (en Belgique), en Allemagne, en Grande-Bretagne, on trouve des gisements de même genre, exploités pour des produits réfractaires.

Les argiles de la Sologne, les argiles de Redon (Ille-et-Vilaine), de Saint-Gildas, des Bois (Loire-Inférieure), les sables argileux de Chalon-sur-Saône et de Montchanin appartiennent à la même formation.

d) *Dans le terrain quaternaire.* — La plupart des plateaux, presque toutes les vallées, sont recouverts de limons argileux ou *lehm*, qui peuvent servir à la fabrication des briques. Lorsque le *lehm* est calcaire, il prend le nom de *loess*, et peut être utilisé pour la fabrication des briques lorsqu'il n'est pas par trop calcaire. L'épaisseur du *lehm* est très variable, de 50 cent. à 1 mètre sur les plateaux des environs de Versailles ; il mesure en Chine une épaisseur de 400 à 500 mètres. Le plus grand nombre des briques est fabriqué avec les terres provenant de cette formation quaternaire.

(1) L. Lefèvre, *La Céramique du bâtiment*.

Ainsi qu'il a été dit ci-dessus, les argiles sont des silicates d'alumine hydratés ; ces corps ne présentent aucune trace de cristallisation. Suivant la teneur en fer, en alcalis, en chaux, en alumine, elles donneront des produits réfractaires ou infusibles,

**B. Les feldspaths.** — Les feldspaths, qui entrent dans la composition de presque toutes les pâtes porcelaniques, et de toutes les couvertes transparentes, sont des silicates doubles d'alumine et de potasse, d'alumine et de soude ou d'alumine et de chaux. Ils sont insolubles dans l'eau et les espèces usitées dans les arts céramiques (albite et orthose) sont inattaquables par les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés.

Ils sont cristallisés, et se rapportent à deux types, à savoir les uns comme l'orthose, au prisme rhomboïdal oblique ; les autres, comme l'albite, au prisme oblique obliquangule (1) ; tous présentent des clivages assez faciles, mais dans ceux du premier type, deux des faces produites se rencontrent à angle droit, tandis que dans les autres, toutes ces faces se rencontrent obliquement.

La facilité relative de décomposition, de kaolinisation des feldspaths calcaires est sans doute cause que l'on rencontre rarement ces feldspaths en masses un peu abondantes à la surface du globe ; pour les feldspaths potassiques et sodiques, il est à remarquer que les gisements des feldspaths potassiques sont plus abondants et plus abondamment distribués dans les terrains d'origine ignée que les feldspaths à base de soude. Du reste, la plupart des feldspaths utilisés industriellement ne sont pas purs, ils proviennent de pétrosilex, de pegmatites, de granulites ou de granites plus ou moins parfaits, où l'élément mica domine peu (2).

(1) Beudant, *Cours de minéralogie*.

(2) Auscher, *Les Céramiques cuisant à haute température*.

Le feldspath ne se rencontrera donc que dans des roches éruptives anciennes ou modernes.

Signalons parmi les roches feldspathiques les plus employées en céramique :

*Les pegmatites*, formées d'un mélange de quartz, de mica et de feldspath où les éléments sont très gros et où le mica est en faible proportion.

Les gisements de cette roche sont nombreux, mais non exploités en Bretagne. Les filons les plus connus sont ceux de Saint-Yrieix (Haute-Vienne), exploités depuis plus d'un siècle et qui ont été étudiés au laboratoire de Sèvres au point de vue chimique d'une façon toute spéciale, car leur produit, une fois broyé, a formé pendant longtemps la couverte des porcelaines dures de Sèvres. Ces pegmatites blanches se rencontrent en des filons parallèles aux filons kaolinaires de cette région.

A l'examen minéralogique, on constate des cristaux très nets de *muscovite* (mica blanc), disséminés dans une masse relativement importante de quartz et de feldspath.

Malgré les fractures qui divisent la roche en tous sens, la kaolinisation est très faible ; ces fractures sont recouvertes de sortes de dendrites de peroxyde de fer ou de manganèse. A cause de la dureté de cette roche, l'exploitation est difficile.

On rencontre aussi dans le Limousin un grand nombre de filons de pegmatites d'aspect rose, gris rosé ou jaune et qui néanmoins cuisent en blanc.

Les exploitations de Bourganeuf, du Vigen, de Bessine, de Chanteloube, d'Aixe-sur-Vienne (Haute-Vienne) donnent des produits connus sous le nom de *cailloux*, d'une composition minéralogique moins nette que la pegmatite de Saint-Yrieix ; on y rencontre, outre les feldspaths, quartz et micas qui constituent essentiellement toutes ces roches, de l'apatite, de la tourmaline, des grenats, des micas de diverses sortes (autres que la muscovite), des émc-

raudes, etc.; certains de ces cailloux ont subi un commencement de kaolinisation, qui rend l'exploitation de ces roches dures plus facile.

On extrait aussi des cailloux feldspatiques à Luzy, dans la Nièvre; ces cailloux sont recherchés par les porcelainiers du Berry. Un autre minerai de feldspath employé dans les arts céramiques est la granulite de Montebbras (Creuse), très peu riche en fer et d'une exploitation assez régulière; cette matière peut, dans la région du centre de la France, faire concurrence aux granulites imparfaitement décomposées du Cornwall (Pays-de-Galles), qui sont d'un emploi extrêmement répandu dans la fabrication des faïences fines et des couvertes de tout genre. Elles sont connues sous le nom de *cornwallite* ou *cornishstone*. Ce sont des granulites très peu friables et fusibles.

Dans différents cas, on préfère se servir des feldspaths de Norvège qui arrivent dans nos ports de mer soit en morceaux parallépipédiques de la grosseur du poing, nettement cristallisés, à texture laminaire, de couleur jaune rosé; soit en poudre blanche impalpable.

Le prix de ces feldspaths dépend de la teneur en alcali qui varie de 10 à 17 0/0; ce prix s'élevant en même temps que la teneur en alcali, c'est-à-dire en éléments fusibles.

Quoique les gisements de la Chine n'aient pas été visités par des géologues européens, les échantillons des *petun-tse* ou pétro-silex chinois semblent voisins des produits rencontrés dans les carrières du Limousin, de la Nièvre, de la Bohême.

C. **Les kaolins.** — Les kaolins sont des argiles très fines généralement blanches, jaunâtres ou rosées, que l'on rencontre presque toujours mélangées aux éléments que contenaient les pegmatites ou les granites dont ils sont dérivés, c'est-à-dire de feldspaths non décomposés, de quartz, de micas et d'autres roches encore.

L'action de l'eau chargée d'acide carbonique décompose les roches ignées, les feldspaths contenus dans les granites ou les gneiss, et produit des kaolinisations superficielles dont la matière argileuse est généralement enlevée par les eaux superficielles au fur et à mesure de sa production. Il reste en place, une fois l'argile kaolinaires entraînée, des sables plus denses ou *arènes*. Ces phénomènes sont sensibles souvent jusqu'à une profondeur de 15 et 20 mètres, dans les régions du plateau central et de la Bretagne où affleurent des terrains ignés.

Mais cette action superficielle est tout autre que celle que l'on constate dans les gisements profonds de kaolins. Et alors on ne peut plus supposer que les eaux superficielles et l'acide carbonique ont produit de tels effets.

On admet généralement aujourd'hui (1), à cause du voisinage des gîtes stannifères et des gisements kaolinaires d'une part, de la présence de micas fluorés dans les roches kaolinaires d'autre part, que l'étain est venu à jour sous l'action d'un puissant agent de minéralisation qui serait le fluor dont la présence a provoqué la kaolinisation.

Les kaolins provenant de ces altérations profondes se rencontrent dans les terrains granitiques ; généralement les terrains encaissant sont des micaschistes ou des gneiss très anciens, souvent altérés partiellement, au milieu desquels les granites, granulites ou pegmatites forment des filons ou des amas très irréguliers.

Il en résulte qu'il y aura suivant l'origine (pegmatite ou granulite) une nature de gisement différente.

Enfin on rencontre aussi des gisements de kaolins stratifiés ou de dépôt, comme celui des Eyzies.

(1) Mallard, *Etude sur les gisements stannifères du Limousin et de la Marche*.

De Lapparent, *Traité de géologie*.

Fuchs et de Launay, *Traité des gîtes minéraux et métallifères*.

Auscher, *Les Céramiques cuisant à haute température*, p. 21.

Nous donnerons comme type d'un *gisement d'origine granulitique* celui de la Jonchère (Haute-Vienne). Au milieu du gneiss, apparaissent plusieurs filons granitiques parallèles décomposés ; chaque filon a un grain d'une coloration distincte ; l'épaisseur des filons dépasse 20 mètres. Ces filons sont traversés par des réseaux de quartz parallèles à la direction des filons.

On rencontre des gisements similaires à Beauvoir et aux Colettes (Allier), dans le pays de Galles où ils ont une étendue et un développement considérables, en Bohême (environs de Carlsbad) et enfin en Chine.

*Les gisements d'origine pegmatitique* sont ceux que l'on rencontre dans le Limousin ; les carrières les plus connues sont celles de Coussac-Bonneval, de Marcognac, de Marsaguet, de Bois-Vicomte, de Fargetas. Nous décrivons le gisement de Bois-Vicomte appartenant à M. L. Nenert, l'habile fabricant de pâtes à porcelaines de Limoges, comme étant un des plus caractéristiques.

Les filons pegmatitiques décomposés forment dans les micaschistes des amas plus ou moins unis entre eux par des parties de peu d'étendue. Le gisement est irrégulier à cause des phénomènes de gonflement qui ont accompagné la kaolinisation. En effet la densité du feldspath est d'environ 2,60, celle du kaolin est de 2,20 ; il en résulte une dislocation, qui permet le passage des eaux et par suite la formation d'amas contenant des éléments de grosseurs variées, classés suivant leur ordre de densité, et disposés à côté de parties décomposées mais restées dans la position des éléments de la pegmatite. On rencontrera d'abord dans le voisinage du micaschiste un dépôt ocreux stratifié avec un dépôt quartzeux plus ou moins épais ; la constatation de cette stratification indique l'approche d'un amas kaolinaire.

On trouve ensuite des kaolins caillouteux de coloration brunc, puis jaune-rosé, puis blanche ; et, en poche par

place, des kaolins blancs extrêmement riches en matières argileuses très pures.

Comme on le voit, la roche brute extraite de ces gisements contiendra, en même temps que du kaolin, du feldspath non décomposé, du quartz et du mica. Suivant les emplois, cette roche brute devra subir des traitements appropriés.

*Le gisement stratifié* le plus connu est celui des Eyzies (Dordogne). Le kaolin s'y rencontre au milieu de sables micacés très fins au-dessus d'un banc de calcaire très mouvémenté (craie inférieure). Il forme des amas irréguliers, constitués dans le voisinage des calcaires, de kaolin opaque ou halloysite, puis d'une sorte de kaolin translucide, gélatineux, suiffeux, enfin de rognons de silex transparents séparés du sable micacé par des micas excessivement ferrugineux. Certains géologues (1) attribuent l'existence de ce gisement à une origine geysérienne, opinion basée sur la nature du kaolin suiffeux et de la silice gélatineuse qui s'est durcie en rognons. Nous pensons plutôt, à cause de la situation de ce gisement au-dessous de la région de Saint-Yrieix, que des kaolins ont été entraînés de cette région, se sont déposés mécaniquement, et que des phénomènes de kaolinisation et de métamorphisation se sont ensuite opérés sur place (2). Dans la masse kaolinnaire on ne rencontre ni micas ni feldspath, c'est là la principale caractéristique des kaolins stratifiés.

Les gisements de la Nièvre, de Decize, de Vaux, d'Azy-le-Vif, appartiennent à cette famille, mais le kaolin y est peu abondant (10 à 15 0/0) et c'est la silice qui domine.

**D. Les quartz et sables.** — Les quartz et sables sont employés dans un grand nombre de pâtes céramiques, soit pour diminuer les propriétés plastiques des argiles, soit

(1) Fuchs et de Launay, *Traité des gîtes minéraux métallifères*.

(2) Auscher, *Les Céramiques cuisant à haute température*.

pour donner aux pâtes des qualités spéciales de retrait, de tenue au feu, de composition chimique.

La nature et l'origine de ces quartz, leur degré de finesse ne sont pas sans importance.

Ils se rencontrent dans tous les terrains géologiques; les quartzites sont abondantes dans les terrains éruptifs anciens et modernes, les sables se trouvent dans tous les terrains sédimentaires.

Rappelons que les pegmatites, les granulites, les kaolins non lavés contiennent minéralogiquement de la silice.

On emploie en France les sables de Decize, sables kaolinaires d'origine sédimentaire et qui contiennent du quartz à l'état de grès siliceux; les sables de Drevant et d'Ainay-le-Vieil où l'on rencontre des conglomérats de sables feldspatiques au milieu de couches d'argile marneuse (1), les sables d'Augy-sur-Aubois (Cher) qui contiennent beaucoup de quartz et peu de feldspath.

On a quelquefois recours aux quartzites blanches de la Haute-Vienne, de la Dordogne, de l'Allier, des Pyrénées qui sont composées de silice presque chimiquement pure et dont les filons abondent dans les terrains ignés. On est obligé de calciner ces roches pour pouvoir les broyer.

On utilise aussi les sables gréseux de Fontainebleau, et d'Aumont, constitués par de la silice presque pure; la régularité du grain de ces sables en permet le lavage facile.

Mais c'est sous la forme de silice impalpable, obtenue en broyant des galets calcinés, que l'on emploie les plus grandes quantités de silice.

On recherche de préférence les silex en rognons ou galets qui sont disséminés dans la craie; on les choisit d'un jaune clair ou d'un noir tirant sur le bleu (2), cette dernière

(1) M. Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine dure.*

(2) Théodore Deck, *La Faïence.*

couleur étant la plus recherchée comme étant celle des silex les plus purs. Les galets de silex se trouvent en masses considérables à Saint-Valéry-en-Caux où les eaux de la mer le désagrègent de son enveloppe crayeuse ; les Anglais et les Allemands viennent les ramasser, en chargeant des bateaux ; ces galets sont calcinés et broyés, la silice ainsi produite servira de base à l'industrie de la faïence fine.

**E. La craie et la marne.** — Dans un grand nombre de compositions, on est conduit à introduire de la chaux à l'état de carbonate, soit pour augmenter le nombre des éléments fusibles, soit pour modifier le point de cuisson.

On se sert soit de marbre blanc, soit de blanc de Meudon ou de Bougival, qui sont composés de carbonate de chaux presque chimiquement pur.

La craie se trouve souvent combinée avec l'argile pour former des marnes argileuses qui ont été employées surtout pour rendre plastiques les pâtes à porcelaine tendre. On a employé au xviii<sup>e</sup> siècle dans les couvertes de porcelaine dure, du gypse et du plâtre (sulfate de chaux hydraté et anhydre); ces matières ne sont plus en usage actuellement.

## CHAPITRE IV

### ÉTUDE DE CES ÉLÉMENTS AU POINT DE VUE CHIMIQUE ET PHYSIQUE

**A. Les argiles.** — Le silicate d'alumine pur à l'état anhydre est peu répandu dans la nature et ne forme que des minéraux rares sans intérêt pour le céramiste.

Le silicate d'alumine hydraté ou *argile* forme au contraire la matière céramique par excellence. Cette argile se

rencontre le plus souvent mélangée à d'autres éléments minéralogiques qui en modifient considérablement la composition et les propriétés.

**Impuretés.** — La plupart de ces impuretés, qui ne sont pas toujours décelées par l'inspection première, et que des essais suivis font connaître, sont des pierres ou sables plus ou moins gros, généralement calcarifères ou siliceux. On rencontre aussi des nodules de pyrites, des parties extrêmement riches en oxydes de fer et analogues à la limonite, des parties gypseuses (dans le bassin de Paris), souvent même des débris de matières organiques.

**Composition des argiles.** — Abstraction faite des corps étrangers qui accompagnent le silicate d'alumine hydraté, ce corps présente un certain nombre de variétés dans lesquelles les rapports de l'alumine, de la silice et de l'eau sont différents; il existe en effet un nombre considérable de combinaisons de ces trois éléments en proportions variables.

L'eau s'y rencontre à divers états de combinaison, ce que M. Le Châtelier a mis en évidence, en étudiant la température de déshydratation des argiles.

Si l'on chauffe une argile d'une façon régulière, en notant exactement la température, on observe, à un moment donné, un ralentissement dans l'élévation de température. Ce phénomène se produit au moment du départ d'une certaine quantité d'eau, et est accompagné d'absorption de chaleur correspondant au travail effectué pour sa volatilisation.

En rapprochant les argiles présentant les mêmes phénomènes thermiques et de composition chimique voisine, M. Le Châtelier (1) a pu établir une classification en cinq groupes d'argile :

(1) Le Châtelier, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences.*

*1<sup>er</sup> groupe.* — Le type de ce groupe est l'*HALLOYSITE*, argile non plastique, blanc jaunâtre, de densité 1.92 à 2,2, qui répond à la formule  $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O} + \text{Aq}$ . Dans cette formule, on désigne par Aq une partie de l'eau, en quantité indéterminée, qui disparaît par chauffage au-dessus de 200°.

L'eau combinée indiquée par la formule  $2\text{H}_2\text{O}$  disparaît à 400°; à cette température l'échauffement de l'argile subit un ralentissement.

Un autre phénomène thermique de sens inverse se produit à 1000°. Les argiles de ce groupe chauffées à 1000° deviennent insolubles dans les acides et sont réfractaires; quoique plastiques, les glaises et les marnes calcaires appartiennent à ce groupe.

Voici quelques roches de ce groupe :

Les *halloysites* de Miglos (Ariège), des Eyzies (Dordogne), d'Angleur (Belgique), de Russie.

L'*argile réfractaire* de Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure).

L'*argile plastique* de Gentilly (Seine).

La *lenzinite* de Venate (Haute-Vienne).

La *sévérile* de Saint-Sever (Pyrénées), etc.

Les argiles plastiques et les argiles réfractaires appartenant à ce groupe ont un retrait assez considérable.

*2<sup>e</sup> groupe.* — Les argiles du second groupe répondent à la formule  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2, \text{Aq}$ ; elles sont sans importance au point de vue céramique. L'*allophane* et la *collyrite* font partie de ce groupe.

Au point de vue thermique, ce silicate d'alumine perd son eau à une température variant de 150 à 400° et présente un accroissement de température à 1000° comme les silicates du groupe précédent.

*3<sup>e</sup> groupe.* — Le type de ce groupe est le *KAOLIN*  $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$ , dont les propriétés se distinguent

nettement de celles des autres argiles. Sa composition centésimale est de :

Silice . . . . .	46,4
Alumine . . . . .	39,7
Eau . . . . .	13,9
	<hr/>
	100,0

Cette eau combinée disparaît à 700°, et le phénomène thermique que nous avons signalé pour les argiles des deux précédents groupes ne se manifeste pas à 1000°.

Le kaolin qui est attaqué par l'acide sulfurique bouillant l'est encore plus facilement quand il a subi l'action de la chaleur et qu'il est poreux.

Pur, il est infusible aux températures les plus élevées des fours industriels, et est de coloration blanche. Sa densité est de 2,2 ; il n'est pas dur.

Il est amorphe, pourtant il existe une variété de kaolin nettement cristallisée en petites paillettes d'apparence hexagonale ; elle provient de Red Mountain (Colorado) et a servi à M. Le Châtelier pour ses expériences sur les phénomènes thermiques des argiles.

La teneur en eau du kaolin vrai est, pour les produits qu'on rencontre habituellement dans le Limousin, l'Allier et le pays de Galles, très exactement de 13,9  $\frac{0}{0}$ , à tel point que la seule détermination de la perte de poids de 110° à 1000°, d'un échantillon ayant cette origine, suffit à indiquer la proportion de kaolin pur qu'il contient.

On trouve, d'autre part, notamment à Aue, à Zetlitz (Allemagne), des kaolins qui perdent 19  $\frac{0}{6}$  d'eau environ, se rapprochant ainsi de la formule  $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{H}_2\text{O}$  ; ces kaolins semblent ainsi provenir de la décomposition d'une roche feldspathique un peu différente du feldspath ordinaire. Mais il y a lieu de remarquer que la composition de ces deux kaolins calcinés est presque identique.

Voici la composition centésimale de ces deux sortes de kaolins :

	Kaolin du Limousin	Kaolin d'Aue
Silice . . .	53,7	55
Alumine . .	46,3	45
	100	100

*4<sup>e</sup> groupe.* — La *pyrophyllite* est le type des argiles du quatrième groupe, répondant à la formule  $4\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$ . La pyrophyllite se déshydrate à une température qui varie de 700 à 850° et ne présente aucun phénomène thermique à 1000°. Elle a une densité de 2,78, est assez friable, onctueuse et formée de cristaux bacillaires.

La *pagodite*, matière avec laquelle les Chinois fabriquent des figurines, est une variété d'argile de ce groupe. Au point de vue céramique, on y rattache d'importantes argiles plastiques et réfractaires, notamment celles de Montereau remarquables par leur faible retrait.

*5<sup>e</sup> groupe.* — Le cinquième groupe répond à la formule  $4\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O} + \text{Aq}$ ; ces argiles diffèrent surtout de celles du groupe précédent par l'addition d'une notable quantité d'eau. Elles sont le plus souvent très impures et sont sans importance au point de vue céramique; elles sont employées au foulonnage des draps.

Dans nombre d'argiles une partie de l'alumine peut être remplacée par du fer. Après cuisson, ces argiles prennent une teinte jaune ou rouge. Le fer donne de la fusibilité; au contraire, l'alumine est un élément d'infusibilité.

**Plasticité des argiles.** — Les argiles, qui sont constituées, lorsqu'elles sont pures, de silicate d'alumine hydraté, semblent être d'autant plus plastiques qu'elles contiennent plus d'eau combinée.

On distingue l'eau combinée, de l'eau de carrière ou

hygroscopique, en ce que l'eau de carrière est totalement évaporée à la température de 110° centigrades. Au contraire, l'eau combinée ne s'en va que si l'on élève la température à 800 ou 1000° centigrades. Les argiles jouissent de la propriété précieuse de la plasticité ; elles peuvent conserver la forme qu'on leur donne soit par pression, soit lorsqu'on les façonne à l'état humide ; le degré de cette plasticité est extrêmement variable ; ainsi, les argiles d'Abondant, près Dreux, sont très plastiques, alors que les argiles de Mondon (carrière de Sainte-Thérèse, près Vendœuvres, Indre) le sont infiniment moins et pourtant toutes deux sont employées pour faire des cazettes servant à la cuisson des porcelaines dures de grand feu.

L'élimination de l'eau hygroscopique ou de carrière donne de l'argile sèche ; mais en mouillant à nouveau cette matière sèche, en la pétrissant avec de l'eau, on constate la réapparition de la plasticité. Il n'en est plus de même si l'on élimine l'eau combinée ou eau de constitution ; une fois que par calcination cette eau a été chassée, la plasticité de l'argile est perdue ; mais alors l'argile a acquis d'autres qualités nouvelles, la dureté, la sonorité, la solidité. Il n'y a que la pratique du potier qui puisse indiquer le degré de plasticité d'une argile. Brongniart (1) a cherché à mesurer la plasticité de diverses argiles ou de pâtes constituées au moyen de matières argileuses par le degré d'allongement que des boudins ou colombins de cette pâte pouvaient prendre sans se rompre ou se déchirer ; mais cette évaluation, que les ouvriers potiers, habitués à manier les pâtes, font avec grande précision, ne donne que des résultats assez difficiles à traduire en chiffres.

MM. Johnson et Blake, MM. Bidermann et Herzfeld estiment que la plasticité est inhérente à l'extrême finesse des molécules argileuses et aussi à leur structure lamellaire,

(1) Brongniart, *Traité des Arts céramiques*.

qu'elle est due à l'attraction moléculaire et ne peut se manifester que lorsque la dimension et la forme des particules permettent leur rapprochement.

L'eau est nécessaire à la manifestation de la plasticité ; c'est grâce à ce liquide que les grains d'argile peuvent s'orienter convenablement. Si la quantité d'eau est trop grande, les grains s'éloignent les uns des autres et l'attraction moléculaire diminuant, la plasticité diminue, jusqu'à devenir nulle.

D'après Seger, les grains d'argile ont des dimensions inférieures à  $0^{\text{mm}},01$  ; la plasticité des matières n'existe plus lorsque la dimension de leurs particules excède  $0^{\text{mm}},025$ .

Des corps très finement broyés et non plastiques peuvent acquérir une certaine plasticité par le fait de ce broyage ; tel est le cas de certaines pegmatites. On peut donner à des pâtes composées de matières arides, de matières qui n'ont aucune liaison entre elles, une certaine plasticité en ajoutant à ces pâtes une matière visqueuse végétale, telle que de la gomme, de la colle de farine, de la gomme adragante et même du savon.

**Retrait des argiles.** — Les argiles ou terres humides que l'on extrait de la carrière diminuent de volume en séchant ; c'est ainsi que l'on voit les tas d'argile exposés au soleil se gerçurer, se crevasser en tous sens. Si l'on continue à chauffer les argiles, de façon à les amener à former de la terre cuite, on s'aperçoit que cette diminution de volume continue ; c'est ce que l'on nomme le *retrait*.

Le retrait se mesure linéairement, et, si l'on prend comme point de départ une pâte formée d'une argile un peu grasse, malaxée avec de l'eau, on pourra atteindre jusqu'à un retrait de 25 0/0 ; ce retrait, pour une même terre, est extrêmement variable, suivant la manière dont la terre a été travaillée ou suivant la pression qu'elle aura subi (comme dans la fabrication des carreaux). En général,

les argiles plastiques perdant beaucoup d'eau vers 110° centigrades, éprouvent à cette température un retrait très marqué; pour les argiles fusibles, soit à cause de leur teneur en fer, soit à cause de leur teneur en chaux, le retrait le plus grand se produit au moment où l'argile se combine avec le fer ou avec la chaux, pour former des éléments fusibles dont les molécules soudent les grains d'argile et opèrent le rapprochement.

Le retrait s'opère normalement en tous sens pour un objet qui ne subit aucune pression, soit pendant le séchage, soit pendant la cuisson.

La connaissance du retrait est d'une grande importance pour le potier qui devra baser les mesures des appareils (filières, moules, gabarits, etc.) sur le retrait de la pâte, et établir en cru des dimensions telles, qu'après cuisson l'objet ait bien la dimension voulue.

Pour mesurer le retrait, on prend un échantillon de terre que l'on pétrit avec un peu d'eau, de façon à en former une briquette parallépipédique; on sèche à 110° C; on mesure son retrait à cette température, puis on la fait passer à des feux de plus en plus élevés pour se rendre compte tout à la fois de l'augmentation de retrait et des autres propriétés qu'acquiert cette argile au feu.

**Infusibilité des argiles.** — L'argile pure peut être considérée comme un corps réfractaire et infusible. En tous cas, les argiles lavées de Dreux, des Eyzies, d'Andenne, etc., cuites à une température de 1500° centigrades, sont infusibles; mais, tout corps étranger mélangé à l'argile forme avec ce silicate d'alumine un silicate multiple qui la rendra fusible. Quelle que semble être sa pureté, l'argile se transformera d'abord en une terre cuite; la température s'élevant, il y aura un commencement d'agglomération donnant au produit de la compacité et de l'imperméabilité; c'est cet état qui caractérise les grès. Si la

température continue à monter on arrivera à produire, à des températures supérieures à celles que l'on obtient industriellement, une matière pâteuse d'abord, vitreuse ensuite, on aura ainsi fondu, scorifié l'argile.

L'extrême variété des gisements d'argile permet de choisir, pour chaque fabrication, l'argile la plus convenable. Telle terre conviendra pour la brique, telle autre pour les carreaux, d'autres pour les grès ou la faïence, suivant la fusibilité, la plasticité et la coloration de la terre après cuisson.

**Dilatation.** — L'argile cuite, devenue du silicate d'alumine anhydre, ayant pris son retrait, a une dilatation propre, indépendante de tous les autres phénomènes que peut y produire la chaleur. Cette dilatation est plus faible que celle de la silice (1). La dilatation d'une même argile est variable selon la température de cuisson. Elle joue un rôle moindre dans la composition des pâtes que celle de la silice.

**Analyse des argiles.** — Si des essais pratiques donnent des indications sommaires très précieuses, il est presque toujours indispensable de rechercher, par l'analyse chimique, la composition des argiles.

Un grand nombre d'analyses ont été faites sur des échantillons lavés ; d'autres, en petit nombre, résultent d'échantillons bruts. Rappelons que, dans la même carrière, à quelques mètres de distance, on trouve des bancs de composition extrêmement différente et qu'il sera toujours bon de ne commencer une exploitation qu'après s'être assuré de l'importance et de la continuité d'un gisement. En tous cas, en vue de l'analyse, on prendra une série d'échantillons de même poids en divers points du même banc ; on

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, octobre 1898, p. 1228.

mélangerà bien intimement ces échantillons avant d'y prélever les quelques grammes qui serviront à l'analyse chimique.

Voici des analyses de terre de diverses provenances ; nous avons indiqué dans une colonne les emplois de ces terres :

Origine des Argiles	Composition chimique						Emploi des argiles
	Silice	Alumine et fer	Chaux	Magnésie	Alcalis	Eau	
Forges-les-Eaux	65,00	24,00	»	»	»	11,00	produits réfractaires
Dreux . . . . .	50,00	35,60	»	»	»	13,00	
Rambervillers . . . . .	73,43	20,50	1,15	»	1 »	4,10	grès
Dieulefit . . . . .	56,00	31,30	1	»	0,35	12,20	id.
Montereau . . . . .	64,50	24,60	»	»	»	10,00	faïences
Savignies . . . . .	65,00	33,00	»	2 »	»	»	poteries
Arceuil . . . . .	62,00	25,00	2	»	»	11,00	poteries de Paris
St-Henri à Mar- seille . . . . .	38,00	29,00	11,0	1 »	»	21,00	tuiles, carreaux

**Essais des argiles.** — Pour se rendre compte sommairement de la nature des argiles, on en laisse sécher un poids déterminé que l'on verse dans un vase rempli d'eau, on agite l'eau de façon à permettre à l'argile de se mettre en suspension, et on enlève, on décante cette eau argileuse au fur et à mesure de sa production ; lorsque toute l'argile a été ainsi enlevée, on trouve dans le fond du vase les impuretés, telles que sables, pyrites, etc. On se rend ainsi compte à peu près du degré de pureté ou mieux de propreté de l'argile.

On s'assure ensuite de la présence du carbonate de chaux en voyant si la boue argileuse que l'on a laissé dé-

poser dans le vase donne une effervescence marquée avec l'acide chlorhydrique étendu d'eau.

On remarquera que la plupart des terres, même réfractaires, contiennent des alcalis qui semblent provenir d'éléments feldspathiques ou gneissiques non décomposés ; d'autres contiennent du peroxyde de fer, qui leur donne, en même temps que les colorations caractéristiques qu'imprime ce métal, un point de cuisson plus bas.

La teneur en fer maxima semble être de 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, dosé à l'état de peroxyde, pour les briques rouges ; au-dessus de ce taux, la cuisson devient difficile à cause de la possibilité de production d'une matière fusible et vitreuse. La coloration que donne le fer dépend, ainsi que l'ont prouvé les expériences de Salvétat, de l'atmosphère du four où la cuisson a lieu ; ainsi, en atmosphère oxydante, on a des colorations rouges, brunes ou jaunes ; au feu réducteur, on obtiendra des tons gris, verdâtres, bleutés. Un grand nombre d'argiles sont additionnées de chaux dont la présence est nécessaire, sinon indispensable dans toutes les argiles que l'on voudra recouvrir d'un vernis ou d'une glaçure.

Les terres, surtout celles des environs de Paris, contiennent fréquemment des pyrites martiales (FeS<sup>2</sup>). Ce sont de gros rognons ou de petits grains d'une substance dense, d'un aspect métallique, disséminés dans la masse et qui provoquent de graves accidents ; en effet, au four, ces pyrites sont grillées, dégagent de l'acide sulfureux en abondance (au point d'incommoder les voisins), et il reste en place du peroxyde de fer qui fait fondre les parties environnantes, provoquant des trous et des boursoufflements. On évitera en grande partie cet inconvénient, si l'on ne procède pas au lavage de ces terres, en les étalant au soleil et à la pluie sur une aire en ciment. L'argile, en séchant au soleil, se retraitera et les eaux de pluie passant par les crevasses viendront atteindre et dissoudre les

pyrites qui se transformeront en sulfate de fer, soluble dans l'eau.

Il y a toujours intérêt à exploiter les argiles un an ou plus avant la consommation, et à procéder, ainsi que je viens de le dire, à un étendage à l'air qui constitue ce qu'on appelle le *pourrissage*.

**B. Les feldspaths.** — Quelle que soit la forme sous laquelle on emploie le feldspath, qu'il s'agisse de *feldspaths de Norvège*, de *pegmatites* ou *cailloux du Limousin* et de *granulites du Cornwall* ou de *Montebras*, les feldspaths constituent l'élément fusible ou agglomérant de la plupart des pâtes et des couvertes. Cette fusion, pour des feldspaths purs, semble se produire aux environs de 1300°C.

On échantillonnera les feldspaths, en faisant passer au grand feu d'un four à porcelaine, dans un godet en porcelaine dure, une petite quantité de feldspath broyé; on s'assurera de la blancheur et de l'état de fusion du produit fondu.

Il doit autant que possible y avoir très peu de bulles dans le mélange fondu, si l'on tient à avoir des couvertes bien nappées et peu bulleuses.

**Composition chimique des feldspaths.** — Les feldspaths sont des silicates d'alumine et d'une autre base, soude, potasse; leur densité est de 2,55. Ils ont un éclat vitreux particulier, sont incolores ou légèrement teintés en rose, en jaune, en vert clair par des traces de substances étrangères. Ils sont insolubles dans l'eau. Leur dureté est moindre que celle du quartz, mais suffisante pour rayer le verre.

Le feldspath se clive facilement. Quand on casse un fragment de feldspath, on obtient un parallépipède oblique, dont les quatre faces perpendiculaires l'une sur l'autre sont brillantes, tandis que les deux autres faces sont ternes.

Le feldspath est fusible en un émail incolore ; sa fusibilité varie avec sa composition, et est d'autant plus grande que sa teneur en silice est plus faible et sa teneur en alcali plus forte.

Le feldspath a une dilatation plus grande que celle du quartz.

La variété de feldspath la plus importante est l'*orthose*, qui se rencontre dans les matières employées en céramique. Sa formule est  $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{K}_2\text{O}$ . L'*albite* qu'on rencontre aussi, quoique moins souvent, a pour formule  $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}$ .

On trouve rarement dans la nature le feldspath sous forme de masses homogènes ; le plus souvent il est associé au quartz, au kaolin et au mica, et c'est à des roches feldspathiques ainsi constituées que le céramiste a recours.

Cependant, il existe certains gisements de feldspaths purs exploités.

Voici des analyses de ces feldspaths :

	Feldspath d'Uddevalla	Feldspath de Chauteloube
Silice . . . . .	64,44	63,11
Alumine . . . . .	18,75	19,76
Chaux . . . . .	0,27	2,27
Potasse . . . . .	13,82	14,57
Soude . . . . .	2,40	»
Oxyde de fer . . . . .	0,63	0,45

Le type de la pegmatite est la pegmatite de Saint-Yrieix (Haute-Vienne). Elle est remarquable par la rareté du mica et de l'oxyde de fer. Elle est d'une grande dureté, lorsqu'elle n'a pas subi un commencement de kaolinisation.

Voici des analyses de pegmatite et de petunsé, roche chinoise de même famille :

	Pegmatite de Saint-Yrieix	Petunse ou pétrosilicx
Silice . . . . .	72,05	76,40
Alumine . . . . .	17,52	45,37
Chaux. . . . .	1,75	0,17
Magnésie. . . . .	0,41	
Potasse . . . . .	5,12	2,84
Soude . . . . .	3,09	4,58
Fer (Fe <sup>2</sup> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,07	0,43
Eau. . . . .	0,00	0,81
Perte . . . . .	0,19	

La granulite de Cornouailles (Angleterre), appelée aussi *Cornwallstone*, constitue une matière première feldspathique très importante; son feldspath est sodique, la teneur en fer est variable suivant les gisements. Nous signalerons les gisements importants de Bohême et de Bavière; voici l'analyse des feldspaths qui en proviennent.

	Cornwallite (Pays de Galles.)	Feldspath de Ratisbonne (Bavière).
Silice . . . . .	74.34	87.78
Alumine . . . . .	48.40	7.36
Chaux et magnésie. . . . .	0.24	0.29
Potasse . . . . .	6	4.60
Soude . . . . .	»	4.00
Fer . . . . .	»	0.84
Eau et perte . . . . .	0.96	4.34

Nous avons vu que la plupart des roches feldspathiques auxquelles a recours le céramiste contiennent du quartz, du feldspath et du mica.

**Nature des micas.** — Les micas sont des silicates très complexes, contenant, outre l'alumine et des alcalis, de l'oxyde de fer, de la magnésie, parfois du fluor en quantité notable. Ils sont caractérisés par un clivage facile.

On en distingue un grand nombre de variétés que l'on range en trois groupes, dont les types sont :

1° La *biotite*, riche en protoxyde et en peroxyde de fer et en magnésie. Généralement les micas de ce groupe sont très colorés.

2° La *phlogopite*; les micas de ce groupe sont surtout magnésiens.

Nous citons seulement pour mémoire ces deux groupes de minéraux. Les seuls micas intéressants au point de vue céramique sont les muscovites.

3° La *muscovite*. A ce groupe appartiennent des micas, contenant les uns de la lithine, les autres du fluor, etc. Ils sont généralement riches en potasse. Celui qui donne son nom au groupe, et qu'on appelle *mica blanc* est composé d'après Tschermak de :

Silice. . . . .	45.37
Alumine. . . . .	37.50
Potasse . . . . .	41.32
Eau . . . . .	5.73

Il est contenu dans les granulites et pegmatites kaolinaires.

On rencontre les micas dans presque toutes les argiles et les kaolins; ils sont dans un état de très grande division et sont si légers qu'il est parfois impossible de les séparer par lévigation. Leur composition nous semble variable, mais ils peuvent communiquer aux pâtes de la résistance, en même temps que de la fusibilité. En effet, les argiles doivent aux micas certaines propriétés, par exemple la régularité de la dessiccation et même de la plasticité due à l'extrême finesse de ses grains.

On a utilisé en France les argiles micacées du Rossignol, près La Montagne, qui sont des argiles kaoliniques contenant environ 35 0/0 de micas. Certains kaolins chinois, riches en micas, donnent, du fait de la présence de ces minéraux, des porcelaines d'un ton ivoiré recherché.

C. *Les kaolins*. — Les kaolins sont plastiques et sujets au retrait comme les argiles. On emploie rarement les kaolins tels qu'ils sont extraits de la carrière.

On a pu comprendre, d'après ce qui a été dit, qu'un bloc de kaolin pris dans la carrière contiendra en proportions très variables de l'argile kaolinique, des quartz, des micas, des feldspaths non décomposés.

Comme il s'agira toujours d'employer autant que possible des matières industrielles, c'est-à-dire présentant toujours les mêmes compositions, les exploitants des carrières de porcelaine procèdent à des opérations de triage ou de décantation.

**Kaolins d'origine pegmatitique.** — Si nous prenons comme exemple de ces opérations, celles qui se font dans une carrière kaolinaire d'origine pegmatitique, comme celle de Bois-Vicomte (gisement de Saint-Yrieix), nous voyons que le kaolin est trié morceau par morceau, chaque morceau dépassant rarement la grosseur du poing.

La qualité industrielle dépendra de la teneur du produit en argile ; ainsi on trouve dans le commerce les qualités suivantes.

1° *L'argile ou kaolin argileux*, matière fine, très plastique, blanche, exempte de micas noirs, d'une teneur en kaolin vrai d'environ 80 % ; elle résulte de la décomposition de pegmatites peu riches en quartz, et, dans les carrières de Marsaguet (Haute-Vienne), d'une sorte de lavage méthodique dû à la circulation descendante des eaux superficielles.

2° *Les lavages gras*, matière similaire à la précédente, mais qu'il faudra laver à cause de la présence des micas noirs. Ces produits très riches en argile sont presque toujours blancs, rarement jaunes.

3° *Les caillouteuses grasses* ; c'est une sorte de granite à gros grains, décomposé, qui donne 35 à 50 % de kaolin ;

le sable contient du gros quartz, des micas, généralement peu de feldspath.

4° *Les caillouteuses maigres*, dérivant d'un granite dont elles ont conservé la structure. La teneur en kaolin varie de 15 à 35 %; le kaolin est moins plastique et moins blanc que précédemment; le grain des minéraux étrangers au kaolin est assez gros.

5° *Les sablonneuses*; dues sans doute à une séparation mécanique souterraine, se rencontrent au fond des amas, rarement sur les côtés. Elles contiennent du kaolin (20 à 60 %), du sable siliceux fin, très peu d'éléments fusibles.

6° *Les lavages maigres* sont de même ordre, formées de caillouteuses ou sablonneuses riches en micas noirs.

Les argiles, les caillouteuses grasses ou maigres, les sablonneuses entrent directement dans la composition des pâtes à porcelaine.

Il n'en est pas de même des lavages gras ou maigres que l'on transforme en *décantées*.

6° *Les décantées*. La manière de former le mélange destiné à produire les décantées n'est pas indifférente. Cette décantée doit avoir une plasticité normale et une teneur en argile kaolinique d'environ 85 %. De plus la coloration doit être aussi blanche que possible; il en résulte que des couches un peu ferrugineuses ne pourront passer dans le mélange qu'additionnées de matières plus pures. Un bon mélange (en éléments secs à 110° C) de 55 kilos d'éléments gras et de 45 kilos d'éléments maigres (1) donnera généralement 75 kilos de décantée. On fabrique aussi une décantée plus grossière ou *décantée inférieure*, que l'on introduit dans la composition des pâtes pour isolateurs électriques.

Les sables résiduaire sont inutilisés à l'heure qu'il est; pourtant leur teneur en éléments fusibles, leur plasticité

(1) Auscher, *Les Céramiques cuisant à haute température*.

relative après broyage les destinent à la fabrication de grès porcelaniques.

Au sortir de la carrière, les lavages gras et les kaolins argileux contiennent de 18 à 27 % d'eau de carrière ; les produits maigres n'ont que 12 à 18 % d'eau. Cette teneur en eau de carrière peut indiquer approximativement la teneur en kaolin. Nous avons constaté que l'eau de carrière correspond à environ 0 k. 300 pour 1 k. de kaolin pur.

Ces matières se vendent humides, avec leur eau de carrière. Suivant beauté et richesse en argile, le prix varie de 15 à 180 fr. la tonne, en gare de Saint-Yrieix ou de Cousac-Bonneval.

Comme on le comprend, les éléments principaux que l'on rencontre dans ces qualités commerciales sont le quartz, le kaolin, le feldspath, la muscovite (mica blanc).

Voici quelques analyses de ces produits dans le tableau ci-contre (voir page 45).

Suivant la teneur en alumine ou en alcalis, on aura, ainsi qu'il est facile de le comprendre, un élément réfractaire et plastique, ou un élément fusible.

**Kaolins d'origine granitique.** — Ces kaolins ne se vendent que très rarement à l'état brut. On les transforme toujours en *décantées*. On est obligé de désagréger, dans la carrière, le granite ou la granulite décomposée sous l'effet d'un courant d'eau (Echassières, Beauvoir, Les Colettes, Cornwall, La Jonchère), de délayer, d'écraser ce granite dans l'eau qui se charge de kaolin, alors que les sables contenant les micas, les feldspaths non décomposés et le quartz se déposent dans l'ordre de leur densité ; on recueille l'eau chargée de kaolin dans de vastes citernes où l'eau se décante ; quand le kaolin forme une barbotine assez épaisse, on coule cette barbotine dans des bassins formés de sables damés et filtrants ; le kaolin en sort à l'état de pâte raffermie que l'on dépose en gros morceaux

ANALYSES DE KAOLINS PROVENANT DE GISEMENTS :

Localité	GRANITIQUES						PEGMATIQUES						STRATIPIÉS	
	La Jonchère	Les Coelles	St-Austell	Tour-Kay	Bohème		Marsa-guel	Argile de Kaolin	Argile	Cailion-tense	Cailion-tense	Coussac	Marsa-guel	Belle
Nom commercial	Décantée	R. N.	Strong Clay		Décantée		Argile de Kaolin	Argile	Cailion-tense	Cailion-tense	Coussac	Marsa-guel	Belle	Eyzies
Silice. . . . .	51.33	49.11	48.35	50.50	47.34		46.15	48.10	66.64	50.45	70.85	50.14	58.11	
Alumine & fer.	34.62	36.82	36.75	35.50	37.26		38.14	36.15	24.03	34.82	18.75	35.95	28.98	
Chaux. . . . .	0.62	"	"	"	"		0.70	0.69	"	0.79	1.09			
Magnésie. . . . .	0.08	"	"	0.80	1.58		0.09	0.06	"	0.10	0.06			
Potasse. . . . .	0.97	0.82	0.96	1.90			0.79	1.15	0.42	2.01	2.73	0.73	1.12	
Soude. . . . .	1.16	0.66	"	"			0.62	1.95	0.53	0.88	0.75			
Eau. . . . .	11.08	12.48	13.00	11.20	13.37		13.33	11.75	8.02	10.44	4.15	12.91	11.54	
Fluor. . . . .	0.09	0.41	"	"	"		0.31	0.11	0.27	0.33	1.17	"	"	
Analyses. . . . .	Auscher	Auscher	Salvetal	Ehلمان	Malaguti		Auscher	Auscher	Auscher	Auscher	Auscher	Auscher	Auscher	

sur les rayons de séchoirs disposés de façon à subir l'action du vent. Dans les moments d'urgence, on procède à la dessiccation par le moyen de séchoirs marchant au feu et formés de dalles en terres réfractaires sur lesquelles on met l'argile à sécher. Mais le séchage à l'air est préférable, car il ne modifie point les qualités de plasticité et de retrait.

Dans le département de l'Allier, on produit diverses qualités ou décantées, blanches, rosées, jaunâtres. Celles de Beauvoir sont plus fines que celles des Colettes (1).

Les décantées de La Jonchère (Haute-Vienne) portent le nom des filons qui les produisent, argile des Vignes, du Buisson, etc., et sont très appréciées pour la fabrication des porcelaines de Limoges, à cause de leur constance de composition.

Les décantées du Cornwall sont connues sous le nom de *kaolins anglais*. On en fait une grande consommation pour la fabrication des pâtes à porcelaine et surtout à faïence fine.

**Kaolins d'origine stratifiée.** — Pour ces kaolins, un triage très soigné à la carrière donne plusieurs qualités suivant la couleur blanche, ambrée ou jaune du produit.

Tout comme l'argile, le kaolin est un silicate d'alumine hydraté ; mais il cuit en blanc au grand feu de porcelaine et a un retrait différent de celui des argiles.

**D. Quartz et sables.** — Les quartz et sables sont constitués par la silice, qui entre dans la composition de toutes les céramiques.

**Variétés de quartz.** — Il existe un très grand nombre de variétés différentes par leur nature et leurs propriétés.

(1) Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine*.

*Silice anhydre.* — Sous sa forme nettement cristallisée la silice constitue le quartz si abondamment répandu dans la nature.

La variété qui présente la forme cristalline hexagonale s'appelle le *crystal de roche*. Il est blanc, mais peut être coloré par diverses impuretés. Sa densité est de 2,5 à 2,8.

Les silex pyromaque ou *pierres à fusil*, les galets, sont formés de silice pure malgré leur coloration ; ce sont des silices amorphes anhydres.

La silice anhydre existe encore sous une forme intermédiaire aux deux précédentes qui porte le nom de *calcédoine*. M. Le Châtelier considère cette substance comme étant réellement cristallisée.

Le quartz qui forme la gangue des filons affecte une texture cristalline confuse, mais non douteuse et forme l'intermédiaire entre le quartz en cristaux nets et définis, tels qu'on les trouve dans les géodes, et la forme appelée calcédoine.

Il existe une autre silice anhydre appelée *tridymite*.

Cette forme naturelle de la silice est assez rare et sans grand intérêt pratique ; elle est au contraire intéressante à un haut degré, au point de vue théorique, ainsi qu'on le verra plus loin.

*Silice hydratée.* — La silice peut exister hydratée ; telle est l'*opale*, qui contient jusqu'à 12 % d'eau de cristallisation.

La silice se comporte de façon différente avec les réactifs chimiques, suivant qu'elle est à l'état cristallisé ou à l'état amorphe.

La silice cristallisée, finement pulvérisée, est à peine attaquable par une solution de potasse à l'ébullition ; la silice amorphe se dissout au contraire très facilement surtout à chaud. La solution de carbonate de potasse dissout de même beaucoup plus facilement la silice amorphe que la silice cristallisée.

Quand on fond dans un creuset un mélange de silice finement pulvérisée avec du carbonate de soude ou de potasse, il se forme le silicate correspondant.

**Propriétés physiques.** — Au cours de ses recherches sur la dilatation des pâtes, M. Le Châtelier a été amené à rechercher la cause des anomalies que les pâtes présentent parfois ; il a trouvé cette cause dans la dilatation différente des diverses sortes de silice (1).

M. Le Châtelier opère sur des prismes de quartz ayant 110 millimètres de longueur et 5 millimètres environ de largeur ; ces prismes sont chauffés à des températures allant de 15 à 1060 degrés et leur longueur est observée pendant l'accroissement et pendant la diminution de la température ; c'est la moyenne des deux valeurs qui sert de mesure.

Pendant qu'on les chauffe, les prismes de quartz se fissurent et se gonflent d'une manière telle que l'allongement dû à la seule dilatation est parfois impossible à mesurer ; c'est le plus souvent sur des quartz soumis à une calcination préalable et ayant résisté au fissurage que les mesures ont pu être prises.

Les déterminations ont été faites sur des prismes de quartz taillés de deux façons différentes : 1<sup>o</sup> suivant une direction parallèle à l'axe ; 2<sup>o</sup> suivant une direction perpendiculaire à l'axe. On sait que d'une manière générale les propriétés physiques des cristaux sont différentes suivant qu'on les considère par rapport à telle ou telle direction cristallographique, c'est là la base de la cristallographie physique. Il en est ainsi de la dilatation du quartz ; elle est plus grande dans un sens perpendiculaire à l'axe cristallographique principal.

M. Le Châtelier a examiné en même temps des échan-

(1) Le Châtelier, *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*

tillons, appartenant au type calcédoine, qui sont le grès de Bagnoles déjà calciné, le silex de la craie, après deux calcinations, le bois silicifié et calciné, etc.

Les chiffres que M. Le Châtelier appelle valeurs moyennes, résultent des moyennes des dilatations suivant l'un et l'autre axe d'un certain nombre d'échantillons : c'est la valeur de la dilatation d'un quartz, qui serait formé d'une infinité de petits cristaux disposés dans toutes les directions.

Il résulte nettement des déterminations de M. Le Châtelier, résumées dans le graphique ci-contre (voir fig. 4), que la dilatation du quartz ne suit pas une marche régulière ; certains échantillons n'offrent pas le même allongement, lors de leur échauffement ou lors de leur refroidissement à une température donnée, ce qui montre bien pour ce point un changement brusque des dimensions. C'est vers 570 degrés que se produit pour le quartz ce phénomène remarquable (voir fig. 4). Il est probable que c'est ce phénomène qui accompagne la fissuration du quartz pendant sa calcination, et que l'on utilise tant pour faciliter le broyage que pour éviter le gonflement des pâtes et des couvertes qui se produit avec du quartz non calciné.

M. Le Châtelier a étendu ses recherches aux autres variétés de silice. La figure 4 montre que la tridymite a un changement brusque à 130° et passe par un maximum vers 750°, ce qui n'existe pour aucune autre silice.

La calcédoine et le bois fossile, calcinés à 1500°, présentent une variation brusque de dilatation vers 200°, mais d'une amplitude bien plus considérable que celles présentées par les variétés cristallines. C'est exactement à 240° que le phénomène se produit ; au delà de cette température, la dilatation augmente d'une façon continue.

La dernière variété de silice (silice amorphe), étudiée par M. Le Châtelier, est un quartz calciné à 1600° et aggloméré par 2 % de chaux. La dilatation de cette substance

est beaucoup plus faible que les dilatations de celles précédemment examinées et elle ne présente pas d'anomalies.

M. Le Châtelier pense que c'est là la seule forme de silice

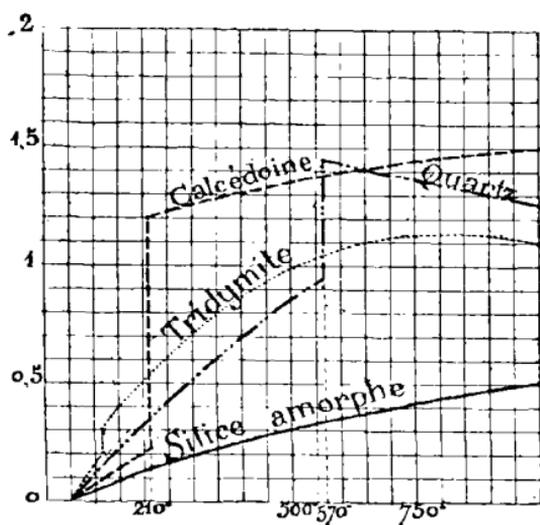


Fig. 1. — Détermination de la dilatation de diverses sortes de silice.

véritablement amorphe. Or cette silice quartzreuse, chauffée à haute température avec quelques centièmes d'alcali, réalise précisément les conditions de l'élément siliceux de la porcelaine.

C'est ce qui explique pourquoi il n'est pas indifférent d'employer telle ou telle variété de silice et de la calciner ou non.

**Calcination des quartz.** — Lorsque l'on est obligé d'utiliser les quartzites, qui sont très dures, on est tenu de les calciner à une température de 900° ou 1000° C ; il en est de même des galets de Saint-Valery, que l'on calcine soit dans des fours coulants analogues aux fours servant à la fabrication de la chaux, soit dans des fours intermit-

tents enterrés dans le sol comme ceux du Staffordshire et où l'on procède à la calcination lente des galets. On utilise en général les fours enterrés du genre de celui qui est employé en Angleterre.

Dans le sens perpendiculaire à celui qu'indique la coupe ci-contre (voir fig. 2), se trouve un chemin, se rendant jusqu'au foyer A, dont il permet le chargement, en même temps qu'on peut vider par en dessous le quartz calciné, le remplissage se faisant par le haut.

On se sert quelquefois de fours à reverbères, dans lesquels le quartz est disposé sur la sole ; sur la grille, on brûle des combustibles pauvres, sur lesquels on insuffle de l'air (1).

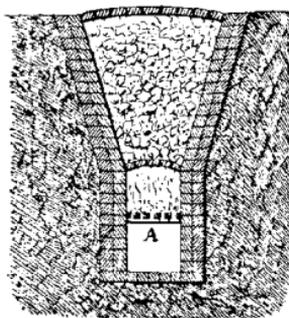


Fig. 2. — Four à calciner le quartz.

**E. La craie et la marne.** — Le carbonate de chaux ou craie existe en grande abondance dans la nature ; il fait effervescence avec les acides. Sa densité est 2.7 environ. Sa dureté est assez variable, suivant la variété à laquelle il appartient.

A une température supérieure à 800°, il commence à se dissocier, l'acide carbonique se dégage, et il se forme de la chaux vive.

La céramique emploie des calcaires très divers. Le blanc de Meudon, variété de craie qui a été soumise à un lavage pour en éliminer les parties grossières, est du carbonate de chaux pur à l'état très divisé, qu'on emploie dans certaines fabrications soignées.

On se sert aussi de *marnes*, mélanges intimes d'argile

(1) Voir Salvétat, *Leçons de céramique*, t. II.

plus ou moins micacée et de calcaire. Les proportions relatives de silicate d'alumine et de carbonate de chaux y varient dans de grandes limites : les marnes dites *argileuses* contiennent de 70 à 80 % d'argile ; les marnes dites *calcaires* en contiennent de 20 à 40. Selon la prédominance de l'un ou de l'autre élément elles sont plus ou moins plastiques et capables d'être introduites dans des mélanges céramiques en proportions très différentes.

## CHAPITRE V

### PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES PÂTES CÉRAMIQUES

Qu'il s'agisse de fabriquer des briques ou des porcelaines, des faïences ou des grès, les pâtes céramiques doivent présenter un certain nombre de qualités qui sont les suivantes : le façonnage doit être facile ; le mélange des éléments doit être intime ; les procédés doivent mettre en œuvre les pâtes sous un degré d'humidité telle que le retrait ne déforme pas les pièces ; le retrait et la plasticité doivent donc être étudiés avec soin aux diverses températures industrielles du produit.

Au point de vue de la cuisson, la pâte devra être composée de façon à ne pas se déformer facilement, et à résister à l'action du feu.

Le céramiste devra donc, après avoir analysé les divers éléments qui constituent les pâtes, et avoir cherché un procédé de mélange qui assure la constance du produit, étudier la plasticité, les retraits et la fusibilité de la pâte.

**Plasticité.** — La plasticité, c'est-à-dire la faculté de pouvoir prendre aisément toutes les formes sous l'action de la main ou de l'outil du potier, est une condition nécessaire que doit remplir toute pâte céramique que l'on emploiera humide. Pourtant certaines poteries sont faites de pâtes qui ne possèdent pour ainsi dire aucune plasticité et qui sont rendues plastiques par des plastifiants végétaux.

A chaque sorte de fabrication, à chaque sorte de façonnage correspond un degré de plasticité de la pâte.

Les matières plastiques ou *grasses* sont principalement les diverses sortes d'argiles et de kaolins ou même certains micas très fins.

Les matières antiplastiques ou *dégraissantes* sont le quartz, le feldspath, la craie, etc.

Les matériaux antiplastiques sont d'autant plus dégraissants que leur grain est plus gros.

On peut développer la plasticité des pâtes par un malaxage convenable.

La proportion d'eau joue le rôle le plus important dans la façon dont se comporte la pâte. Si on prend une pâte d'une plasticité ordinaire préalablement privée d'eau par dessiccation, et si on l'humecte peu à peu, on observera qu'elle se pétrira de plus en plus facilement, sans adhérer aux doigts ou à l'outil; qu'ensuite elle y adhérera, et cessera enfin complètement de pouvoir être façonnée.

Les potiers évaluent la plasticité en façonnant par un procédé quelconque des objets de forme simple, par exemple des cylindres, qui peuvent être obtenus d'autant plus longs que la pâte employée est plus plastique.

M. Bischof a fait des essais en vue d'obtenir des nombres exprimant la plasticité. Ces nombres n'ont d'ailleurs rien d'absolu.

Une méthode, qui peut parfois rendre service, consiste à incorporer aux substances dont on veut mesurer la plasticité, après qu'on les a parfaitement desséchées, des quan-

tités croissantes de sable quartzeux fin bien homogène. On fait alors, avec une proportion d'eau identique pour chaque mélange, une série de pâtes avec lesquelles on forme des boulettes qu'on laisse sécher. En frottant ces boulettes sèches entre le pouce et l'index, on observe que, à partir d'une certaine quantité de sable ajoutée, les boulettes se désagrègent, tandis que celles qui ont moins de sable restent entières. La boulette qui est juste à la limite contient une quantité de sable qui peut servir à mesurer la plasticité.

**Retrait.** — Quand on chauffe une pâte argileuse, c'est d'abord l'eau hygrométrique qui disparaît par la dessiccation jusqu'à une température peu supérieure à 100° entraînant un premier retrait très considérable. Lorsque la température croît et dépasse 500° environ, la décomposition du silicate d'alumine hydraté commence à se produire, et, en même temps que la plasticité est définitivement perdue, une nouvelle diminution de volume se manifeste. Le premier retrait ou *retrait à la dessiccation* est beaucoup plus considérable que le second ou *retrait à la cuisson*.

On mesure le retrait en formant avec la pâte à étudier un parallépipède, sur une des faces duquel on trace une ligne dont on mesure exactement la longueur; on mesurera à nouveau cette ligne quand le parallépipède aura été porté à la température voulue; le rapport des deux longueurs indiquera le retrait.

Après que l'élimination de l'eau hygrométrique et de l'eau combinée ont eu lieu, des réactions chimiques entre les constituants des pâtes commencent et produisent une contraction qui s'ajoute au retrait ou un gonflement qui s'oppose au retrait.

Ainsi la combinaison de l'argile et de la chaux produit un gonflement à une température voisine de celle de dissociation du carbonate de chaux; vers 800°, la silice de densité 2,6 passant à la densité 2,2 provoquera encore

un gonflement, mais l'ensemble des gonflements ne dépasse pas les contractions et en définitive les pâtes présentent toujours un retrait par la cuisson.

## CHAPITRE VI

### ÉTUDE DES ÉLÉMENTS QUI CONSTITUENT LES COUVERTES INCOLORES

Ainsi qu'on a pu le voir, lorsque nous avons étudié la classification des poteries, on peut recouvrir la terre d'enduits vitreux extrêmement variés, que l'on appelle suivant les cas, *vernis*, *émail*, *couverte*, *glaçure*.

Ces glaçures sont de véritables verres, souvent formés de toutes pièces, fondus ou non fondus avant leur application sur la poterie façonnée ; mais qui, souvent aussi, se composent, au moment même de la cuisson, par la combinaison de l'enduit non vitreux avec la silice de la pâte réagissant à la température rouge. Les glaçures des poteries anglaises, celles des porcelaines dures, l'émail des faïences communes appartiennent aux premiers enduits ; l'alquifoux (sulfure de plomb), dont on forme la glaçure de poteries communes, le sel marin en vapeur qu'on met au contact des poteries de grès composent la deuxième sorte d'enduits.

Les principaux éléments employés dans la composition des couvertes incolores sont d'abord le quartz, le feldspath, la craie ou carbonate de chaux, le kaolin que nous avons déjà étudiés. On se sert aussi quelquefois de la pâte même qu'il s'agit d'émailler et que l'on emploie crue ou cuite et broyée impalpable sous le nom de *tesson*.

Mais on emploie d'autres produits tels que l'acide borique, le borax, divers sels de plomb, etc., que nous allons successivement passer en revue.

**L'acide borique.** — L'acide borique remplace souvent l'acide silicique dans les couvertes céramiques.

L'emploi de l'acide borique est limité par son prix relativement élevé, par sa fusibilité, et par la solubilité des borates dans l'eau.

L'acide borique qu'on rencontre dans les produits céramiques y est introduit sous trois formes principales : directement à l'état d'acide borique, à l'état de borate de soude ou borax, enfin à l'état de borate de chaux.

L'acide borique du commerce, chauffé fortement, fond d'abord, puis il dégage ses 50 % d'eau, et on obtient l'acide borique anhydre. Au rouge sombre l'acide anhydre subit la fusion ignée.

L'acide borique anhydre fondu est une masse amorphe semblable à un verre, très dure.

La densité de l'acide borique hydraté en paillettes est 1,48 ; la densité de l'acide anhydre fondu est 1,83.

Les formes commerciales de l'acide borique hydraté sont l'*acide borique de Toscane*, produit jaunâtre assez impur, renfermant 85 à 90 % d'acide borique et l'*acide borique raffiné* en fines paillettes blanches, contenant seulement 2 à 3 % d'impuretés.

**Le borax.** — Le borate de soude ou borax est la forme sous laquelle on introduit le plus souvent l'acide borique dans les mélanges céramiques.

Le borax cristallisé a pour formule  $\text{Bo}^4\text{O}^7\text{Na}^2, 10\text{H}^2\text{O}$ . On voit que ce composé contient une grande quantité d'eau.

La densité du borax est de 1,7. Quand on le chauffe, il fond dans son eau de cristallisation, puis se boursoufle et

perd cette eau ; finalement il donne un liquide limpide, qui, par refroidissement, forme une sorte de verre incolore et transparent de composition  $\text{Bo}^4\text{O}^7\text{Na}^2$ .

Le borax fondu possède la propriété de dissoudre avec la plus grande facilité les oxydes métalliques pour donner des verres colorés. C'est là la raison de ses divers emplois industriels.

Le *tincal* est un borax américain ou indien, naturel, de teneur extrêmement variable ; il vaut mieux employer le borax raffiné qui contient 37 % d'acide borique et 62 % de soude.

La dilatation des borates est très considérable. Dans une série de déterminations faites par M. Coupeau (1) portant sur un grand nombre de substances et de couvertes céramiques, c'est le borax qui a la plus grande dilatation. De 100° à 300°, sa dilatation est environ double de la dilatation de la pegmatite, constituant essentiel de la couverte de porcelaine dure. C'est là un fait très important.

Les borates sont plus fusibles que les silicates correspondants, mais ils sont aussi plus attaquables par les acides et c'est ce qui en limite l'emploi.

**Le sel marin.** — Le sel marin ou chlorure de sodium entre dans la composition de certaines glaçures, mais son usage principal est le *salage* du grès, c'est-à-dire son introduction dans le four à la fin de la cuisson pour former, au contact de l'argile, un silicate double d'alumine et de soude constituant la glaçure. On emploie du sel dénaturé, afin d'éviter les droits qui frappent cette matière pure. Certains fabricants donnent la préférence au sel marin qui a préalablement servi à la conservation du poisson desséché.

**Le carbonate et le sulfate de soude.** — On se servait

(1) Coupeau, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, octobre 1898.

au xviii<sup>e</sup> siècle du résidu de la calcination des plantes marines pour introduire des sels de soude dans les couvertes et les frites.

On emploie aujourd'hui le carbonate et le sulfate de soude du commerce, pour introduire la soude dans les couvertes. Le carbonate de soude  $\text{CO}^3\text{Na}^2$  est le plus employé.

On peut aussi utiliser le sulfate de soude.

On trouve dans le commerce le sulfate de soude sous forme hydratée  $\text{SO}^4\text{Na}^2, 10\text{H}^2\text{O}$  ; on le calcine préalablement, pour lui faire perdre la grande quantité d'eau qu'il contient.

**Le carbonate de potasse.** — On introduit parfois de la potasse dans les glaçures. On se sert toujours de carbonate de potasse.

Ce carbonate est extrait des cendres des végétaux, des vinasses de betteraves, du lavage des laines, ou provient du traitement de la *carrollite*, sel soluble des mines de Stassfurth.

Suivant leur mode de fabrication, ces différents produits, qu'on désigne sous le nom de *potasses*, sont plus ou moins mélangés d'impuretés. Aussi vaut-il mieux avoir recours à de la potasse raffinée qui a subi une purification complète et doit contenir de 96 à 98 % de  $\text{CO}^3\text{K}^2$ .

Le carbonate de potasse est plus soluble dans l'eau que le carbonate de soude ; il fait effervescence aux acides et communique aux flammes une coloration violette.

**L'azotate de potasse.** — Quand on introduit dans un mélange céramique de l'azotate de potasse, en même temps qu'il se forme un silicate alcalin, il se dégage des gaz qui au lieu d'être inertes comme l'acide carbonique, ont un pouvoir oxydant très énergique. De là l'emploi, restreint d'ailleurs, de ce produit pour la préparation de certaines

couvertes. L'azotate de potasse ou salpêtre  $AzO^3K$  est un sel blanc, cristallisant en prismes. Il est très soluble dans l'eau.

**Les oxydes de plomb.** — Le plomb forme avec la silice et l'acide borique des silicates et des borates fusibles ; il entre dans la composition d'un grand nombre de vernis. Le cristal est un verre à base de plomb ; le plomb donne de l'éclat aux compositions vitrifiables dans lesquelles il entre.

Le plomb peut être introduit sous forme de litharge  $PbO$ , de minium  $Pb^3O^4$ , ou de céruse  $CO^3Pb^2$ .

Quand on chauffe du plomb à l'air vers  $600^{\circ}$ , qui est sa température de fusion, le métal fondu se recouvre d'une pellicule jaunâtre. Si on enlève cette pellicule au fur et à mesure de sa formation, tout le métal est bientôt transformé en une matière jaune qui constitue le *massicot* ; cette matière, chauffée au rouge, fond sans changer de composition et donne par refroidissement une masse formée de paillettes brillantes jaunâtres qui constituent la *litharge*.

La litharge, chauffée longtemps au contact de l'air, absorbe de l'oxygène et donne une poudre rouge vif qui est le *minium*. L'un et l'autre produit se combinent avec la plus grande facilité avec la silice, pour donner un même silicate qui est blanc et très fusible. L'excès d'oxygène du minium joue parfois un rôle utile et explique la préférence qu'on donne à ce composé.

La litharge et le minium ont l'inconvénient de rester difficilement en suspension dans l'eau. Pour cette raison on leur substitue parfois la *céruse* ou carbonate de plomb. C'est un produit très fin (hors le cas de falsification par mélange avec du sulfate de baryte). Il est blanc, onctueux, très fin, en sorte qu'il se répand facilement en poussières ; aussi il est absolument nécessaire de le broyer sous l'eau ; d'ailleurs tous les composés du plomb étant extrêmement

toxiques doivent être travaillés avec les précautions indiquées page 163 de ce volume.

Les fabricants de poteries très grossières ont parfois recours pour leur glaçure à un composé plombé appelé *alquifoux* ; c'est du sulfure de plomb  $PbS$ , provenant du broyage d'un produit naturel, la galène.

**Le phosphate de chaux.** — Le phosphate de chaux entre dans la composition des porcelaines tendres anglaises.

Il existe dans la nature en grande abondance sous forme de divers minéraux (apatite, phosphorite, etc.), mais on préfère se servir d'os de moutons calcinés.

Le phosphate de chaux est très fusible. Introduit dans les mélanges vitrifiables il possède la propriété de leur donner de l'opacité.

L'acide phosphorique, introduit dans les pâtes ou dans les couvertes, en augmente considérablement la dilatation, ainsi qu'il résulte des essais de M. Coupeau (1) faits sur des mélanges d'argile, de sable et de chaux d'une part, et des mélanges d'argile, de sable et d'os calcinés d'autre part, composés de manière que la teneur en chaux y soit la même ; on constate que la dilatation de ceux qui contiennent de l'acide phosphorique est beaucoup plus considérable.

**L'oxyde d'étain.** — Lorsque l'on veut masquer la coloration de la pâte par une matière blanche et opaque, on se sert de l'étain. Il semble que l'oxyde d'étain ne se dissolve pas dans les verres et les cristaux.

On obtient dans la plupart des faïenceries un produit appelé *calcine* et qui contient, en proportions convenables,

(1) Coupeau, *Bull. Soc. d'encouragement*, octobre 1898, p. 1303.

des oxydes de plomb et d'étain, en procédant de la manière suivante :

On dispose sur la sole en briques réfractaires A (voir fig. 3) d'un four à calcine ou fournette, du plomb et de

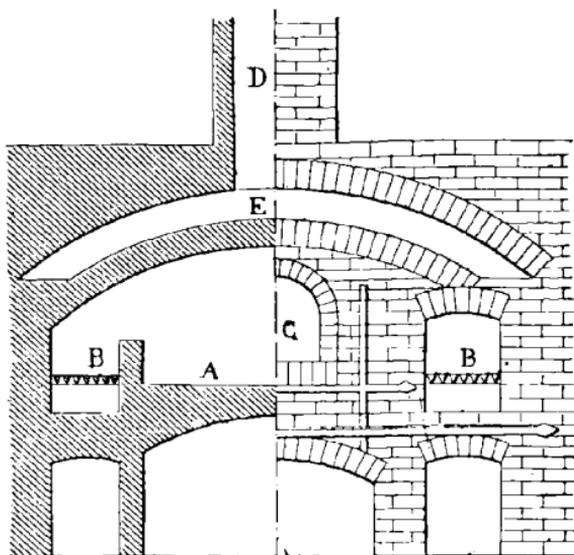


Fig. 3. — Four à calcine ou fournette.

l'étain métalliques. Par deux foyers latéraux B, on chauffe en brûlant un combustible autant que possible non sulfureux.

La flamme se rabat sur l'autel et se dirige vers une porte, disposée en avant, par laquelle l'ouvrier charge les métaux, les remue pendant leur fusion, et enlève les matières calcinées ; une partie des gaz s'échappe par l'ouverture C, mais la plus grande partie des flammes est enlevée par une cheminée D qui communique avec une voûte E qui règne sur toute la profondeur du four. Le four que nous décrivons mesure 2<sup>m</sup>,80 de grille à grille et peut cal-

ciner à la fois 150 kilogrammes de métaux qui donnent 165 kilogrammes de calcine.

Les calcinés les plus usitées dans la faïencerie sont la calcine dure, composée de 23 d'oxyde d'étain pour 77 d'oxyde de plomb, et la calcine tendre, composée de 18 d'oxyde d'étain pour 82 d'oxyde de plomb. C'est cette calcine qui donne l'opacité à l'émail des faïences stannifères (Nevers, Rouen, Quimper, etc.).

## CHAPITRE VII

### ETUDE PHYSIQUE DES COUVERTES ET DE LEUR RAPPORT AVEC LES PATES

Toute pièce céramique se compose en principe de deux couches superposées, de composition chimique et d'état physique différents : l'une, la *couverte*, matte ou glacée, tout à fait vitrifiée ; l'autre, la *pâte*, à un état variable, très loin de la vitrification dans les terres cuites, les faïences, s'en rapprochant davantage dans les grès ou les porcelaines.

Il est nécessaire que les contractions de l'une et l'autre parties, depuis la température de solidification de la couverte, c'est-à-dire un peu au-dessous de la température de cuisson de la poterie, jusqu'à la température ordinaire soient identiques, ou tout au moins que la différence de contraction ne puisse produire qu'un effort inférieur à la limite d'élasticité de la couverte.

A mesure que la différence de contraction augmente, on approche de cette limite où la rupture a forcément lieu, et

on obtient un équilibre plus instable, d'où une tendance à l'altération de la couverte sous des influences diverses. Car c'est naturellement celle-ci en couche plus mince et moins résistante qui se brise, et les défauts les plus fréquents des poteries sont les défauts des couvertes, la tressaillure et l'écaillage.

Les *tressaillures* se présentent à la surface de la poterie sous forme d'un réseau de lignes fines, qui sont des solutions de continuité de la couverte. Le défaut est d'autant plus grave que la pâte ainsi mise à nu est plus poreuse. On donne aussi à cette sorte d'accident le nom de *craquelé*, et parfois, lorsque les réseaux ainsi formés affectent une certaine régularité, on en tire un parti décoratif (voir fig. 4).

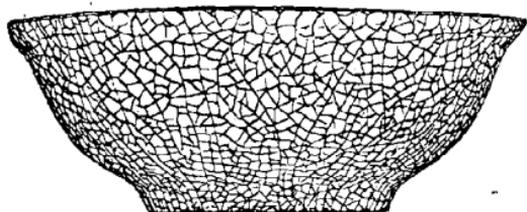


Fig. 4. — Bol en porcelaine de Chine craquelée (collection Auscher).

Ce défaut se produit lorsque, pendant le refroidissement, la couverte s'est contractée davantage que la pâte — c'est-à-dire lorsque le coefficient de dilatation de la couverte est trop grand.

L'*écaillage* se produit lorsque, après fendillement de la couverte, les fragments tendent à déborder les uns sur les autres, et même à se détacher complètement, entraînant parfois une certaine épaisseur de pâte sous-jacente.

C'est lorsque la couverte s'est contractée moins que la pâte que ce défaut se produit ; c'est-à-dire lorsque le coeffi-

cient de dilatation de la couverte est trop petit par rapport à celui de la pâte.

Quand l'égalité des contractions de la couverte et de la pâte est réalisée, on dit que ces deux éléments *s'accordent*. L'obtention de cet accord est le plus délicat des problèmes qui soient posés au céramiste, qui du reste ne réalise généralement que des solutions approchées. L'absence complète des deux défauts dont nous venons de parler est le criterium d'une poterie parfaite au point de vue technique, et l'observation courante montre que peu de fabrications, tant anciennes que modernes, en sont complètement exemptes, surtout en ce qui concerne les tressaillures, car les couvertes sont en général plus dilatables que les pâtes.

Lorsque l'accord n'est réalisé que grâce à l'élasticité de la couverte, c'est-à-dire alors que l'équilibre est forcément instable, il arrive que les défauts se manifestent très longtemps après la fabrication de l'objet céramique, par suite de la rupture de cet équilibre.

Même, lorsque le céramiste est arrivé à des compositions de pâte et de couverte qui s'accordent habituellement, il peut arriver, par suite d'une irrégularité dans la cuisson, que certaines pièces soient tressaillées malgré l'emploi de matériaux irréprochables ; nous en verrons plus loin l'explication.

Comme il est arrivé dans toutes les industries ayant un long passé, c'est par une suite incessante de recherches et d'efforts parfois non raisonnés que beaucoup de points intéressants ont été acquis en céramique, constituant la tradition des praticiens accomplis. Mais quand les causes immédiates des phénomènes ne sont pas connues de ceux qui les mettent en jeu, les succès alternent fréquemment avec les résultats heureux : il suffit du moindre changement survenu à l'insu du céramiste dans la composition ou la nature physique des matériaux employés, dans les conditions où s'effectue une des multiples opérations qui

concourent à la fabrication de ses produits pour que la qualité de ceux-ci baisse tout à coup ; d'où de nombreux mécomptes, lorsque des données scientifiques précises ne viennent apporter une solution rationnelle.

Pendant trop longtemps des procédés empiriques ont seuls été mis en œuvre pour modifier les compositions relatives des pâtes et des couvertes en vue de leur accord. Depuis quelques années seulement, les propriétés physiques de leurs éléments ont été soigneusement étudiées, et le technicien peut *mesurer* les phénomènes qui interviennent, ce qui est la seule façon de les apprécier réellement.

La propriété physique la plus importante à connaître aussi bien pour les pâtes que pour les couvertes est leur dilatation.

Les premières déterminations de coefficients de dilatation de pâtes céramiques sont dues à Sainte-Claire-Deville et Troost (1864) et furent faites à propos d'un travail de ces savants sur la mesure des hautes températures, au cours duquel ils eurent besoin de connaître la dilatation de la porcelaine de Bayeux dont étaient faits les ballons qu'ils employaient. Ils mesurèrent directement l'allongement d'une baguette de cette substance. Le chiffre moyen auquel ils sont arrivés est 0,000054 entre les températures de 15° et 1300°.

On doit à M. Le Châtelier une série de déterminations de coefficients de dilatation (1) à l'aide d'un procédé qui consiste à photographier à diverses températures une tige de la matière à étudier portant deux repères, dont la distance varie du fait de la dilatation ; on mesure cette distance sur les clichés. Les nombres obtenus pour la porcelaine de Bayeux étaient sensiblement inférieurs à ceux obtenus par Sainte-Claire-Deville et Troost.

Des résultats très voisins de ceux de M. Le Châtelier ont

(1) Le Châtelier, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. LIX, p. 162.

été obtenus par MM. Holborn et Wien en 1892, pour la porcelaine de Berlin ; leurs nombres vont de 0,0000038 à 0,0000044, tandis que M. Le Châtelier a indiqué 0,0000036.

A côté de ces travaux théoriques, il faut citer une étude sur l'importance des dilatations pour l'accord des pâtes et des couvertes faite par M. Seger en 1882. De cette étude purement empirique, M. Seger avait tiré des conclusions importantes relatives au rôle des différents éléments constituant les pâtes et à l'influence de leur état physique.

Depuis, des expériences nombreuses ont été entreprises dans un esprit nettement industriel et avec une rigueur scientifique suffisante ; l'industrie céramique a été ainsi dotée de méthodes pratiques de mesure de la propriété principale des matériaux qu'elle emploie.

Les recherches de M. Damour ont été effectuées à la demande des porcelainiers de Limoges ; nous ne pouvons qu'indiquer ici d'une manière sommaire la méthode qu'il a employée et les considérations qui l'ont déterminé à y avoir recours, renvoyant à l'exposé complet de ses travaux le lecteur désireux de l'appliquer (1).

Cette méthode a déjà reçu la sanction de la pratique et a pénétré dans l'usine. Cependant il ne faut pas se dissimuler qu'elle exige un opérateur assez au courant des manipulations de physique délicates et que les établissements céramiques où elle devrait être appliquée couramment sont encore, en France du moins, peu nombreux.

La méthode qui paraît la plus simple pour mesurer la dilatation d'une pâte ou d'une couverte est celle qui consiste à en faire un prisme de 10 à 12 centimètres de longueur dont on peut mesurer directement l'allongement, tandis qu'on le soumet à des températures pouvant aller jusque 1000 et 1100° ; elle a été utilisée par M. Le Châtelier, par exemple, dans ses belles études sur la dilatation de la

(1) Damour, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, février 1897.

silice. Mais appliquée aux substances céramiques elle présente un grand inconvénient par suite de la difficulté qu'on éprouve à préparer des prismes parfaitement homogènes de cette longueur ; c'est surtout avec les couvertes que M. Damour en signale la difficulté.

M. Emilio Damour a imaginé une méthode dont le principal avantage est de pouvoir s'appliquer à des prismes de 2 centimètres de longueur qu'il est possible d'obtenir parfaitement fondus ; cette méthode est celle de Fizeau, basée sur le phénomène des anneaux colorés de Newton. M. Le Châtelier a aussi employé cette méthode dans ses recherches sur la dilatation et l'a modifiée au point d'en rendre aisée l'application courante.

Nous ne pouvons donner ici l'exposé des théories opti-

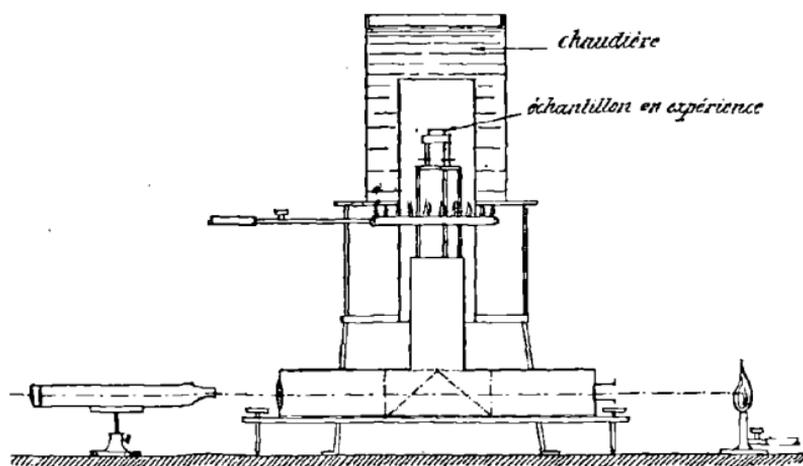


Fig. 5. — Appareil de M. Le Châtelier.

ques qui rendent compte du phénomène mis en jeu ; nous rappellerons seulement d'une façon sommaire en quoi il consiste.

Quand on regarde par réflexion une surface polie qui touche une lentille convergente, on voit se produire, au point de contact, des anneaux présentant les couleurs du spectre.

Si on éloigne peu à peu le plan de la lentille convergente, les anneaux semblent diminuer de diamètre, puis, se réduisant à un point, disparaissent successivement, jusqu'à ce que, la distance étant trop grande, il n'existe plus aucun phénomène coloré. Si au contraire on rapproche les deux plans, les anneaux semblent augmenter de diamètre et il en apparaît successivement qui semblent sortir du point de contact. Si au lieu d'observer à la lumière blanche ordinaire, on observe le plan et la lentille convergente en lumière monochromatique, produite par la flamme jaune d'un sel de sodium, on voit, au lieu d'anneaux irisés, des cercles concentriques alternativement jaunes et noirs d'une grande netteté et, quand on fait varier l'écartement des deux surfaces, on peut compter ceux qui naissent au centre ou s'y éteignent suivant qu'on diminue ou qu'on augmente leur distance ; chaque formation ou disparition d'un anneau correspond à un déplacement égal à une *longueur d'onde*, soit  $3/10000$  de millimètre environ, exactement  $0^m000000294$ .

Il suffit donc de fixer, au moyen d'un support métallique maintenant l'échantillon en expérience par trois vis de pression *a*, *b*, *c* (voir fig. 6), une des extrémités du prisme de la substance à étudier, d'une manière invariable, à un support dont la dilatation est connue, tandis que l'autre extrémité, dont on a fait une surface polie, se meut librement à une petite distance d'une lentille biconvexe(1). Le rapprochement des deux surfaces, par suite de la dilatation, fera alors déplacer les anneaux colorés, qu'un dispositif optique simple permet d'observer à l'aide d'un petit microscope. L'échauffement du prisme est produit à l'aide d'une chaudière contenant de l'eau qu'on peut porter jusqu'à 100° (voir fig. 6).

(1) Emilio Damour, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, février 1897.

Lorsqu'on étudie avec cet appareil des couvertes ou des émaux, il est aisé de rendre réfléchissante la face du prisme; lorsqu'on a affaire à certaines pâtes non susceptibles de poli, il est nécessaire d'avoir recours à un artifice qui consiste à enduire la base du prisme d'une mince couche d'émail.

Il faut se souvenir que la dilatation du support intervient dans le calcul. Pour éviter toute incertitude provenant de ce fait, on effectue d'abord la mesure directe de la dilatation d'un prisme de quartz qui est parfaitement connue.

Une critique préalable peut être faite à cette méthode, parce que les mesures sont faites jusqu'à 100° au maximum pour des produits cuisant jusqu'à 1200 et 1400°. Mais la pratique industrielle n'a pas infirmé ces chiffres théoriques. M. Damour a, en effet, déterminé une grande quantité de coefficients de dilatations de pâtes et couvertes de faïences et de porcelaines, et est arrivé à des résultats confirmés par les faits.

Les coefficients de dilatation sont exprimés sous la forme d'un produit par une puissance négative de 10, de manière à éviter l'emploi d'un grand nombre de zéros; c'est ainsi que les coefficients de dilatation du quartz et de la porcelaine dure de Sèvres qui sont respectivement 0,00001121 et 0,00000334 s'écriront  $10^{-9}$  1121 et  $10^{-8}$  334.

Les pâtes et couvertes de porcelaine étudiées par M. Damour lui ont donné les chiffres suivants :

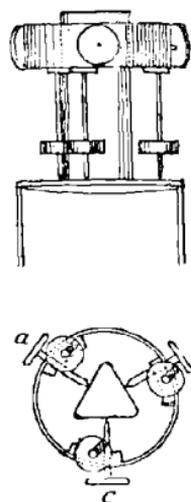


Fig. 6. — Support métallique maintenant un échantillon en expérience.

Porcelaine dure de Sèvres . . .	10 <sup>-8</sup>	334
— nouvelle de Sèvres . . .	—	523
— de Limoges (a) . . .	—	326
— de Limoges (b) . . .	—	382
Couverte nouvelle de Sèvres. . .	—	514
— de Limoges (a) . . .	—	526
— de Limoges (b) . . .	—	523

On voit que la dilatation de la couverte et la dilatation de la pâte de la porcelaine nouvelle de Sèvres sont pour ainsi dire les mêmes ; les qualités remarquables de cette poterie sont, de cette façon, mises en évidence. L'accord est beaucoup moins bon pour les porcelaines de Limoges étudiées.

L'étude des coefficients des pâtes et des émaux de faïence a montré que les résultats de laboratoire sont en concordance parfaite avec les résultats de la pratique, les tressaillures apparaissant surtout là où les écarts sont considérables entre les dilatations des deux éléments. L'examen de l'ensemble des pâtes d'une grande faïencerie, fait par M. Damour, a montré des variations allant à peu près du simple au double, tandis que les émaux qui leur sont appliqués indifféremment présentent des variations du même ordre ; d'où fréquemment des couvertes, qui sont soumises à une forte tension et qui présentent, aussitôt fabriquées ou longtemps après des tressaillures.

M. Damour a, en outre, fait une série de mesures avec de la couverte de porcelaine nouvelle de Sèvres, additionnée de 2 % des substances le plus fréquemment utilisées en céramique, afin de déterminer l'influence de chacune d'elles.

Quoi qu'il en soit, une méthode de détermination des coefficients de dilatation des pâtes céramiques et de leurs couvertes basée sur des mesures faites à des températures se rapprochant davantage des températures qui règnent dans les fours, devait être encore plus concluante.

Considérant que la dilatation de la porcelaine dure a été mesurée avec une exactitude suffisamment grande par des procédés scientifiques rigoureux, M. Coupeau (1) a pris la dilatation de cette substance comme terme de comparaison.

L'appareil employé se compose en principe d'une sorte de règle plate de 12 centimètres de longueur en porcelaine dure de Sèvres cuite à 1370° ; cette règle porte à une de ses extrémités une arête et à l'autre une échancrure. Une règle de même longueur est faite avec la substance à essayer ; elle porte à une extrémité une rainure qui se place sur l'arête de la règle-étalon ; on place un petit miroir vertical dans l'échancrure de la règle inférieure qui supporte la règle supérieure. En chauffant tout le système, si les deux règles se dilatent également, le miroir se déplace parallèlement à lui-même et un rayon lumineux qu'on lui fait réfléchir n'est pas dévié, mais si l'une des règles se dilate plus que l'autre, le miroir s'infléchit et dévie le rayon lumineux. On peut utiliser ce phénomène pour mesurer, avec une grande précision, la différence d'allongement des deux règles.

Le support, dont la dilatation est connue et sert de terme de comparaison, est fait en pâte dure de Sèvres ; la baguette de substance à mesurer doit avoir après cuisson une longueur sensiblement égale à celle du support, soit de 11 à 12 centimètres. Les miroirs employés par M. Coupeau sont en silice fondue au four électrique de M. Moissan ; d'ailleurs, on pourrait employer toute autre substance suffisamment dure et susceptible de prendre un beau poli.

Le système formé par les deux tiges et le miroir est placé dans un four d'essai chauffé au gaz ; il est protégé par un tube de porcelaine, protégé lui-même par une en-

(1) Coupeau, *Bulletin de la Société d'Encouragement*, octobre 1898.

veloppe en terre réfractaire ; on rend le tube de porcelaine indépendant du four, pour éviter que les déplacements que celui-ci subit sous l'influence de la chaleur ne viennent fausser les mesures. Le tube s'appuie sur des supports dans lesquels un courant d'eau continu maintient une température constante. Sa dilatation s'effectue librement, grâce à un petit rouleau d'acier sur lequel il est posé et qui supprime tout frottement.

Un grand nombre d'expériences de comparaison de la dilatation de la tige servant de support, avec des baguettes de porcelaine de Bayeux et des baguettes de substance de dilatation connue, déterminée par des expériences antérieures de M. Le Châtelier, a permis d'établir nettement que la dilatation de la porcelaine employée est continue, que tous les supports de pâte dure employée étaient comparables entre eux et que la dilatation d'un même support était invariable, considérée après un nombre quelconque d'opérations.

La tige mise en expérience n'étant supportée que par ses deux extrémités lorsqu'elle atteint la température de ramollissement, elle s'infléchit tout d'un coup, ce qui permet de noter exactement ce point ; c'est depuis la température ordinaire jusqu'à ce point que l'on détermine la courbe de dilatation des pâtes et des couvertes.

## CHAPITRE VIII

### OUTILLAGE CERAMIQUE

On se rend bien compte, après ce qui a été dit à propos de la plasticité, que le procédé de façonnage joue un rôle considérable dans le retrait des pâtes.

Le procédé de fabrication des pâtes peut donc déterminer une série de qualités ou de défauts, et l'habileté du potier sera de rechercher pour un produit déterminé quel sera le moyen le plus économique à employer pour obtenir une pâte parfaitement homogène.

Nous diviserons ce chapitre, qui a trait à l'outillage général de la céramique (réservant pour les fabrications spéciales les outils spéciaux à certaines fabrications) en quatre parties :

- 1° Outils servant à la préparation des pâtes ;
- 2° Outils servant au façonnage des pièces ;
- 3° Outils servant à la préparation des couvertes et émaux ;
- 4° Outils servant à l'émaillage des pièces.

Mais avant de décrire les principaux outillages qui servent à opérer les transformations successives des matières céramiques pour les amener à l'état d'objets fabriqués, il est bon que nous donnions quelques définitions et que nous adoptions certaines dénominations pour indiquer les diverses opérations céramiques.

Ainsi, qu'il s'agisse d'une terre cuite ou d'une faïence, d'une porcelaine ou d'un grès, la base de tout produit céramique est une pâte plus ou moins plastique qui pourra être composée d'une seule terre ou de divers éléments.

Nous donnerons le nom de :

*Pâte sèche* à une pâte contenant moins de 10 % d'humidité et utilisée en poudre (telle est la pâte qui sert à la fabrication par pression de certains carreaux).

*Pâte ferme* à une pâte contenant de 10 % à 20 % d'humidité (tel est le cas de certaines terres à briques et à tuile).

*Pâte molle* à une pâte contenant de 20 % à 30 % d'humidité (tel est le cas des pâtes que les porcelainiers emploient pour l'ébauche de pièces tournées).

*Barbotine* à une pâte liquide contenant environ 50 % d'eau.

Au sujet des poteries recouvertes d'un vernis ou glaçure, nous donnerons le nom de *trempage* à l'opération qui a pour but d'immerger plus ou moins rapidement une poterie dans l'eau, utilisant ainsi sa porosité pour la recouvrir d'une couche plus ou moins épaisse de vernis.

Nous appellerons *arrosement*, l'opération qui a pour but de recouvrir une pièce de vernis en versant sur une pièce une bouillie épaisse de cet émail.

Nous donnerons le nom d'*insufflation* à l'opération qui a pour but d'utiliser la projection par un jet d'air rapide de l'eau chargée d'émail finement broyé, sur les pièces de céramique que l'on veut émailler.

## 1° Outils servant à la préparation des pâtes.

Toutes les pâtes céramiques contiennent de l'eau; les pâtes en poudre qui sont employées pour la fabrication des carreaux en grès en contiennent 5 à 10 %; les barbotines 40 à 50 %.

L'eau va donc jouer un grand rôle dans la préparation des pâtes céramiques; quoiqu'elle n'agisse qu'en mêlant les divers matériaux mis en œuvre, pour leur donner la mollesse nécessaire, et développer les qualités plastiques, cet élément est digne d'être étudié attentivement.

L'eau, qui, comme nous l'avons dit, entre dans toutes les pâtes, va disparaître totalement au feu si la poterie est bien cuite; il y a pourtant des poteries lustrées grecques et romaines qui n'ont pas subi un feu suffisant, et qui perdent encore de l'eau lorsqu'on les recuit à la température convenable de cuisson.

L'eau adhère donc d'une façon très intime aux pâtes

céramiques et une température de 100° C prolongée pendant plusieurs heures ne suffit pas toujours pour enlever la totalité de l'humidité. Cette adhérence est fonction de la plasticité et de la teneur en argile de la pâte ; aussi, en bien des cas, ajoute-t-on à ces pâtes des éléments *dégraissants*, qui, par leur nature chimique ou leur structure, permettent à l'eau de se dégager régulièrement ; car, comme on le comprend facilement, la dessiccation a besoin d'être régulière, puisque cette dessiccation est accompagnée du phénomène du retrait. En principe, on peut affirmer que la dessiccation irrégulière, comme la dessiccation trop brusque (qui est forcément irrégulière), occasionnent la rupture des pièces.

Mais un autre inconvénient se produit avec des pièces tant soit peu argileuses. si on les dessèche rapidement ; il se forme superficiellement comme une croûte qui empêche la dessiccation de l'intérieur de la pièce ; il en résultera qu'au four cette humidité qui n'a pu sortir, vaporisée par la haute température, fera fendre ou éclater la pâte. Ceci nous conduit à dire qu'une pâte devra être doublement homogène ; il faudra arriver à l'homogénéité des parties et à celle des masses.

En général, les machines ou les procédés mis en œuvre devront donner des pâtes homogènes, même lorsque les éléments qui constituent ces pâtes ne sont pas de même grosseur.

Si nous prenons, par exemple, le cas d'une pâte à cazette qui est constituée d'argile fine d'une part, et de ciment (débris d'anciennes cazettes) plus ou moins gros, la répartition de ce ciment grossier dans l'argile fine doit être régulière, de façon que la dessiccation se fasse régulièrement de même que le retrait ; dans ce cas, les parties ne sont pas homogènes, mais la masse devra l'être si le travail est bien fait.

Les opérations qui ont pour but de conduire les maté-

riaux à l'état d'emploi voulu, les pâtes au degré d'homogénéité nécessaire sont les suivantes :

- a) *Le lavage* ;
- b) *Le broyage* ;
- c) *Le mélange des éléments*, dont l'étude comprendra les appareils destinés à provoquer l'homogénéité des masses (marchage, humectage, pourriture).

#### A. — LAVAGE

Toutes les fois que l'on aura extrait des carrières des quartzites, des cailloux feldspathiques en morceaux plus ou moins gros, ces cailloux seront souillés par la terre sur laquelle on les a déposés; avant de les broyer, il sera nécessaire de les *laver*.

Pour cela, on disposera généralement ces cailloux à l'intérieur d'un cylindre tournant en tôle perforée de trous plus petits que les cailloux à laver et l'on soumet, pendant

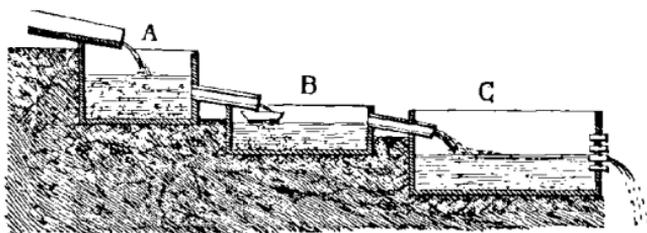


Fig. 7. — Lavage des kaolins avec décantation à travers des tamis fixes.

la rotation du cylindre les cailloux à l'action de l'eau jusqu'à ce que l'eau sorte absolument pure.

Le lavage des sables et des kaolins se fait différemment. On comprend que, pour peu que la matière soit grasse, il est difficile de la délayer lorsqu'elle est humide, surtout lorsque les fragments sont gros.

On devra donc, dans certains cas spéciaux, écraser les sables et les kaolins au moyen de battes en bois et, lorsque les kaolins sont trop gras, les laisser sécher à l'air avant de les écraser.

On pourra aussi écraser ces sables en les faisant passer entre deux cylindres horizontaux qui désagrègeront sans broyer. Ce genre de cylindres sera décrit à propos du broyage.

Une fois la matière fragmentée de manière à permettre son facile délayage dans l'eau, on procède au lavage en présence de l'eau.

On opère souvent de la façon suivante :

Les kaolins sont mis à tremper dans la cuve A, on les

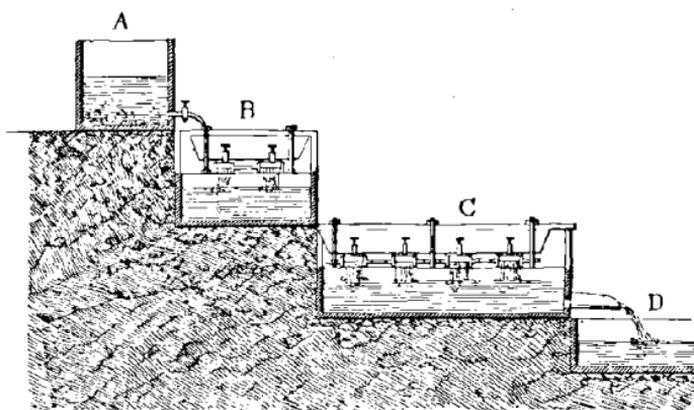


Fig. 8. — Lavage des kaolins avec décantation à travers des tamis à secousses.

agite vivement à la main, ou, en certains cas, mécaniquement. On les décante successivement dans les bacs B et C, et, comme le montre la fig. 8 ils sont tamisés plusieurs fois. Le kaolin lavé s'écoule en D.

On se sert aussi pour le délayage des moulins à blocs, qui seront décrits ultérieurement (voir fig. 20, p. 94).

Lorsque le délayage semble complet, on laisse aux sa-

bles le temps de se déposer au fond et on décante les eaux surnageantes dans les cuves B, les eaux sont reçues sur un tamis fixe (voir fig. 7) ou sur un tamis à secousses (voir fig. 8); on dispose ainsi plusieurs étages de cuves où l'argile se dépose, et on décante les eaux limpides surnageantes au fur et à mesure des besoins du lavage.

Suivant la finesse de l'argile kaolinique, il faudra un nombre et un développement de cuves de lavage plus grand.

Quand il s'agit de laver des sables comme ceux de Dreux qui sont très employés dans l'industrie céramique, on se sert (voir fig. 9) de laveurs spéciaux composés d'une boîte métallique A légèrement inclinée, et dans laquelle se

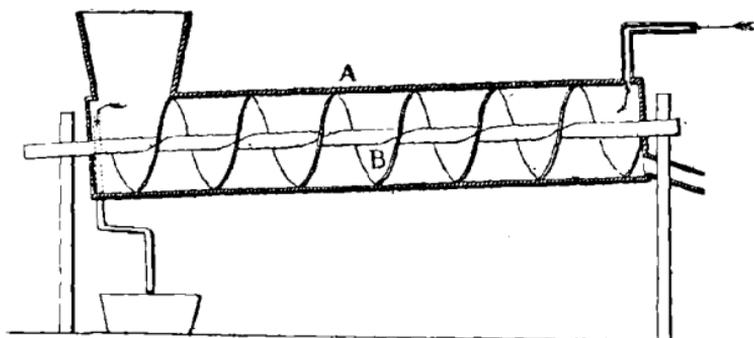


Fig. 9. — Lavage des sables kaolinaires.

trouve une vis d'Archimède B tournant de façon à remonter la matière à la partie la plus élevée; un fort courant d'eau entraînant les micas et les parties impures vers la partie inférieure où les eaux sont évacuées (1).

Le lavage des argiles plastiques est souvent nécessaire pour obtenir des argiles exemptes de pierres et de pyrites, de sables et de débris organiques. Tous ces corps étrangers pourraient causer, dans les pâtes à faïence notamment,

(1) Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*.

de graves inconvénients. Comme, d'autre part, il faut dans

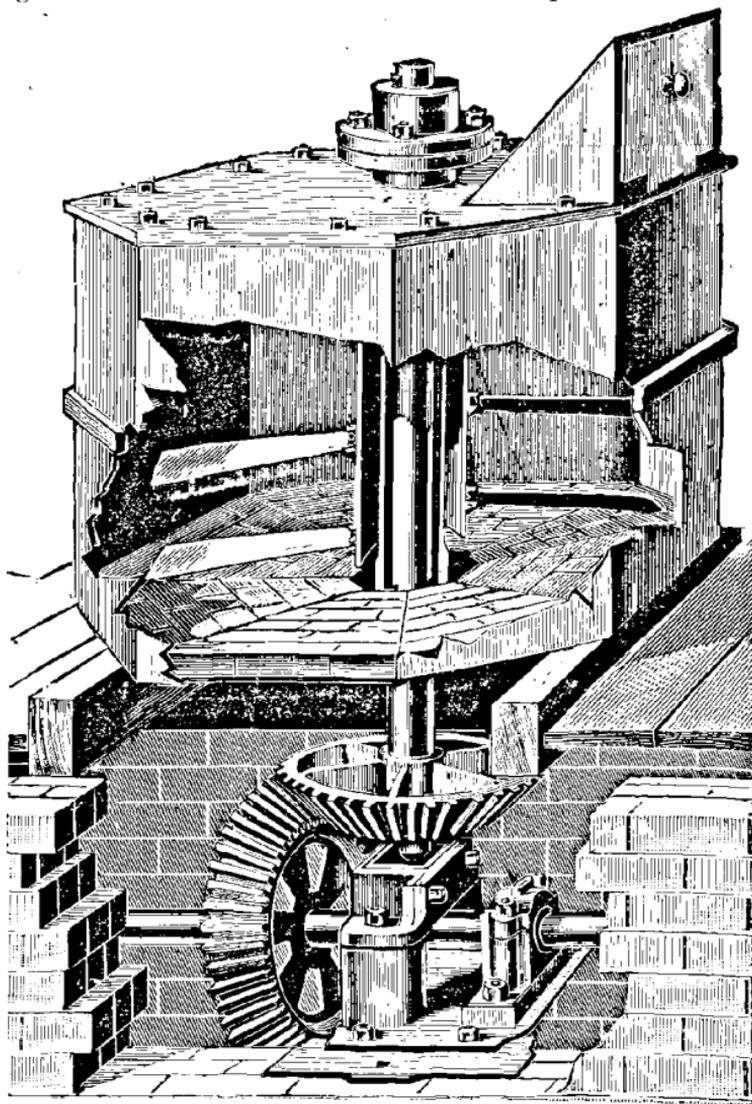


Fig. 10. — Délaveur anglais (*Wenger, à Hanley*).

les faïenceries, de gros volumes d'argiles lavées, on se trouve obligé de procéder mécaniquement.

Comme type des appareils nous donnons un modèle fabriqué en Angleterre ; sur une transmission inférieure se trouve disposé un appareil octogonal en tôle ; l'arbre vertical est muni de lames convenablement inclinées, qui agissent sur la terre projetée par la force centrifuge vers le haut du *délayeur* où elle se mélange à l'eau. L'arbre est entouré et protégé par les tuyaux d'arrivée d'eau. Le chargement de la terre se fait par une porte à glissière disposée en haut et à droite (voir fig. 10) ; l'écoulement de l'argile délayée produite se fait du côté opposé à une hauteur d'environ 0<sup>m</sup>,30 au-dessus de l'aire en bri-

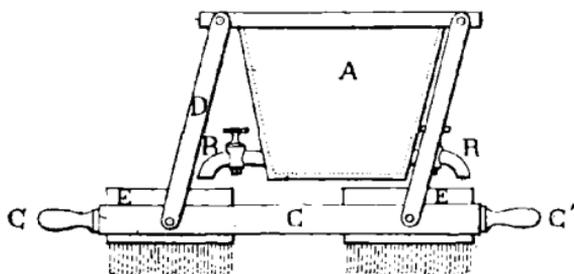


Fig. 11. — Tamis à secousses.

ques dures et ciment. L'arbre tourne à la vitesse de 50 à 60 tours par minute. La production en argile lavée dépend naturellement du degré de plasticité.

Le *tamissage* doit généralement suivre les opérations du lavage ; on peut simplement interposer des tamis convenables sur le passage du liquide chargé d'argile, mais, l'encrassement pouvant se produire facilement, il vaut mieux se servir de tamis à secousses (voir fig. 11).

Le liquide est récolté à l'intérieur d'une caisse A, d'où il s'écoule par deux robinets R sur des tamis E. Un cadre C, muni de poignées C', fixé par des montants D au haut de la caisse A, permet d'imprimer une série de secousses qui facilitent le tamissage. On peut aussi, mécaniquement, animer le tamis d'un mouvement de va-et-vient, ac-

compagné de secousses, en le reliant à une transmission de mouvement par le moyen d'une tige guidée, d'un ressort et d'une came.

On emploie souvent aussi les tamis rotatifs mécaniques anglais qui contiennent deux tamis superposés. Le pas-

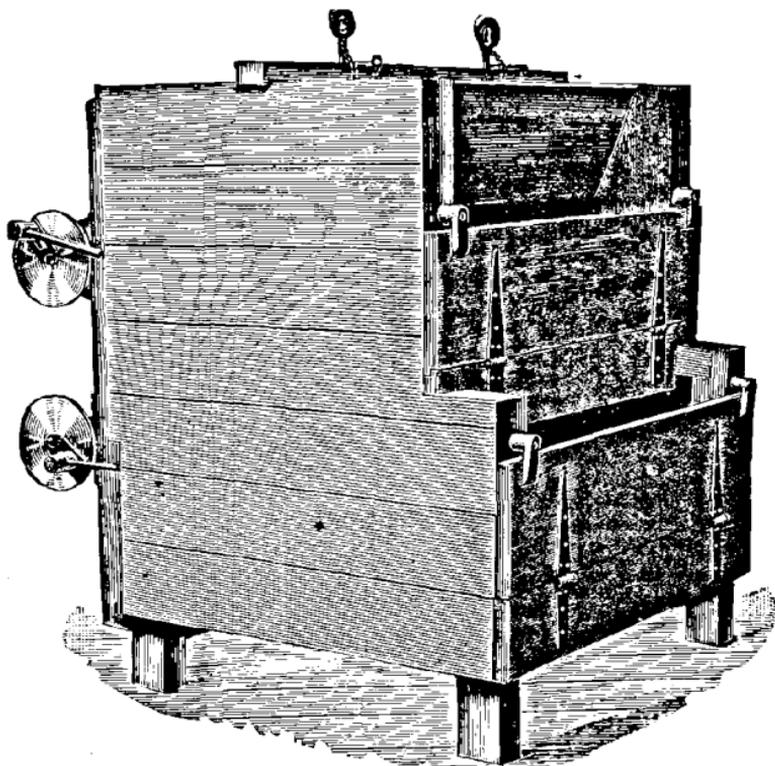


Fig. 12. — Tamis rotatif anglais (*Wenger, à Hanley*).

sage est réglé au moyen de soupapes en laiton qui se trouvent au fond du réservoir supérieur. La caisse s'ouvre par le devant, pour permettre l'enlèvement des matières trop grosses, et le remplacement des toiles tamisantes. Les tamis sont montés sur des glissières en verre actionnées par des bielles portées sur des disques mis en mouvement par la transmission de l'atelier (voir fig. 12).

On se sert aussi quelquefois d'un cylindre horizontal tournant autour d'un axe horizontal, et dont la paroi extérieure est garnie de toiles tamisantes ; l'argile délayée pénètre à l'intérieur du cylindre et se tamise dans une cuve disposée en dessous, alors que les matières trop grosses, restant à l'intérieur du cylindre, sont, grâce à une légère pente, déversées extérieurement.

## B. — BROYAGE

Le broyage est une des plus importantes des opérations céramiques ; il doit donner des produits réguliers de même finesse, et surtout être économique.

Étant donnée la dureté considérable de certains quartzites, feldspaths, sables, on est obligé de calciner préalablement ces roches pour en rendre le broyage plus facile.

On mesure le degré du broyage par le numéro du tamis qui laisse passer facilement, en présence d'une quantité d'eau suffisante, tous les éléments broyés. Les numéros les plus employés sont 80, 100, 120, 150, 180, ce qui veut dire 80, 100, 120, 150, 180 fils de soie ou de laiton par pouce carré du tamis.

Le broyage peut se faire à sec ou en présence de l'eau.

Dans l'état actuel de l'industrie, nous ne décrivons pas les procédés de broyage à la main. Nous donnons la description des broyages qui sont le plus utilisés dans l'industrie céramique et qui tous sont mus mécaniquement.

Très souvent le broyage proprement dit est précédé d'un dégrossissage qui consiste à amener des morceaux de roches de la grosseur du poing et au-dessus à ne plus présenter que la grosseur d'une petite noisette.

Ce dégrossissage est toujours fait à sec ; on emploie pour cela le *bocard*, appareil complexe et lourd, formé d'une série de pilons verticaux en fonte, agissant dans une auge formée de pavés de grès. Le principal inconvénient de cet

appareil, dont le rendement industriel est faible, est de broyer les pilons en fonte en même temps que la matière à broyer et par suite d'introduire dans les pâtes de la grenaille de fonte, source de taches ferrugineuses.

On préfère employer le *squeezer* ou broyeur à mâchoires; son rendement à force égale est double de celui du bocard; de plus les mâchoires de fonte disposées convenablement agissent par écrasement, alors que les pilons agissent par choc; il en résulte une usure peu rapide des mâchoires de fer.

D'expériences comparatives faites par l'un de nous à Limoges, il résulte que pour 4000

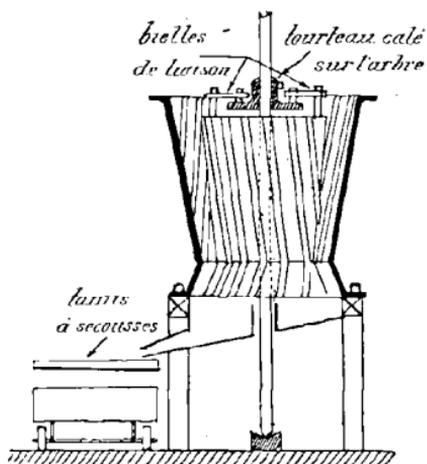


Fig. 13. — Moulin à café.

kil. de quartz broyé le bocard introduit 0<sup>k</sup>,310 de fer métallique à la masse broyée et le *squeezer* 0<sup>k</sup>,412.

Pour le broyage des argiles, quand elles sont bien sèches, on se sert du *moulin à café*. On concasse les argiles à la batte de façon à les réduire à la grosseur d'un poing, puis on les introduit dans le moulin (voir fig. 13). Cet appareil se compose d'une cuve doublement tronconique en fonte. Le chargement se fait par le haut dans la partie la plus évasée. Cette cuve est recouverte de règles en fer rapportées, disposées hélicoïdalement. A l'intérieur tourne une noix en fonte, recouverte de règles hélicoïdales, disposées en sens inverse de celles du cylindre extérieur.

Cette noix est reliée à l'arbre de transmission par deux bielles horizontales, qui sont fixées sur un tourteau en fonte, calé sur l'arbre. Ces bielles viendraient à se rompre

si un corps trop gros ou trop dur était introduit dans le moulin. Les matières qui sont pulvérisées peuvent être, comme l'indique la figure 13, tamisées à la sortie par le moyen d'un tamis à secousses.

Le squeezer (fig. 14) se compose essentiellement d'une mâchoire A fixée sur un bâtis solide en fonte B, en face de cette mâchoire, se meut une mâchoire mobile C qui est

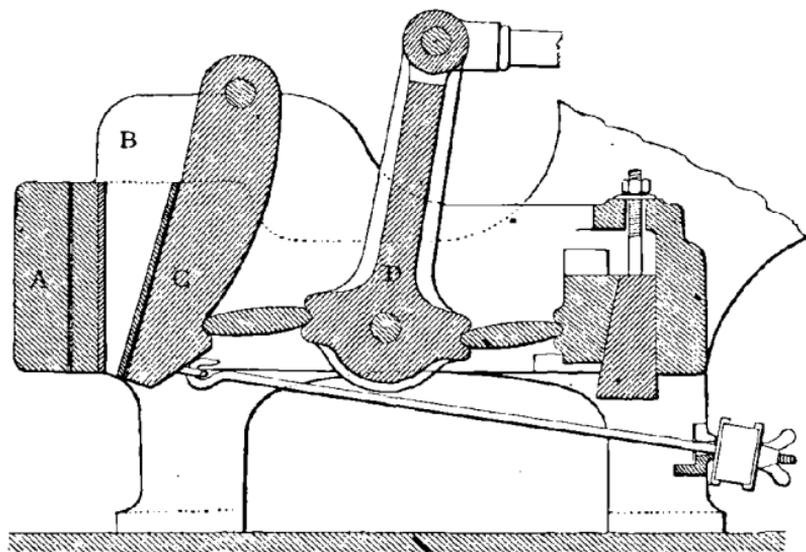


Fig. 14. — Squeezer.

mue par un mécanisme de bielles D, de façon à provoquer l'écrasement entre les deux mâchoires A et C. Des dispositions simples permettent d'approcher et d'éloigner les mâchoires et de les remplacer facilement.

Lorsqu'il faut pour le dégrossissage éviter le fer, ce qui est le cas pour les substances qui composeront des pâtes et des couvertes très fines, on se servira des moulins à meules verticales ou *tordoires*, tant pour dégrossir que pour finir. Ces appareils (voir fig. 15) portent sur une aire en pierres siliceuses dures, des meules verticales en grès qui

sont mises en mouvement par un arbre vertical, la transmission pouvant être supérieure ou inférieure.

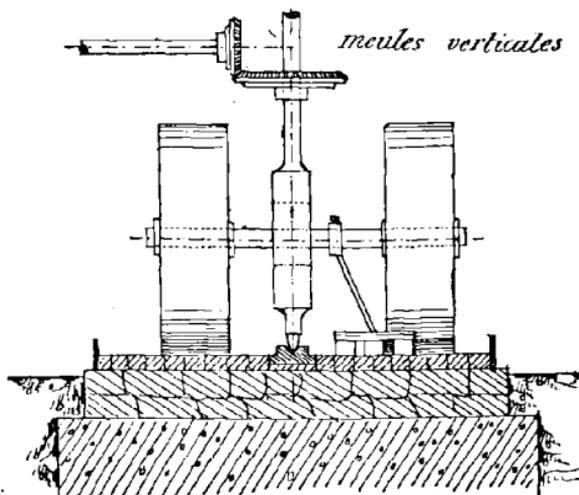


Fig. 15. — Meules verticales ou Tordoir.

Par le moyen de râdeaux, et grâce à la distance différente des deux meules au centre de l'appareil, les surfaces à broyer sont renouvelées.

Cet appareil ne communique pas de fer à la masse, puisque le broyage se fait entre une aire et des meules siliceuses, mais il y a lieu de disposer l'axe des meules et de le rendre mobile de manière qu'un morceau trop gros de la matière à broyer puisse soulever les meules sans casser l'appareil ou ses transmissions de mouvement.

On peut rendre cet appareil plus pratique et plus commode en disposant au centre de l'appareil un tamis conique central, ainsi que l'a fait M. Jannot de Triel; un élévateur latéral prend la matière broyée et la conduit sur le tamis; les matières trop grosses retombent sur le parcours de la meule (voir fig. 16). Il existe de telles machines à une ou à deux meules, qui sont très employées pour le broyage des terres sèches et des sables.

**Broyage à sec.** — Une fois le dégrossissage terminé on procède au finissage. Ce finissage n'est possible avec les machines que nous allons indiquer que lorsque la teneur

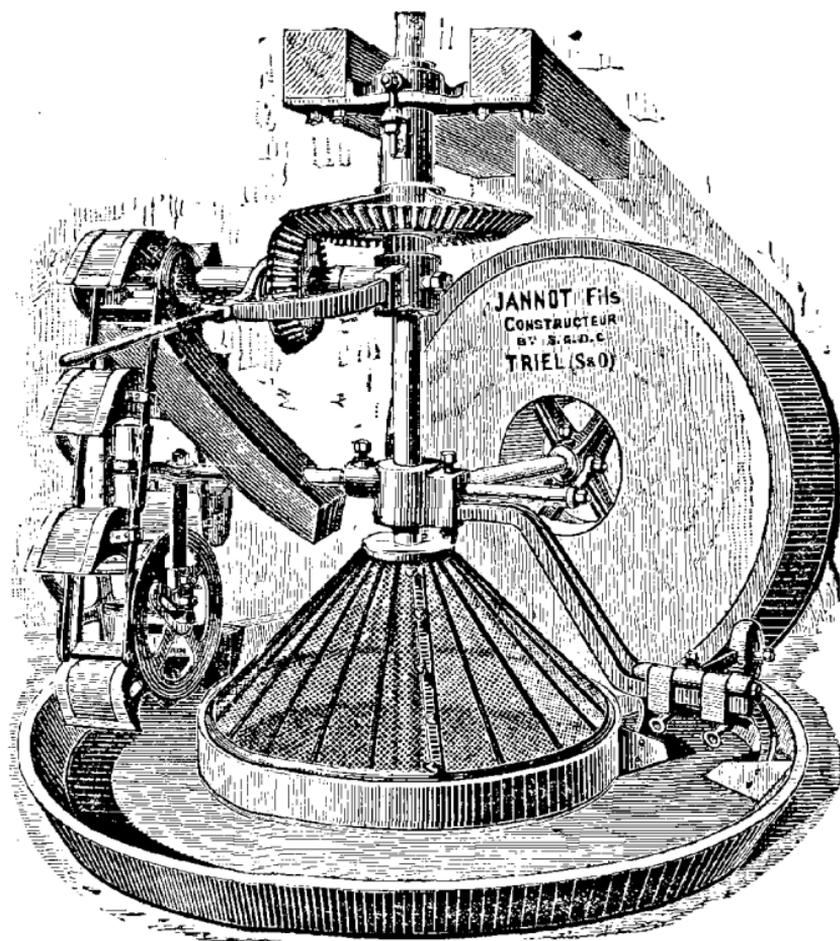


Fig. 16. — Meules avec tamis (Jannot, à Triel).

en humidité est telle que les matières argileuses ou même sableuses ne pelotent plus, ne se ramassent plus en boule.

On emploie beaucoup dans le Limousin et le Berry, pour le broyage des feldspaths et des sables kaolinaires

durs, des *moulins à blé*. La meule horizontale A inférieure en grès siliceux est fixe ; la meule supérieure B en grès est mobile autour de l'axe vertical C ; l'ensemble est protégé par un beffroi en bois D et la transmission se fait par le bas.

Au-dessus de la nille, un petit arbre vertical E porte une pièce de fonte qui met en mouvement le tictac F, qui répartit la matière à broyer entre les meules (voir fig. 17).

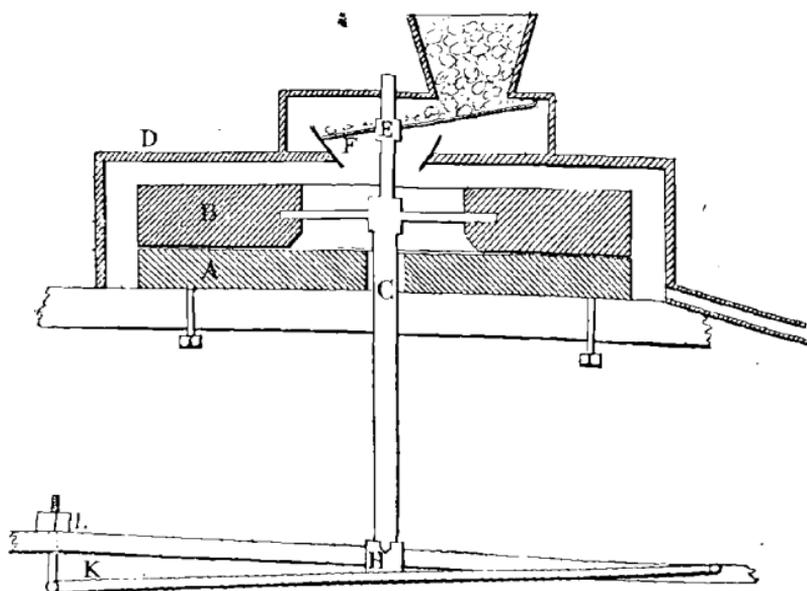


Fig. 17. — Moulin à blé.

Pour régler le degré de broyage, le pivot de l'arbre vertical repose sur une crapaudine H que l'on peut monter et descendre à volonté à l'aide d'un levier articulé K et d'un écrou L.

La meule supérieure doit être rayée obliquement ; il y a lieu de tamiser les produits du broyage et de faire repasser les parties insuffisamment broyées.

On emploie aujourd'hui de plus en plus les *broyeurs à*

*boulets ou à billes* inventés par Alsing. Un cylindre en tôle revêtu de briques en grès porcelanique, dites briques de porcelaine, se meut autour d'un axe horizontal; le cy-

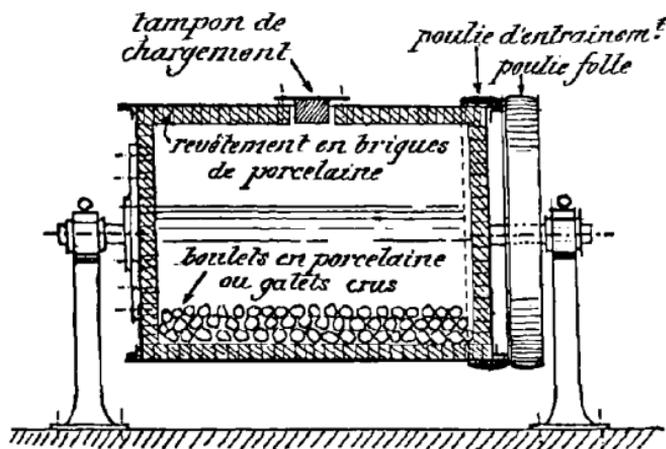


Fig. 48. — Broyeur Alsing.

lindre est rempli pour le quart ou le tiers de son volume de billes en porcelaine ou mieux de galets en quartz noir ou boulets (cayeux) choisis bien ronds, et de 4 à 5 centimètres de diamètre. Par le mouvement de ce cylindre, dont la vitesse doit être telle que les galets ne soient pas déplacés outre mesure par la rotation, ni trop peu, ce qui diminuerait leur hauteur de chute, on arrive à broyer impalpables les matières les plus dures.

Le rendement dépend de la dureté de la matière à broyer, de son degré de siccité, et surtout de la vitesse du cylindre. Un appareil de 1 mètre de diamètre et de 2 mètres de longueur marchant à la vitesse de 20 à 25 tours à la minute peut broyer 200 kilos de quartz ou de pegmatite par heure au degré 120 avec deux chevaux de force environ (1).

Le système Alsing a été rendu automatique et continu

(1) Auscher, *Les Céramiques cuisant à haute température*.

depuis quelques années au moyen du *tube broyeur Dana* (voir fig. 19).

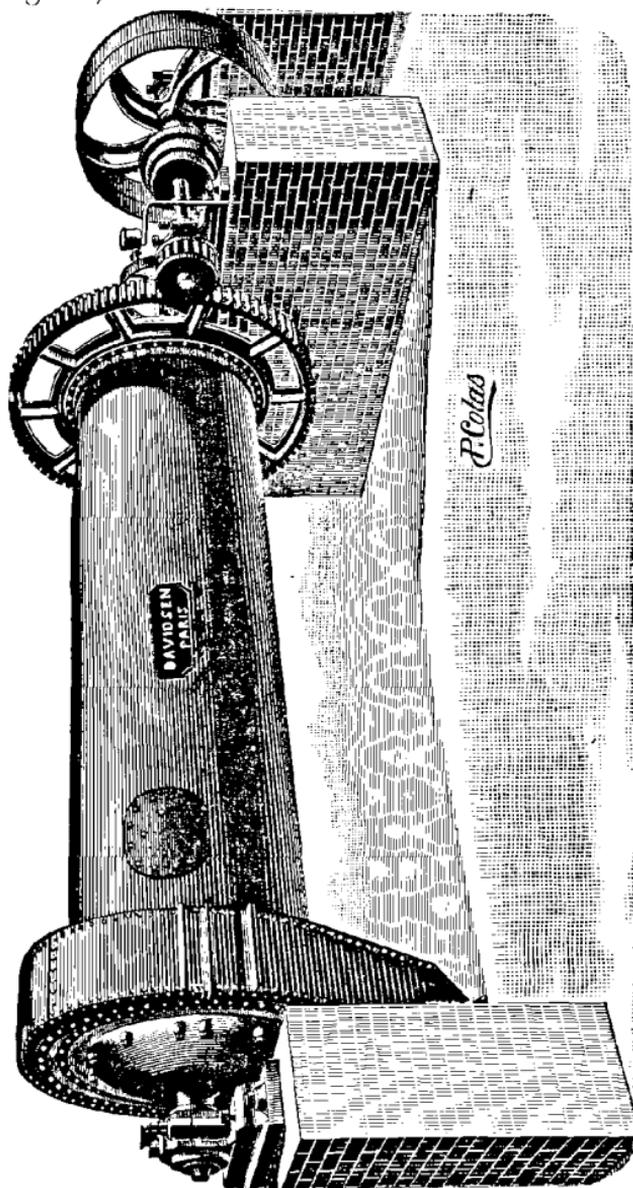


Fig. 19. — Tube broyeur Dana (Davidsen, à Paris).

Cet appareil est formé d'un cylindre à garniture céra-

mique posé horizontalement et tournant sur son axe. Il est rempli de boulets. La matière y pénètre par le centre d'un des fonds, parcourt le cylindre et sort broyée impalpable par l'autre fond. L'entraînement de la matière à travers la couche de billes broyantes est simplement un effet de la rotation de l'appareil. Le réglage de la finesse s'opère en diminuant ou en augmentant l'ouverture de la vanne d'alimentation.

On se sert aussi de *quarters*, appareils qui projettent avec violence les matières à broyer sur une partie résistante ; la projection est faite par des appareils tournant à 1500 ou 2000 tours à la minute.

Dans le cas où les matières sont relativement faciles à broyer, on se sert du *broyeur désintégrateur Carr*, composé de cages concentriques à barreaux fixés sur un plateau qui reçoit un mouvement de rotation ; une cage plus petite, mais concentrique à la première, est fixée sur un deuxième plateau et tourne en sens contraire du premier. Le montage des deux cages est fait de telle façon qu'elles puissent s'emboîter l'une dans l'autre.

Lorsque l'on met en marche, il se produit deux mouvements contraires ; on recouvre d'une enveloppe en tôle, puis par une trémie latérale on jette les corps à broyer ; ces corps, projetés contre les barreaux de la première cage, passent à travers ces barreaux et rencontrent ceux de la deuxième, où ils continuent leur broyage. On rencontre ainsi des appareils composés de cinq et six cages à barreaux concentriques et qui donnent après passage dans ces six cages des produits broyés très finement. Avec ce système, grâce au mouvement des cages, il n'y a point de poussières répandues dans l'atelier. Mais ces appareils demandent une très grande force motrice pour leur mise en œuvre, et ne sont économiques que pour le broyage de très grosses quantités de matières.

**Broyage à l'eau.** — Le broyage à l'eau se fait souvent au moyen de *moulins à blocs*. Par le moyen d'une transmission inférieure (voir fig. 20), un arbre vertical est mis en mouvement, qui porte une série de bras poussant devant eux des blocs de grès ou de pierres dures ; celles-ci

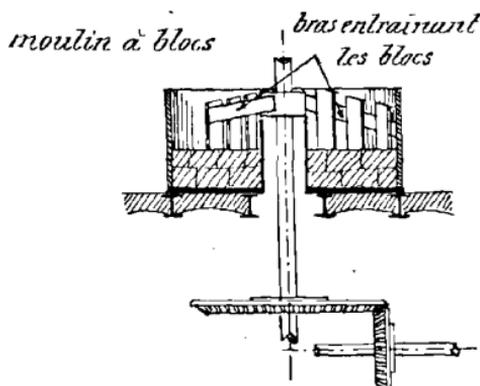


Fig. 20. — Moulin à blocs.

se meuvent sur une aire de pierres dures fixées sur un lit d'argile avec des fragments de silex. Ces moulins servent aussi bien à délayer (et alors on enlève les blocs de grès) qu'à broyer les matières les plus diverses ; ils sont employés à Sèvres pour le délayage des kaolins et le broyage des pâtes ; dans le Staffordshire et dans toute l'industrie de la faïence fine, ils sont utilisés pour le broyage des sables, de la cornwallite, des émaux, des feldspaths, etc.

Le moulin à blocs, construit par Boulton avec un diamètre de 3 mètres et une force de 7 chevaux, peut broyer impalpable 75 kilos de quartz par heure. Cet appareil entraîne des blocs d'environ 250 kilos. En même temps qu'un broyeur, cet appareil constitue un mélangeur de premier ordre ; aussi, en beaucoup de fabriques, lui confie-t-on le soin de broyer et de mélanger les divers éléments qui constitueront la pâte.

Dans le Limousin, on se sert de *moulins à petites meules* (voir fig. 21) pour le broyage des argiles sableuses, des sables feldspathiques, des cailloux et aussi des pâtes.

Une roue hydraulique ou une turbine actionnent géné-

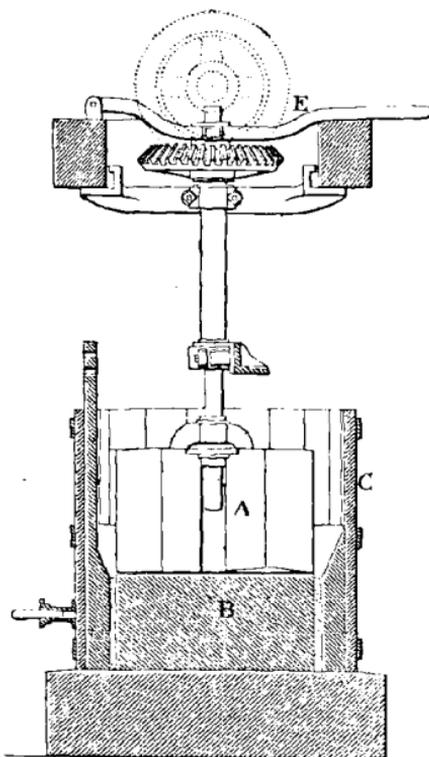


Fig. 21. — Moulin à petites meules.

ralement une série d'arbres verticaux qui entraînent des meules horizontales A de 0<sup>m</sup>,75 environ de diamètre placées sur des meules en silex B de 0<sup>m</sup>,80 environ de diamètre. Cet ensemble de meules est disposé dans une cuve en bois cerclée de fer C. La transmission est faite par le haut et la vitesse est faible, 20 à 25 tours à la minute. Des dispositions mécaniques spéciales à chaque constructeur permettent de déplacer la meule supérieure mobile pour

la repiquer, et à la meule de se soulever dans le cas où un fragment trop gros se placerait entre les meules.

Une meule rend de 75 à 110 kilos d'éléments broyés par 24 heures suivant la dureté des éléments et la finesse à obtenir. Nous donnons ci-contre le croquis (voir fig. 21) du moulin à petites meules de Sèvres, avec, à la partie supérieure, le moyen d'embrayage et de débrayage E adopté.

On se sert aussi de *moulin à blé à grandes meules* marchant à l'eau ; le système est le même que pour le broyage à sec (voir fig. 17) et d'un dispositif analogue. Nous l'avons vu employer dans le Berry, où le rendement semblait faible.

On a adapté aussi le broyage Alsing, de façon à permettre le contact de l'eau ; mais ce système n'a pas le rendement du broyage à sec.

Suivant la nature du broyage à l'eau ou à sec et surtout suivant le mode de broyage, le grain des éléments est très différent, ainsi que l'examen microscopique le décèle facilement.

Il peut arriver que l'on soit obligé de broyer des terres fermes humides, telles qu'elles sortent de la carrière pour écraser les sables, les pierres qu'elles contiennent. Ce cas se présente fréquemment pour les terres à tuiles, à briques, à grès, etc.

Ce travail précède alors celui du malaxage, qui répartira uniformément les débris des pierres ou sables broyés dans la masse.

On se sert pour cela d'appareils dégrossisseurs qui s'appellent *tailleuses*. Ces tailleuses ne peuvent servir que si les pierres ne sont pas trop grosses.

Des couteaux en acier, animés d'un mouvement de rotation, entament la masse de terre maintenue fixe et la découpent en copeaux réguliers.

Dans le modèle qui se trouve indiqué ci-contre (voir fig. 22), les couteaux sont fixés suivant les génératrices

d'un tronc de cône ; la terre projetée dans ce tronc de cône est maintenue immobile par une séparation fixe, ce qui permet le taillage.

Dans d'autres cas on se servira de *cylindres broyeurs*.

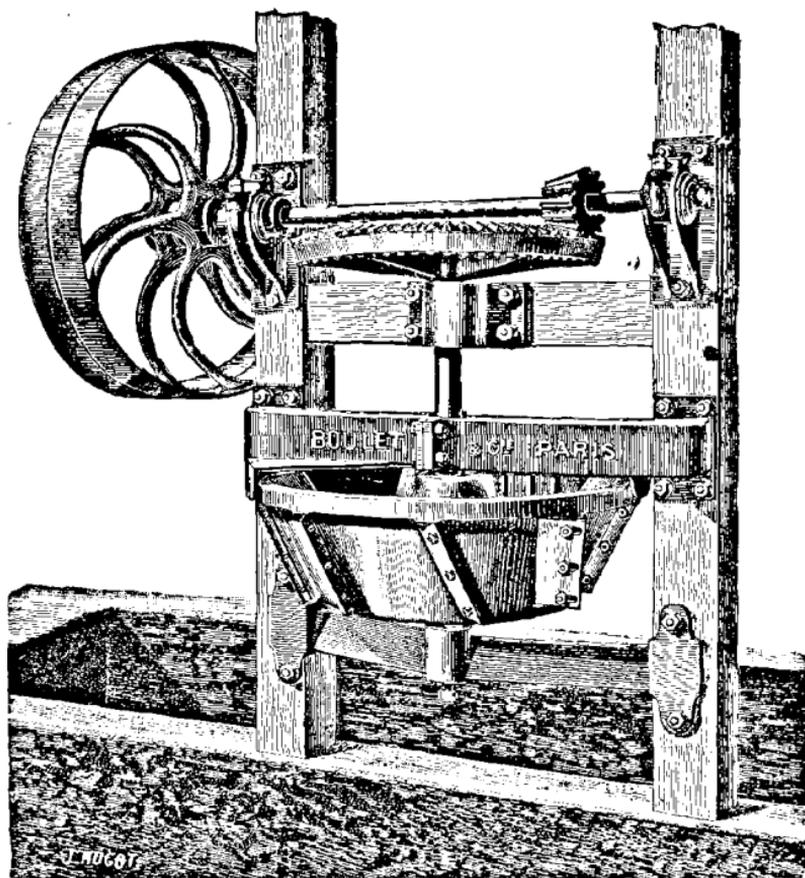


Fig. 22. — Tailleuse pour terres plastiques (Boulet, à Paris).

Le principe de ces machines est facilement compréhensible. On force la matière à broyer, à passer entre des cylindres qui portent des pointes en acier trempé pour saisir les morceaux de terre, ou entre des séries de cylindres

lisses disposés les uns au-dessus des autres et dont l'écartement va en diminuant.

On emploie aussi des cylindres cannelés.

Le type dont on voit la représentation (fig. 23) est construit par M. Joly, à Blois, et sert surtout dans les briqueteries pour l'écrasage des terres. Cet appareil est rustique

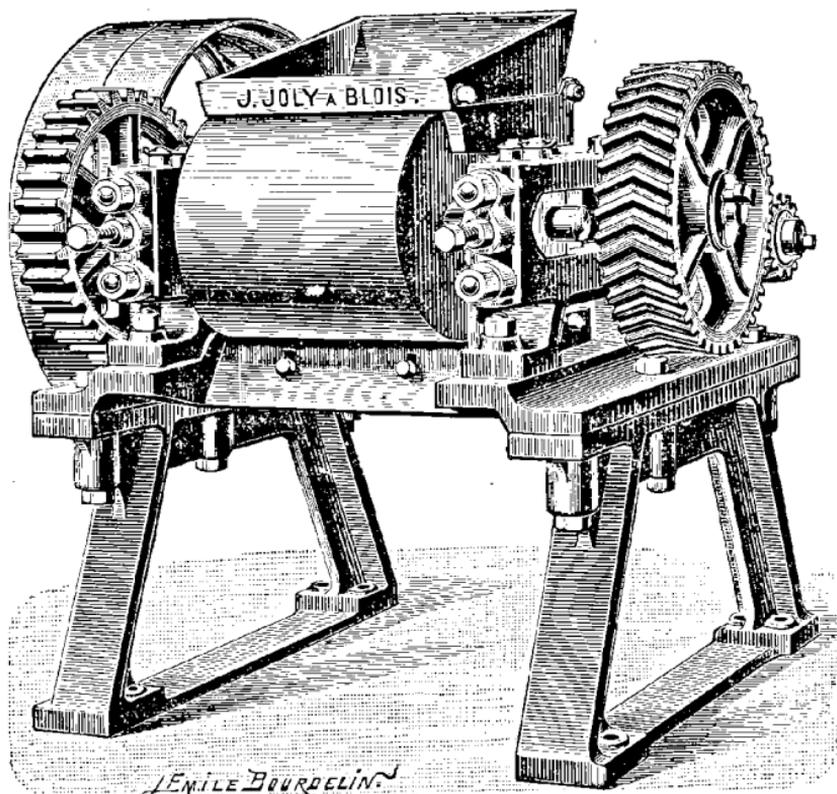


Fig. 23. — Broyeur écraseur (Joly, à Blois).

et résiste bien aux chocs violents dus à la présence de grosses pierres ; à l'intérieur se trouve disposé un racloir qui maintient les cylindres propres.

Par suite de l'usure des rouleaux, il faut, dans ces machines, prévoir une disposition qui permette de les rap-

procher et de les maintenir à une distance toujours la même.

Par suite de ce fait, malgré la longueur des roues d'engrenage, il arrive un moment où elles engrèneraient à fond et pourraient se rompre.

Il faut donc avoir des roues d'engrenage de rechange de même pas, mais d'un diamètre plus petit. Celle que l'on remplace pourra être réutilisée lorsqu'on se servira de rouleaux neufs.

### C. — MÉLANGE DES ÉLÉMENTS

Cette opération a pour but de transformer l'argile ou le mélange des éléments en une pâte homogène.

Ce travail peut se faire à la main ou à la machine. Il a une importance d'autant plus grande que le travail des pâtes leur communique des qualités spéciales de liant, de plasticité, de résistance toutes particulières ; ainsi une brique, faite par le colonel du génie Gallon (1) avec de l'argile corroyée une fois, a donné après cuisson une rupture sous la charge de 34 kilos. Une brique cuite en même temps avec de l'argile corroyée deux fois a donné une rupture sous la charge de 64 kilos, appliqués à chaque extrémité, les briques étant placées de champ et soutenues par leur milieu.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut (voir p. 91), on peut se servir du moulin à blocs ou du petit moulin broyeur pour mêler intimement les divers éléments qui constitueront les pâtes ; il en est de même des moulins à blé ou à galets, si l'on veut opérer à sec.

En général, on aura à se préoccuper du malaxage de pâtes molles ou fermes. On se servira de la main de l'homme lorsqu'il s'agira de petites quantités. On dispo-

(1) L. Lefèvre, *La Céramique du bâtiment*.

sera des lits d'argiles sur une aire en bois ou en ciment ; on les recouvrira des autres éléments : sables, dégraissants, kaolins, etc., que l'on arrosera ; on mettra une nouvelle couche d'argile et ainsi de suite, puis avec des houes on abattra de haut en bas l'argile, établissant ainsi une modification dans l'état des couches ; puis on recommencera en sens inverse formant des tas, que l'on pelletera ensuite en sens inverse. Dans certaines fabriques, ce travail se termine par un *marchage* au pied.

Aujourd'hui on emploie partout le malaxage mécanique.

Les plus employés sont les *malaxeurs à couteaux* formés d'une cuve en tôle ou en fonte, rivée à sa base sur un socle en fonte portant les trous de scellement. Une ouverture supérieure fermée pendant le travail permet le nettoyage et les réparations des couteaux sans démonter la transmission ; une porte à coulisse disposée dans le bas permet la sortie des matières malaxées ; le mélange est chargé à la partie supérieure (voir fig. 24).

Il existe aussi de tels appareils avec commande en dessous.

Les *malaxeurs horizontaux* remplacent avec avantage les malaxeurs verticaux toutes les fois que le mélange est long à obtenir. En effet, il est très difficile de faire des malaxeurs verticaux d'une hauteur utile de plus de 2 mètres, tandis que la longueur des malaxeurs horizontaux n'est pas limitée et permet un travail d'une durée plus grande.

Signalons en passant les *malaxeurs épurateurs* (voir fig. 25), qui permettent d'extraire des terres une partie des matières les plus grossières qu'elles contiennent.

Le fond du malaxeur est formé d'un crible épurateur dont les trous, de dimension variable selon les besoins, laissent filtrer la terre, tandis que les pierres rondes, plates et tous autres corps étrangers sont refoulés à droite et à gauche de la tonne. Le crible est maintenu propre par

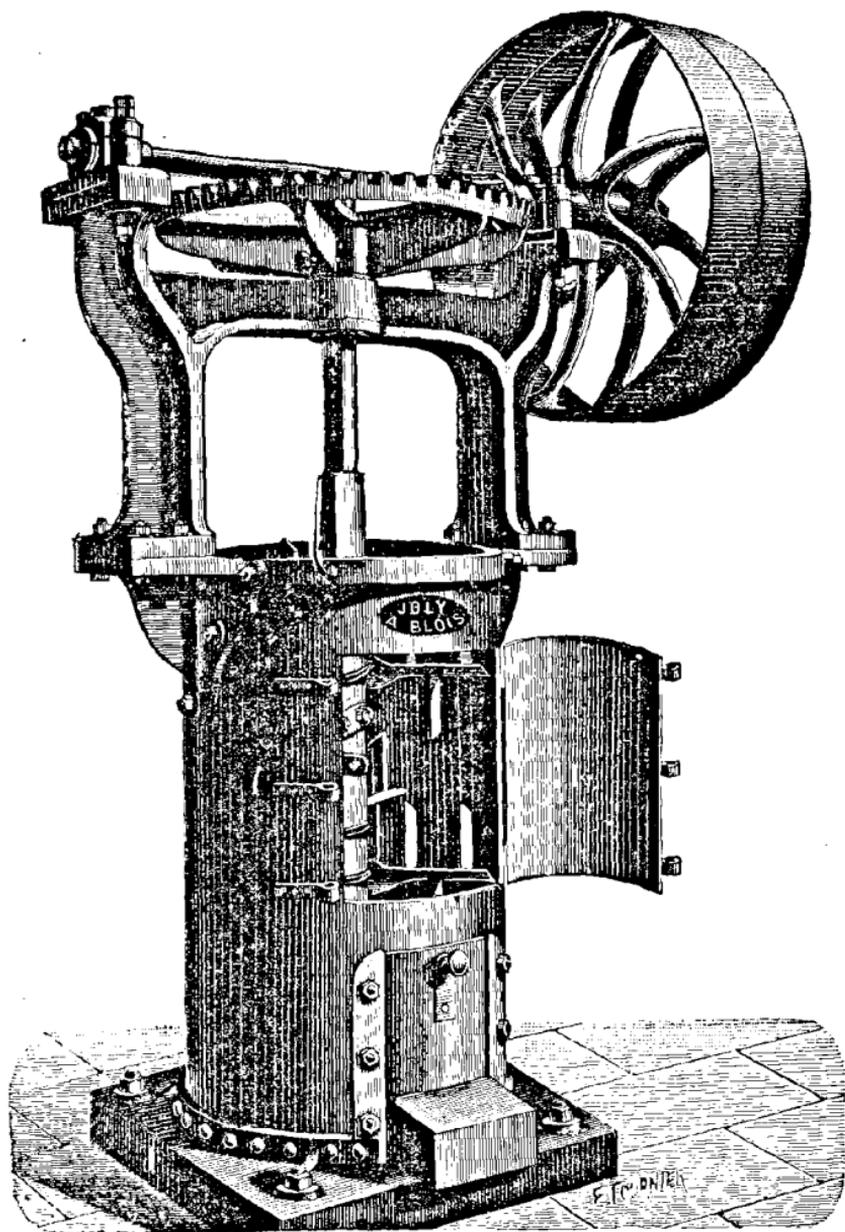


Fig. 24. — Malaxeur à couteaux (*Joly, à Blois*).

un couteau chasse-pierres. Quant aux pierres refoulées des deux côtés de la tonne, fermés par des vannes mobiles,

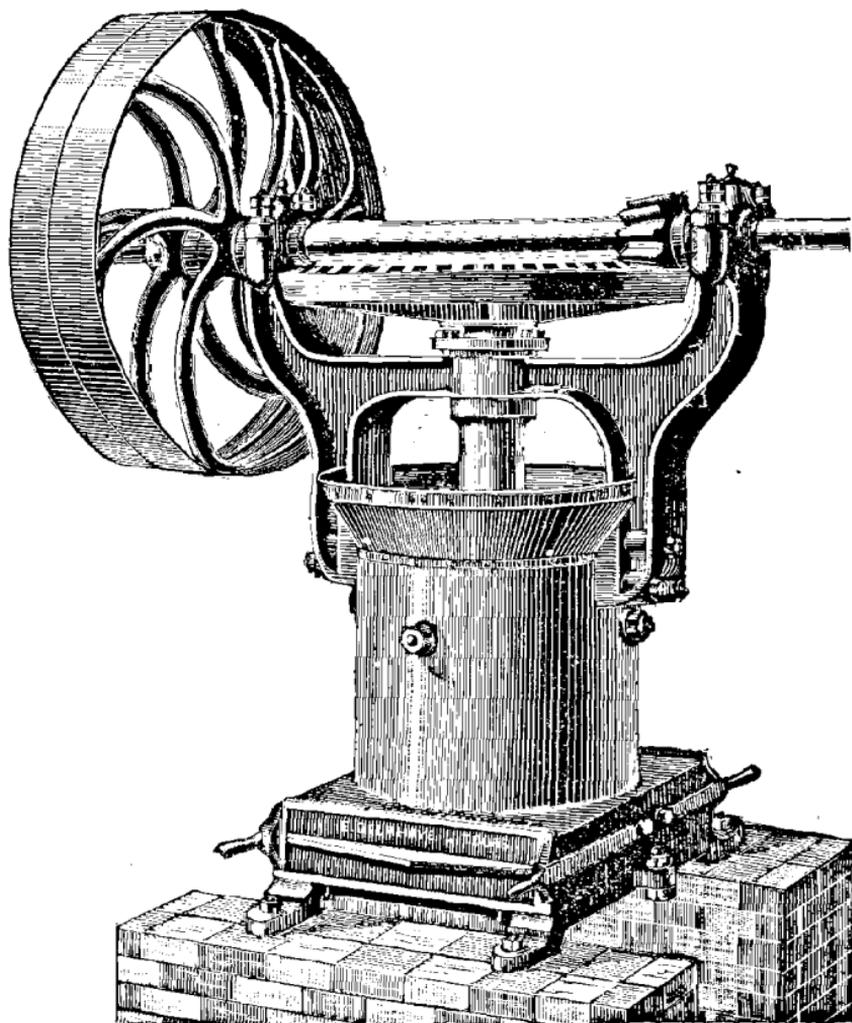


Fig. 25. -- Malaxeur épurateur (*Delahaye, à Tours*).

elles sont extraites en ouvrant ces vannes de temps en

temps pendant la marche et sans qu'il soit besoin d'arrêter.

On peut aussi se servir de *cylindres ou de cônes cannelés* (machine Boulet, dite *laminoir à cônes cannelés*) pour opérer le malaxage; les saillies d'un cylindre ou d'un cône pénètrent dans les cannelures de l'autre. Comme les rouleaux ont une vitesse égale, il y a différence de vitesse à la circonférence entre la surface et le fond d'une cannelure, d'où déchirement et malaxage.

On emploie pour malaxer des pâtes dures les machines inventées par M. Dumont et connues sous le nom de *laminoirs à cylindres perforés*.

Voici en quoi ils consistent. Deux cylindres robustes perforés de trous très rapprochés et d'un diamètre de 10 à 11 millimètres, tournent chacun autour d'un axe horizontal. Les deux cylindres se touchant, celui qui reçoit la force motrice entraîne le second; la terre, préalablement dégrossie par un passage entre deux cylindres ordinaires, est jetée par le moyen d'une trémie entre les cylindres; elle est forcée, entraînée par la rotation, à s'écouler par les trous d'où elle passe dans l'intérieur des cylindres sous forme de boudins ou colombins qui se cassent et se mélangent encore. Cette machine est excellente pour développer les qualités plastiques des pâtes.

Très généralement on rencontre dans l'industrie, et ce pour éviter une manipulation, le broyeur accouplé au malaxeur. Nous ne décrivons pas ces broyeurs-malaxeurs qui sont toujours le résultat de l'accouplement de deux des appareils que nous avons décrits.

Ainsi que nous l'avons dit, les pâtes de faïence, certaines pâtes de porcelaine sont broyées à l'eau. Jusque vers 1875, les barbotines résultant de ces broyages étaient transformées en pâtes molles ou en pâtes fermes par le moyen d'appareils en plâtre ou en terre cuite appelés *coques* dans lesquels on utilisait le pouvoir absorbant du plâtre ou de la terre cuite; ce travail était long et donnait des produits

irrégulièrement séchés, suivant la position de la pâte par rapport à la surface de la coque.

Aujourd'hui, on se sert partout de presses dites *presses anglaises*, parce que ces presses ont été appliquées en premier lieu en Grande-Bretagne, par MM. Needam et Kyte.

Ces presses, par le moyen de pompes, absorbent les barbotines maintenues en suspension dans un malaxeur à palettes, refoulent ces barbotines dans la presse d'où l'eau est expulsée; on en sort des galettes de pâte ferme.

Mais, comme pendant toutes les opérations qui ont précédé, il a pu s'introduire du fer métallique dans les pâtes, il sera bon de disposer en avant de la pompe de filtre-pressé, qu'il s'agisse de pâtes ou d'émaux, une série d'*aimants* ou d'*électro-aimants* permettant d'enlever le fer avant qu'il ne soit oxydé et qu'il ne rouille les matières. On pourra, de préférence, les disposer dans une cuve de malaxage analogue au baquet à aimants (fig. 26) qui, dans une faïencerie de Stoke, sert à éliminer le fer de l'émail liquide. Les aimants sont fixés à des cadres mobiles et peuvent être facilement retirés de la cuve pour leur nettoyage.

La *pompe de filtre-pressé* doit être combinée de façon à ne pas mettre le piston en contact avec la barbotine et ne doit mettre en œuvre que des pâtes préalablement tamisées par un des moyens que nous avons indiqués plus haut (voir p. 80).

Le piston se meut dans une chambre hydraulique qui imprime des mouvements d'aspiration et de refoulement à des lames de cuir, en contact avec la barbotine, de sorte qu'il n'existe aucun contact entre la pâte et le piston; cette pompe refoule sous pression le liquide à filtrer dans un véritable filtre-pressé appelé communément *presse anglaise* dans l'industrie céramique. Les panneaux unis ou striés sont en fonte ou en bois. Aujourd'hui, ce sont les

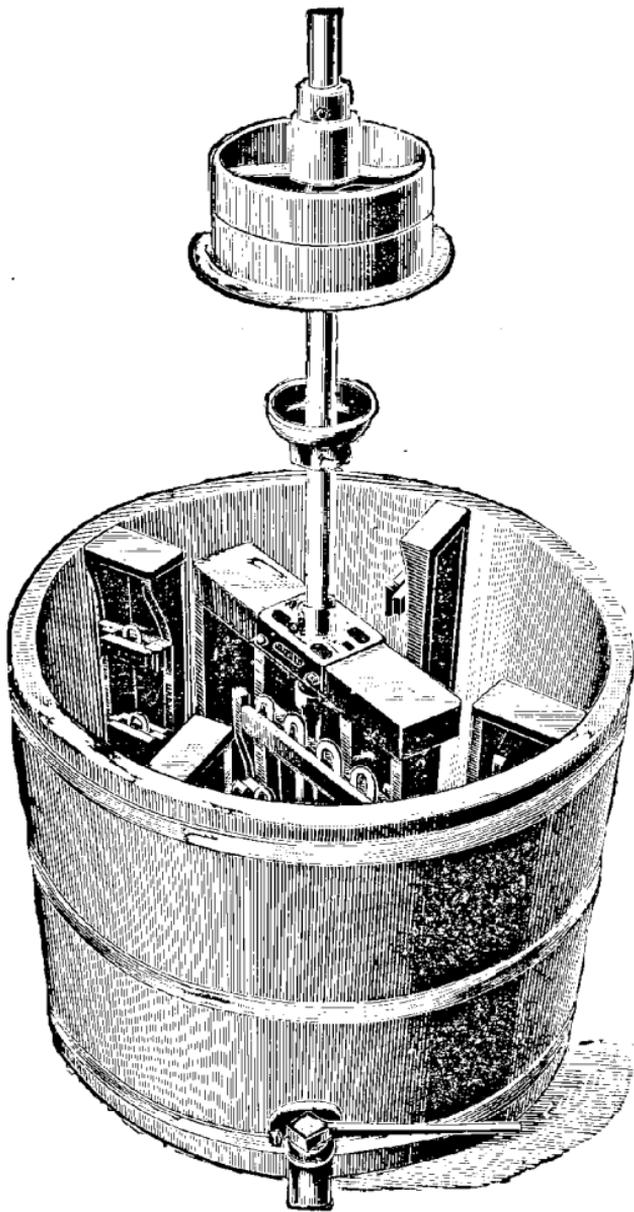


Fig. 26. -- Baquet à aimants (*Wenger, à Hanley*).

presses en fonte qui jouissent de la plus grande faveur.

Voici un exemple de presse construite en Angleterre. Les plateaux de fonte sont disposés de façon à être supportés par deux montants horizontaux (voir fig. 27) et à recevoir le liquide injecté par le centre des plateaux. Quand on a disposé les toiles sur les plateaux, on serre les plateaux en tournant d'abord la grande vis centrale jusqu'à ce que le grand hérisson s'engrène de lui-même à un petit pignon latéral, puis on adapte la manivelle à ce pignon et l'on continue à serrer jusqu'à ce qu'il ne s'égoutte plus d'eau. On presse jusqu'à ce que le manomètre marque 6 k. de pression, puis on vide en desserrant la grande vis et en faisant glisser tous les plateaux sur le châssis; les pâtes séchées tombent sous la presse dans des chariots disposés à cet effet. Avec une presse de ce genre et une pâte plastique, la pressée durera 2 h. 1/2 environ; on pourra répéter l'opération quatre fois par jour et pour un appareil de 60 compartiments produire environ 3000 k. de pâte par jour; les toiles doivent être choisies avec soin; on en emploie en pur fil de chanvre (carda) fabriquées dans le nord de la France; mais les toiles de coton, façon grain de poudre, fabriquées à Ramonchamp (Vosges) par la maison Fritz Kœchlin sont bien préférables à toutes les autres.

En effet la contexture spéciale du tissu et la nature des fibres employées dans cette fabrication assurent une bonne et rapide filtration, en même temps que la solidité du tissu diminue les dépenses d'entretien.

Il faut en effet pour ces toiles un entretien constant; on doit les laver à grande eau à la sortie de la presse, sécher de suite à l'étuve, ou à l'air (en été) pour éviter les moisissures.

Les pâtes sortant des filtre-presses sont rêches. Il s'agit alors de les malaxer de façon à former un tout plastique et homogène.

On conservait autrefois ces pâtes dans des fosses en ciment disposées dans des endroits humides (de 8 jours à 2

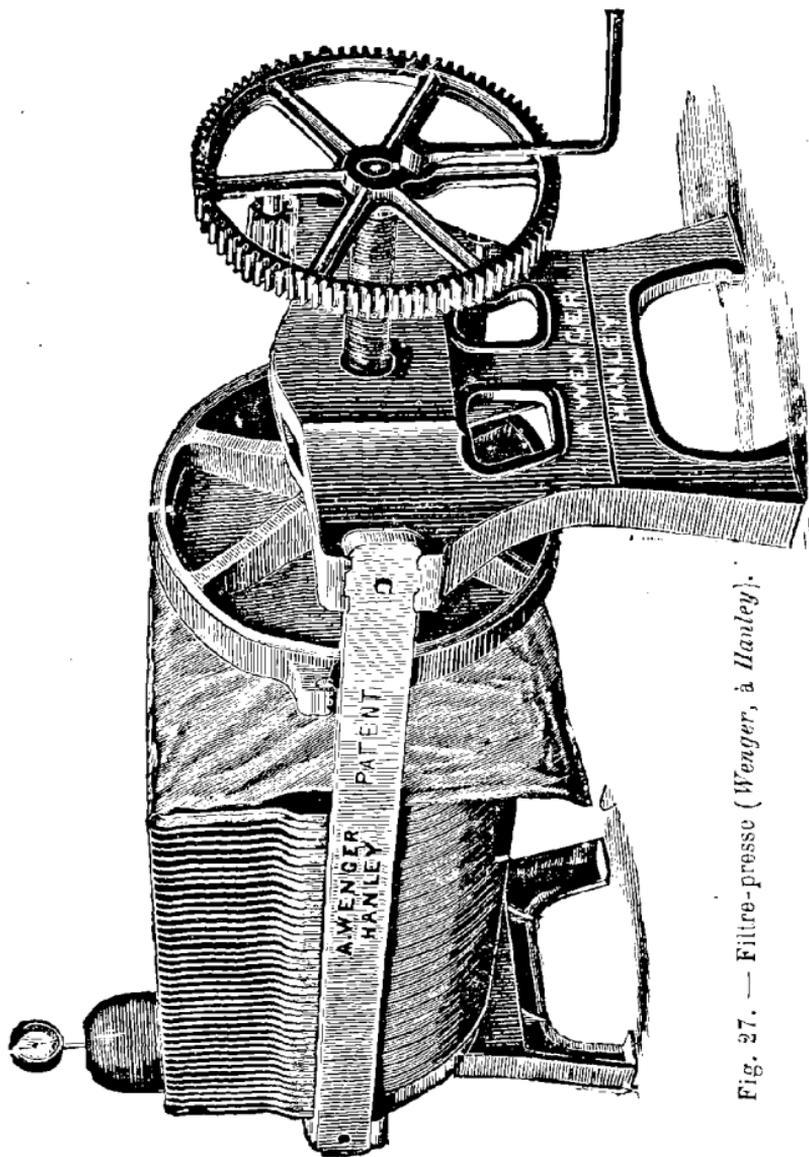


Fig. 27. — Filtre-pressé (Wenger, à Hanley).

ou trois mois), puis on les marchait au pied pour les mé-

langer. Cette opération, appelée *pourrissage*, donne des qualités aux pâtes, mais ces qualités ne sont pas en rapport avec la dépense de capital que représente une avance de pâte de plusieurs mois.

Le pourrissage détruit une petite quantité de fer et la

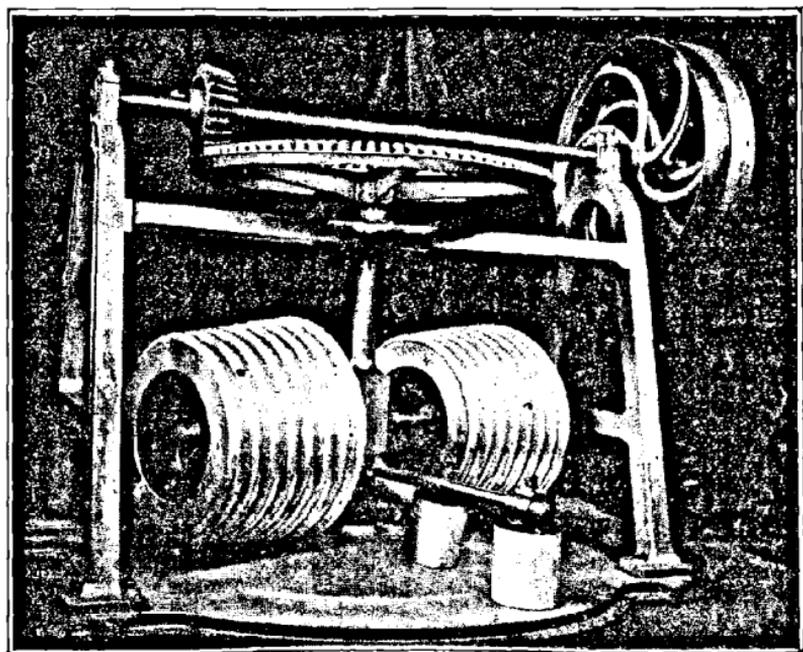


Fig. 28. — Machine à marcher (*Faure, à Limoges*).

kaolinisation se continue et augmente la plasticité. Ce procédé est, paraît-il employé en Chine pour certaines pâtes à porcelaine que l'on conserverait un siècle durant.

On remplace avantageusement et économiquement, ce travail soit par un malaxage dans un malaxeur horizontal (faïence), soit par un marchage mécanique tel que celui qui a été imaginé par Tritschler de Limoges et amélioré par M. P. Faure (fig. 28).

La *machine à marcher* se compose d'une base en zinc horizontale légèrement inclinée du centre vers les bords sur laquelle se meuvent deux rouleaux tronconiques cannelés disposés parallèlement sur un arbre vertical central. La pâte laminée entre la base et les rouleaux s'allonge, se pétrit et est rendue facilement homogène et propre au travail du porcelainier.

Mais il arrive aussi, et ceci se présente surtout dans les industries céramiques qui mettent en œuvre les terres telles qu'elles sortent de la carrière, que les terres soient trop sèches pour l'emploi manuel ou mécanique ultérieur. Il faut alors considérer si la terre est peu plastique et absorbe facilement l'eau ; dans ce cas on procédera à l'*humectage* ; si au contraire la terre est grasse on procédera à une opération appelée *trempage*. On comprend aisément que l'on puisse mouiller les terres maigres sorties de la carrière par aspersion, les mélanger et les laisser reposer pour répartir uniformément l'humidité, ce qui a une grande importance ; car pour une fabrication quelconque le degré d'humectage doit être toujours le même ; si les produits contiennent trop d'eau il y a déformation ; la liaison fait défaut pour des produits trop secs ; de plus une différence d'humectage donne lieu à des retraits différents.

Il faut donc choisir un degré d'humectage approprié à la fabrication tout en tenant compte du prix de revient.

En général, la terre sortie de la carrière est réduite en couche mince et arrosée au degré voulu. On disposera une seconde couche sur la première, on mouillera de nouveau et l'on laissera tremper 24 heures avant d'ajouter une nouvelle couche et ainsi de suite. Lorsque le tas est assez haut on l'entaille verticalement pour charger un *malaxeur* analogue à ceux que nous avons décrits (voir p. 98). Mais ce procédé donne lieu à une main-d'œuvre onéreuse et il vaut mieux se servir d'une machine à humecter ou *mouilleur-mélangeur de terre en poudre* (voir fig. 29). Ces ma-

chines sont formées d'un demi-cylindre horizontal formant auge où se trouve un arbre horizontal muni de palettes

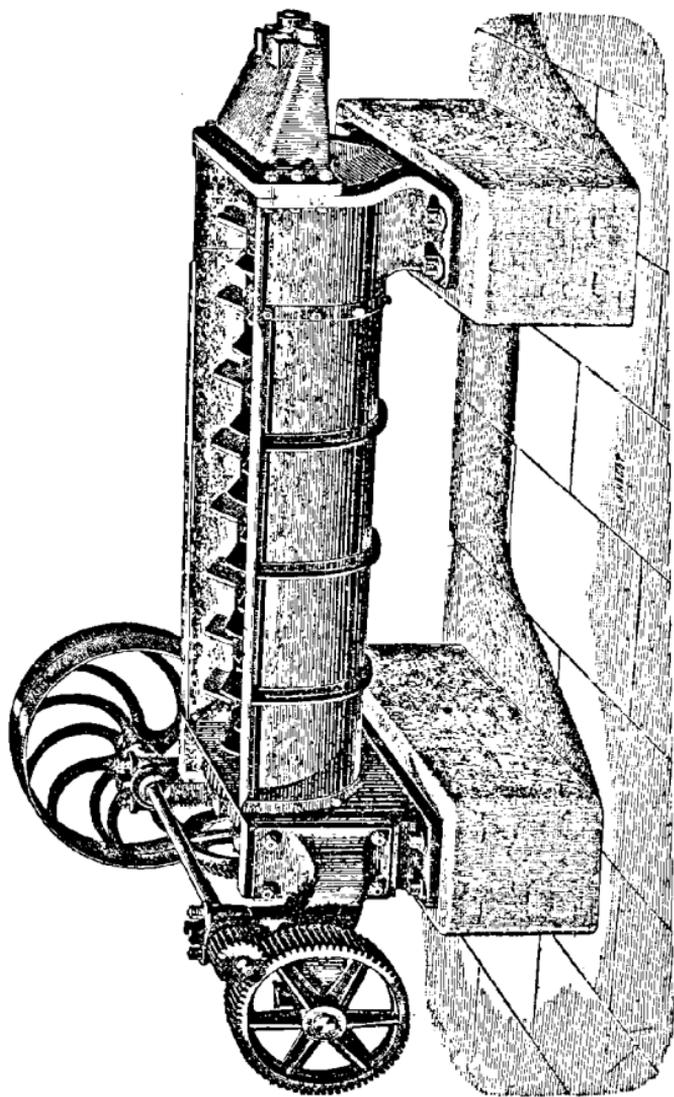


Fig. 29 — Mouilleur-mélangeur de terre en poudre (Boutlet, à Paris).

courbes et de couteaux mélangeurs mis en mouvement par une transmission de mouvement extérieure.

Au-dessus de l'auge on dispose un tuyau percé de petits trous qui arroseront l'argile pendant son mouvement; en effet les couteaux ou palettes disposées en hélice produisent un mouvement de translation qui fait marcher la terre d'arrière vers l'avant en la mélangeant à l'eau.

Le type dont nous donnons le dessin est construit par M. Boulet, avec deux arbres parallèles tournant en sens inverse. Les produits de ces machines sont régulièrement humectés.

Divers constructeurs accouplent des broyeurs à ces mouilleurs mélangeurs pour faire sans manipulation supplémentaire ces deux opérations en même temps.

Pour des argiles grasses, le *trempage* n'est pas fait mécaniquement; on dispose les argiles dans des fosses et on les arrose au point voulu; on les laisse 24 à 36 heures avant d'entailler et de passer au malaxeur.

## 2° Outils servant au façonnage des pièces

D'après ce qui a été dit à propos des définitions (voir page 73) les objets céramiques peuvent dériver de pâtes sèches, de pâtes molles ou fermes, enfin de barbotines.

Sans entrer dans la description des machines et procédés spéciaux à une fabrication déterminée et qui seront étudiés à propos de cette fabrication, nous allons, en énonçant les règles générales qui doivent présider au façonnage céramique, décrire successivement les machines utilisées dans les arts céramiques, en les divisant en trois classes suivant l'état d'humidité de la pâte.

### A. — FAÇONNAGE DES PÂTES SÈCHES.

Si l'on se rend compte de la difficulté qu'il y a d'éliminer les eaux des pâtes céramiques et des dépenses qui en

résultent, on comprendra que les potiers se soient ingénies à fabriquer les produits céramiques avec le minimum d'eau.

L'idéal serait de façonner avec des matières sèches tous les objets usuels; jusqu'à présent, si l'on ne tient pas compte de fabrications d'essais qui à notre connaissance n'ont pas abouti, on n'a réussi à fabriquer ainsi que des briques et des carreaux. Ce procédé, par le peu d'eau que contiennent les pâtes (elles sont sèches à l'air mais contiennent toujours de 5 à 8 0/0 d'eau hygrométrique) évite aux produits le gauchissement et la déformation, en même temps qu'elle leur donne de grandes qualités de régularité. Mais pour arriver à agglomérer de pareils mélanges il faut une pression considérable.

**Presse à pistons.** — Cette pression s'obtient souvent par le moyen de pistons et la pression exercée sur chaque produit dépasse 100 tonnes. Aussi faut-il des machines puissantes, solides. La machine Johnson (1) a besoin de 25 chevaux vapeur de force pour produire 2.500 à 3.000 briques à l'heure. Dans ces machines la terre en poudre arrive par le haut dans une manche qui alimente un premier moule. Ce moule plein vient se disposer devant un piston de la machine qui exerce une première pression; puis se rend devant un second piston qui donne une seconde compression plus énergique, pendant ce temps le premier moule se remplit à nouveau. La brique finie est démoulée et prête à aller directement au four sans passer par le séchoir.

La double pression successive est absolument indispensable pour chasser l'air qui sans cela forme des poches provoquant des accidents pendant la cuisson.

**Presses hydrauliques.** — Dans d'autres cas et sur-

(1) L. Lefèvre, *La Céramique du bâtiment*.

AUSCHER. Technologie de la Céramique.

tout pour fabriquer les carreaux de grès, on comprime des mélanges en poudre dans des moules métalliques à l'aide de puissantes presses hydrauliques.

L'eau est comprimée à l'aide d'une pompe qui agit soit directement, soit avec des accumulateurs interposés, ce qui est bien préférable. Un distributeur muni d'un levier transmet la pression à la presse. Généralement la machine est établie de façon à démouler un carreau pendant qu'un autre se presse. Souvent aussi on dispose des accumulateurs à pression variée; un accumulateur donnant 50 atmosphères par exemple et un autre 150; de façon à donner la basse pression pour expulser l'air et la forte pression pour terminer le travail.

On conçoit parfaitement que l'on puisse fabriquer ainsi des masses parallépipédiques ou cylindriques, démoulables dans lesquelles on pourra ensuite, par travail sur le tour, ou de toute autre façon, donner des formes variées.

C'est par des machines de ce genre que se font les carreaux incrustés en plusieurs couleurs dont nous décrirons la fabrication en un autre volume.

## B. — FAÇONNAGE DES PÂTES FERMES ET MOLLES

Les mêmes procédés pouvant s'appliquer au façonnage des pâtes fermes ou molles, nous avons réuni dans ce chapitre ce qui a trait à ce façonnage.

Les procédés sont nombreux, nous indiquerons seulement les plus usités en ayant soin de ne donner que des principes généraux.

**Tournage.** — L'opération du tournage comprend deux phases : l'ébauche et le tournassage ou finissage; on se sert pour ces opérations du *tour* qui est un des appareils les plus anciens de l'industrie humaine.

Ainsi qu'on pourra s'en rendre compte par la figure 30 le tour à ébaucher est mis en mouvement par le pied de l'ouvrier.



Fig. 30. — Tour du potier.

Ces tours ont été connus à l'époque la plus reculée en Chine et en Egypte (tableaux peints sur les murs des tombeaux de Beni-Assan, et de Thèbes); inventés ou transportés en Grèce par le sculpteur grec Talos, ils servirent

aux Romains, aux Arabes et à toutes les civilisations postérieures.

En voici la description : sur un arbre vertical se trouve disposé un plateau sur lequel on ébauche la pièce ; au bas de cet arbre une roue mise en mouvement par le pied ; si la force de résistance est trop grande une manivelle disposée dans le voisinage permettra à un apprenti de faire tourner cette roue. La roue une fois mise en mouvement,

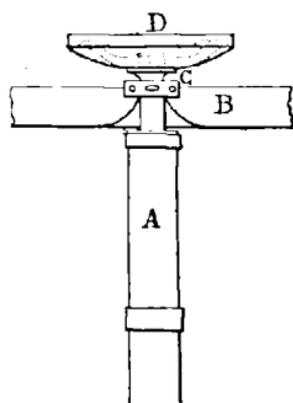


Fig. 31. — Girelle.

fait l'office de volant par son poids. Un cadre en bois permet de supporter cet ensemble en même temps qu'il sert de siège à l'ouvrier et de support provisoire pour quelques pièces fabriquées.

Le plateau sur lequel on ébauche la pièce s'appelle *girelle*. L'arbre en fer A est maintenu vertical grâce à un collier C qui est fixé sur une traverse B. La girelle, formée d'une griffe métallique recouverte de plâtre D,

est vissée sur cet arbre et par suite amovible.

Quand on veut ébaucher une pâte céramique on prend une balle de pâte ferme ou molle (suivant les cas) que l'on rebat, c'est-à-dire que l'on rend aussi homogène et aussi régulière que possible, par pression exercée par les mains ; on met cette balle sur la girelle que l'on a humectée préalablement, on mouille les mains et on met le tour en mouvement. On élève, on abaisse cette masse informe de façon à en former une sorte de galette au moyen des deux pouces ; de temps en temps l'ouvrier devra mouiller ses doigts de barbotine pour empêcher qu'à la surface il ne se produise une croûte plus sèche par la chaleur de la main : puis on monte et on abaisse plu-

sieurs fois de suite la masse creusée en son centre par la pression des doigts et l'on force cette pâte en montant à se laminer entre les doigts ou entre les mains suivant la dimension des pièces pour arriver à la forme définitive.

Cette pièce ébauchée peut être considérée comme une lame de pâte contournée en hélice qui suivrait une surface de révolution occupant le milieu de l'épaisseur de la pièce. C'est en sens inverse du mouvement qui a développé cette bande de pâte, c'est-à-dire en sens inverse du mouvement rotatoire du tour que la retraite a lieu pendant la cuisson. Or il faut, pour qu'il n'y ait ni déchirures, ni fentes, que toutes les molécules qui composent la pièce, celles du haut, celles du bas, celles de l'intérieur de la pâte, aient lors du retrait, la même direction. Elles ne la suivront qu'autant qu'elles auront toutes et tour à tour reçu l'impression de la main du tourneur élevant ou aplatissant la masse lenticulaire sous laquelle se présente tout d'abord le ballon qui doit fournir l'ébauche. Cet usage, qui ne souffre pas d'exception, n'aurait ainsi d'autre but que d'entraîner toutes les molécules d'une pièce dans une direction unique (1).

L'opération de l'ébauche est extrêmement délicate, le succès de la fabrication de certaines pièces dépend de la façon dont cette opération a été soignée. Elle est d'autant plus importante que les résultats d'un mauvais travail ne sont visibles qu'après le passage au feu, lorsqu'il n'est plus possible d'y remédier et lorsque la pièce a subi toute une série d'opérations, tournassage, émaillage, décoration.

Aussi est-il bon d'indiquer les précautions essentielles à prendre et qui sont les suivantes.

La pâte ne doit pas être trop molle quoiqu'une ébauche avec une pâte molle se fasse plus facilement. La pression sur toutes les parties de la pâte exercée par la main doit être régulière. Enfin il faut rythmer absolument la

(1) Salvétat, *Additions du Traité des arts céramiques*, t. I.

vitesse de rotation du tour, c'est-à-dire le mouvement du plateau avec la vitesse d'ascension des mains ou avec le mouvement vertical pour élever les parois de la pièce, de manière à former une spirale conique ou cylindrique dont les pas soient le moins espacés possible (1).

L'ébauche est plus difficile avec des pâtes plastiques, parce que les inégalités de mouillage et de compression s'y manifestent plus par l'effet de la cuisson et de la dessiccation, que pour une pâte maigre.

C'est en général par un défaut appelé *vissage* que se traduit le mauvais travail de l'ébaugeur. Ce défaut consiste en des lignes ou sillons enfoncés, plus ou moins sensibles, qui partant de la base des vases s'élèvent en spirale comme les pas d'une vis. Ces vis ont un double inconvénient. L'aspect de ces pièces est absolument désagréable, de plus la pièce est déformée complètement, les anses sont déjetées, les couvercles ne s'y adaptent plus. Souvent même des fêlures et des fendilles suivent dans les cavités spirales le mouvement des lignes de vissage.

La limite de hauteur de la fabrication des pièces ébauchées à la main est donnée par la longueur des bras des ouvriers ; on arrive quelquefois à dépasser cette hauteur en disposant successivement des colombins de pâte sur le bord supérieur du cylindre ébauché ; on parvient à lui donner par cette suite d'ébauches une assez grande hauteur.

On peut aussi, pour des grandes pièces, sans se servir de tour, procéder à l'opération de l'ébauche ; c'est l'*ébauche à la main* qui est usitée dans le Midi de la France pour la fabrication des grandes jarres et cuiviers ; on l'emploie également pour fabriquer des pots ronds en forme de creusets servant dans la fabrication des verres et émaux. L'ouvrier se sert de *colombins* ou longs cylindres de pâte bien malaxée et battue, qu'il place les uns sur les autres et qu'il

(1) Brongniart, *Traité des arts céramiques*.

lie avec ses mains. Des gabarits intérieurs et extérieurs permettent de donner la forme régulière.

Nous donnons ci-contre, pour bien expliquer le travail complet de l'ébauche, le dessin d'une soucoupe. La partie noire de la figure 32 indique la masse ébauchée; la partie en blanc qui se trouve au milieu de la masse ébauchée indique quel devra être le profil définitif de la sou-

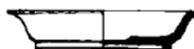


Fig. 32. — Soucoupe ébauchée. Fig. 33. — Soucoupe tournassée.

coupe. Lorsque cette ébauche aura été suffisamment séchée, de façon à être devenue assez dure pour pouvoir être entaillée par un outil d'acier, sans toutefois être assez sèche pour se réduire en poussière, on procédera à l'opération du tournassage.

**Tournassage.** — L'opération du tournassage a pour but d'enlever d'une ébauche plus ou moins soignée, au moyen d'outils appelés *tournassins*, toute la pâte que l'on a été obligé d'ajouter en trop pendant l'ébauche; on place l'ébauche sur la girelle d'un tour ou dans un *mandrin* en plâtre disposé sur la girelle, de façon que son axe soit centré avec celui du tour et on fixe cette ébauche sur la girelle ou sur le mandrin au moyen d'un peu d'eau ou de barbotine claire mise avec un pinceau.

Les instruments coupants, de formes extrêmement variées, enlèvent successivement en passant du dégrossissage au finissage toutes les parties excédantes, jusqu'à ce que l'on approche du profil final indiqué par le dessin, alors on donne un finissage définitif au moyen d'outils établis par l'ouvrier lui-même avec des lames d'acier et qui donnent les derniers détails de moulures, de filets. Puis on polit la pièce au moyen d'une lame mince de

corne ou d'acier de ressort de pendule ; ce poli donne des qualités spéciales d'aspect aux pièces émaillées.

Ce tournassage se fait souvent sur les tours à axe vertical qui servent pour l'ébauche, mais comme il est nécessaire que la main du tourneur soit soutenue par un appui pendant le tournassage et que cela est difficile pour le

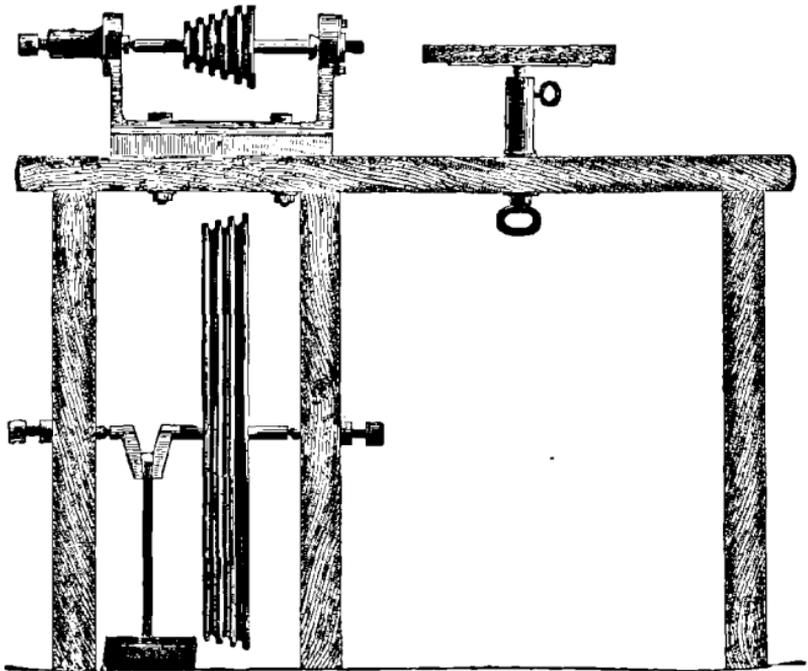


Fig. 34. — Tour anglais ou tour en l'air (*Wenger, à Hauley*).

tournage sur tour vertical on se sert fréquemment du *tour anglais*, appelé aussi *tour en l'air*, dont l'axe est horizontal.

La pièce est emmandrinée à l'extrémité de droite de l'axe horizontal (fig. 34), grâce à la consistance qu'elle a acquise en séchant. Un support facilement amovible sur le banc du tour permet de soutenir la main du tourneur. Par le moyen des poulies de diamètres différents, on obtiendra les vitesses convenables pour le travail.

La figure 34 indique un appareil mû par le moyen d'une pédale, mais ces tours peuvent être mus mécaniquement.

Si, au lieu de chercher à obtenir une forme ronde, on veut obtenir des articles cannelés ou rainurés, on se servira du tour à guillocher dont nous donnons la reproduc-

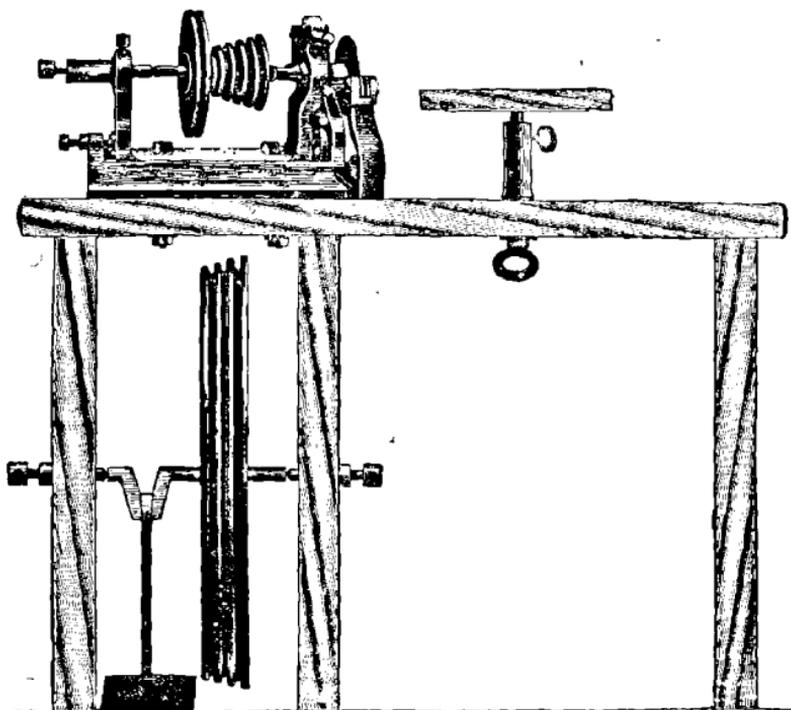


Fig. 35. — Tour à guillocher (Wenger, à Hauley).

tion (voir fig. 35). Cet appareil pourra servir de tour horizontal, mais lorsque l'on voudra guillocher, on disposera une rosette appropriée qui donnera à la pièce des déplacements latéraux, qui, joints au mouvement de rotation de la pièce, permettront l'enlèvement par copeaux des matières excédantes. Ces tours à guillocher ont souvent le défaut de donner des secousses qui provoquent l'arrachement des pièces ; on évitera cet inconvénient lorsque l'on voudra godronner des pièces d'une certaine valeur,

en procédant par rosettes successives à profils de plus en plus creux.

Ces mêmes tours permettront la fabrication de modèles guillochés qui seront utilisés comme il sera dit plus loin à la fabrication des moules.

*Tours mécaniques.* — Le développement de l'industrie a conduit depuis longtemps à remplacer le travail si fatigant du pied du tourneur par le travail mécanique ; il faut obtenir d'un tour mécanique les mêmes variations de vitesse que celles que l'on peut obtenir avec le pied qui sert à la fois de moteur et de frein.

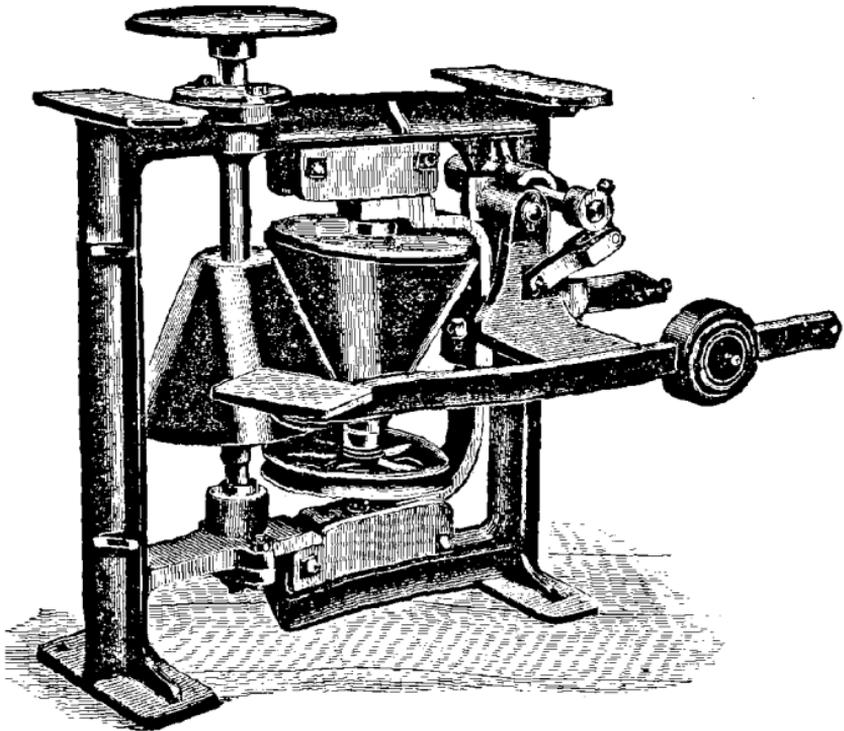


Fig. 36. — Tour à cônes (Boulton, à Burslem).

Le tour à cônes construit par Boulton permet en levant ou en abaissant la pédale, de faire varier la vitesse et

comme l'angle du cône est assez incliné, les moindres variations de hauteur de la pédale correspondent à des variations de vitesse de la girelle. Ces tours demandent peu de force, sont rustiques et n'exigent le concours d'aucun aide. Il existe des tours de ce genre munis d'appareils automatiques pour modérer la vitesse lorsque la pression du pied ne suffit plus ; mais ils sont d'un usage moins courant (fig. 36).

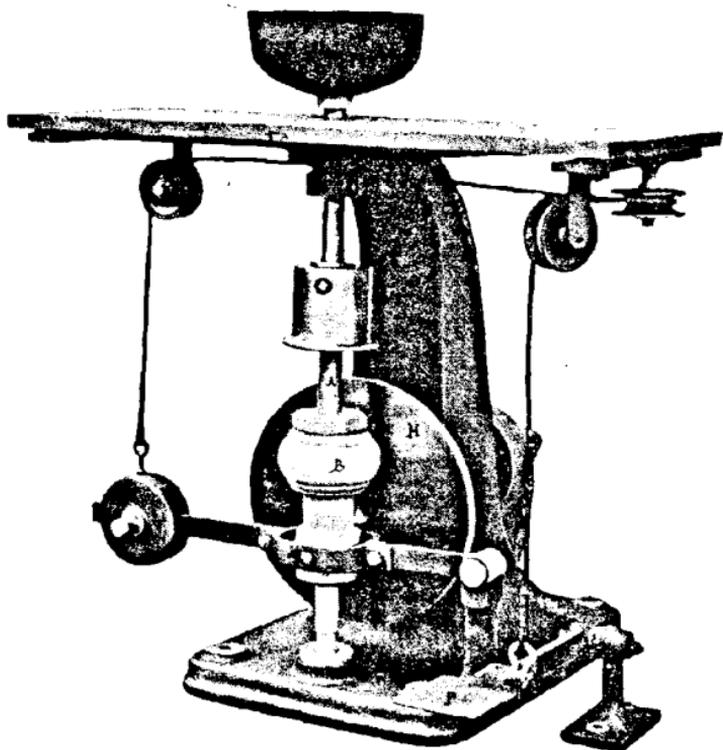


Fig. 37. — Tour à plateau à friction (Faure, à Limoges).

Le tour à *plateau de friction* (fig. 37) construit par P. Faure de Limoges résout le même problème d'une manière différente. Le mouvement de la pédale P permet d'élever ou d'abaisser l'arbre A dont la vitesse dépendra du point où

il sera en contact par le moyen de la pièce B avec le plateau H qui transmet la force. Un contre-poids C remet toutes choses en état lorsque l'action de la pédale P n'existe plus. Ce système est plus généralisé dans l'industrie de la porcelaine ; le précédent dans celle de la faïence.

**Calibrage.** — Si l'on considère que certains objets usuels comme les assiettes, les soucoupes, etc., sont fabriqués par milliers, il devait venir forcément à l'idée du potier de chercher à créer ces pièces sans passer par les deux phases de l'ébauche et du tournassage qui exigent une très grande surface d'atelier souvent même de séchoir.

Calibrer signifie abaisser sur une ébauche de pièce *un calibre* qui présente à son bord interne le profil découpé dans une lame d'acier eoupante donnant la forme plus ou moins nette du dedans ou du dehors de la pièce ; et de plus, abaisser ce calibre à une distance telle que l'on obtienne non seulement le contour, mais encore l'épaisseur.

Ce procédé permettra, une fois le réglage des calibres obtenu, de fabriquer un grand nombre d'objets identiques, de même profil, de même épaisseur. Nous donnerons comme exemples de ce genre de travail qui s'applique à toutes les industries céramiques la fabrication par calibrage des assiettes telle qu'elle se pratique à la manufacture nationale de Sèvres, et la fabrication mécanique des assiettes et plats ovales faite par le moyen des machines P. Faure.

*Calibrage des assiettes à Sèvres.* — Sur une peau charmoisée, disposée sur un rondeau en plâtre fixé sur la girelle d'un tour, on ébauche une balle de pâte, que l'on conduit à la période ultime de travail, à former une galette plate d'environ un centimètre de haut ; un outil disposé à la distance voulue et mû à la main se rabat autour d'une char-

nière horizontale; comme on a eu soin de se servir de rondeaux en plâtre de dimensions invariables, cet outil donnera une *croûte* de pâte d'une épaisseur mathématique.

Sur un second tour voisin du premier est disposé un moule donnant le profil intérieur de l'assiette; on y dispose cette croûte que l'on a soin de centrer exactement et que l'on détache de la peau chamoisée par le moyen d'une sorte de coupe-papier en bois. On presse alors la croûte sur le moule de plâtre au moyen d'une éponge fine, puis on abaisse un *calibre* d'acier, mobile autour d'une charnière horizontale pour donner le profil définitif extérieur de l'assiette en enlevant l'excédent de matière molle.

On laisse sécher l'assiette sur ce moule en plâtre. On démoule et il suffit de tournasser le bord de l'assiette, après que l'assiette est séchée, pour avoir une pièce susceptible de passer au feu.

On voit donc qu'avec une série de moules d'une grandeur mathématique, avec des galettes ou croûtes de pâte bien régulières, comme épaisseur et comme état de pâte, avec des calibres bien compris, on pourra obtenir un grand nombre de pièces identiques d'une fabrication régulière et économique.

*Calibrage mécanique P. Faure.* — Partant de ce principe, M. P. Faure de Limoges a réussi à créer un outillage applicable à la fabrication des pièces plates rondes (assiettes, plats, soucoupes, etc.) et à celle des plats ovales à profils réguliers ou irréguliers.

Si l'on ne tient pas compte des détails de mécanique variant lorsqu'il s'agit d'une pièce ronde ou d'une pièce ovale à profil régulier ou irrégulier, un jeu de machines Faure comprend d'abord une machine à fabriquer les moules.

Ainsi que le montre la figure 38 *la machine pour la fabrication des moules* calibrera les moules intérieurs en

plâtre de manière à leur donner mêmes profil et hauteur ; le calibrage de ce moule intérieur pourra se faire en plusieurs fois et successivement par le moyen d'outils appropriés.

Cette machine servira à donner les moules de plâtre à un jeu de trois machines (voir fig. 39 à 41) que nous décrivons tout en indiquant la série des opérations auxquelles le potier va se livrer.

*La machine à faire les croûtes A*, mue mécaniquement, reçoit sur sa girelle G une peau chamoisée, montée sur un cercle de métal ; cette peau étant convenablement humectée, l'ouvrier y jette la balle de pâte préalablement malaxée et battue. Cette balle est laminée entre la pièce c et la peau chamoisée aussitôt que l'ouvrier a mis en mouvement le mécanisme spécial qui agit sur cette pièce par le moyen de la pédale. Le réglage du mouvement de va et vient de cette pièce c est obtenu par le moyen de la came d dont le profil est approprié à la nature de la fabrication.

La seconde machine ou *machine à centrer les croûtes B* sur les moules, porte vers sa partie supérieure un plateau a sur lequel on va emmancher la peau chamoisée recouverte de la galette de pâte produite par la machine précédente ; ce plateau équilibré par un contrepoids viendra abattre cette galette de pâte sur la girelle de cette machine où se trouve disposé le moule b ; par le moyen d'un outil en bois, et grâce à la rotation de l'axe de l'arbre, la galette se détache facilement de la peau chamoisée, et peut être, si la fabrication l'exige, moulée ou imprimée sur le moule b ; on comprend qu'avec ce système le centrage soit mathématique.

La troisième machine ou *machine à calibrer C* sur la girelle de laquelle on fixera la galette moulée en f recevra le travail successif du calibre e que l'on descend en agissant sur la manette l.

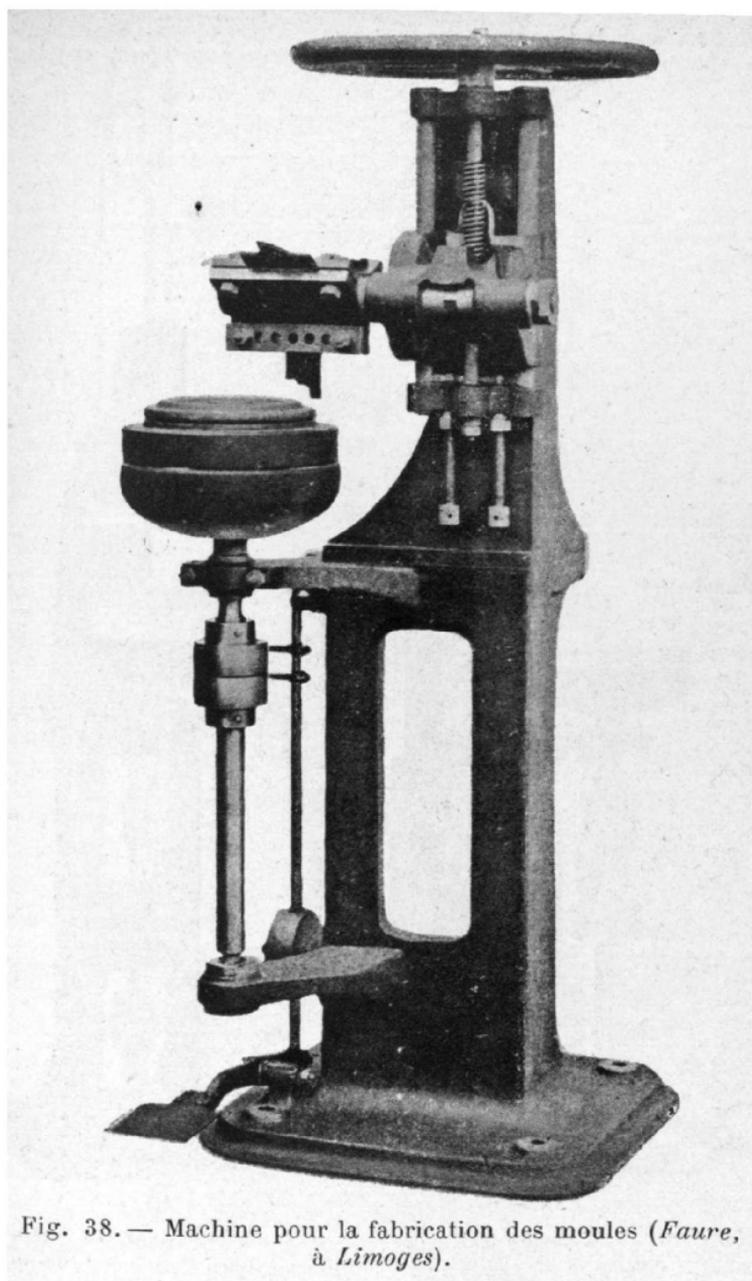


Fig. 38. — Machine pour la fabrication des moules (*Faure, à Limoges*).

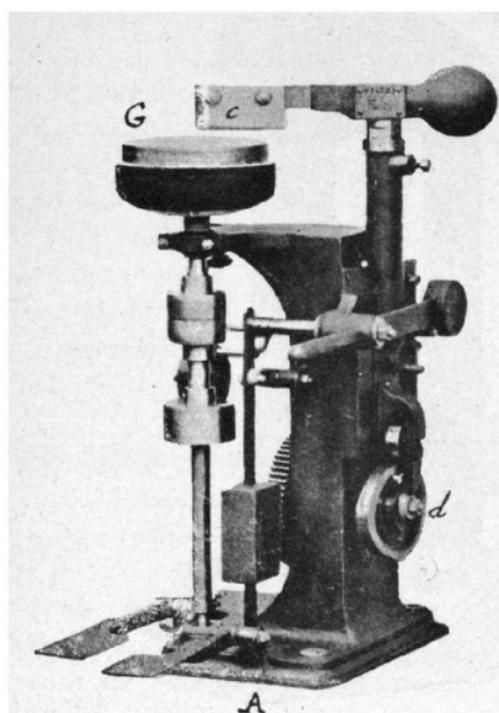


Fig. 39. — Machine à faire les croûtes (Faure, à Limoges).

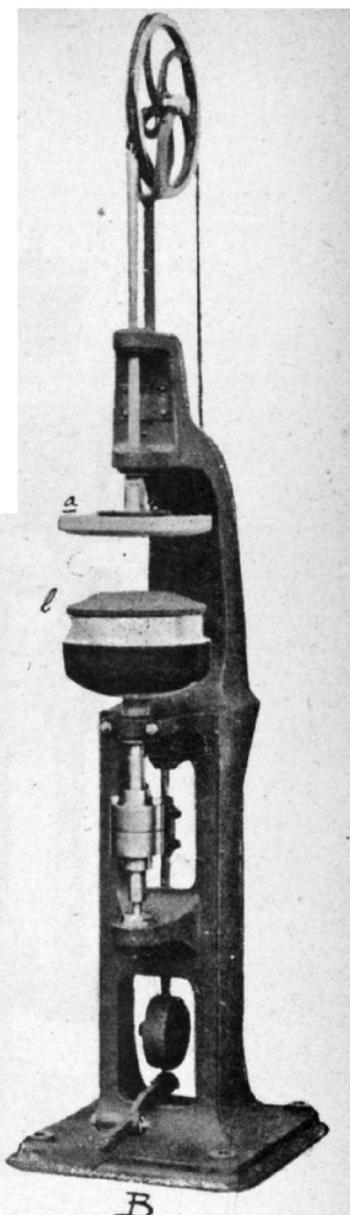


Fig. 40. — Machine à centrer les croûtes (Faure, à Limoges).

Suivant la fabrication, la nature des pâtes, les profils des moules et calibres devront être soigneusement étudiés. L'assiette ainsi calibrée va sécher sur son moule de

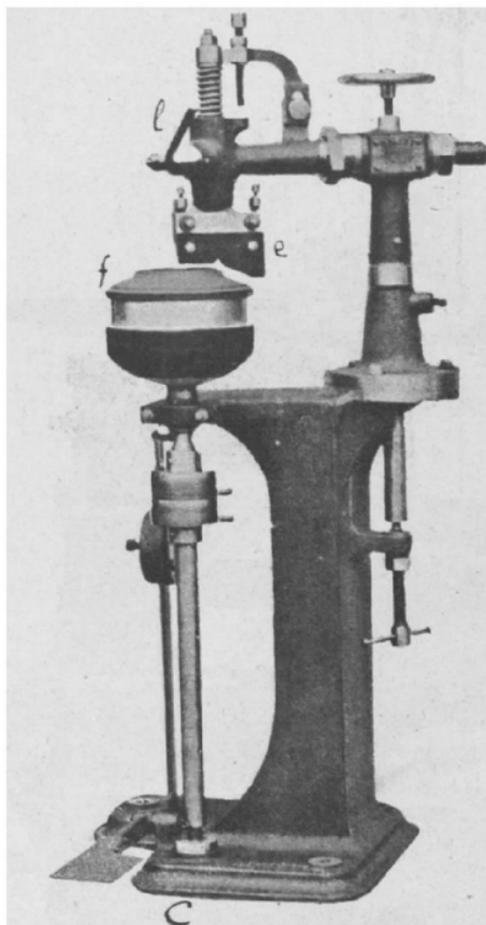


Fig. 41. — Machine à calibrer (Faure, à Limoges).

plâtre et devra ensuite passer à un tour à tournasser qui terminera les bords de l'assiette que ces machines ont laissés angulaires et qu'il faudra arrondir. Un jeu de ces machines peut produire 800 à 900 assiettes par jour, environ, ou 150 plats ovales.

La figure 42 indique une *machine à calibrer les plats*

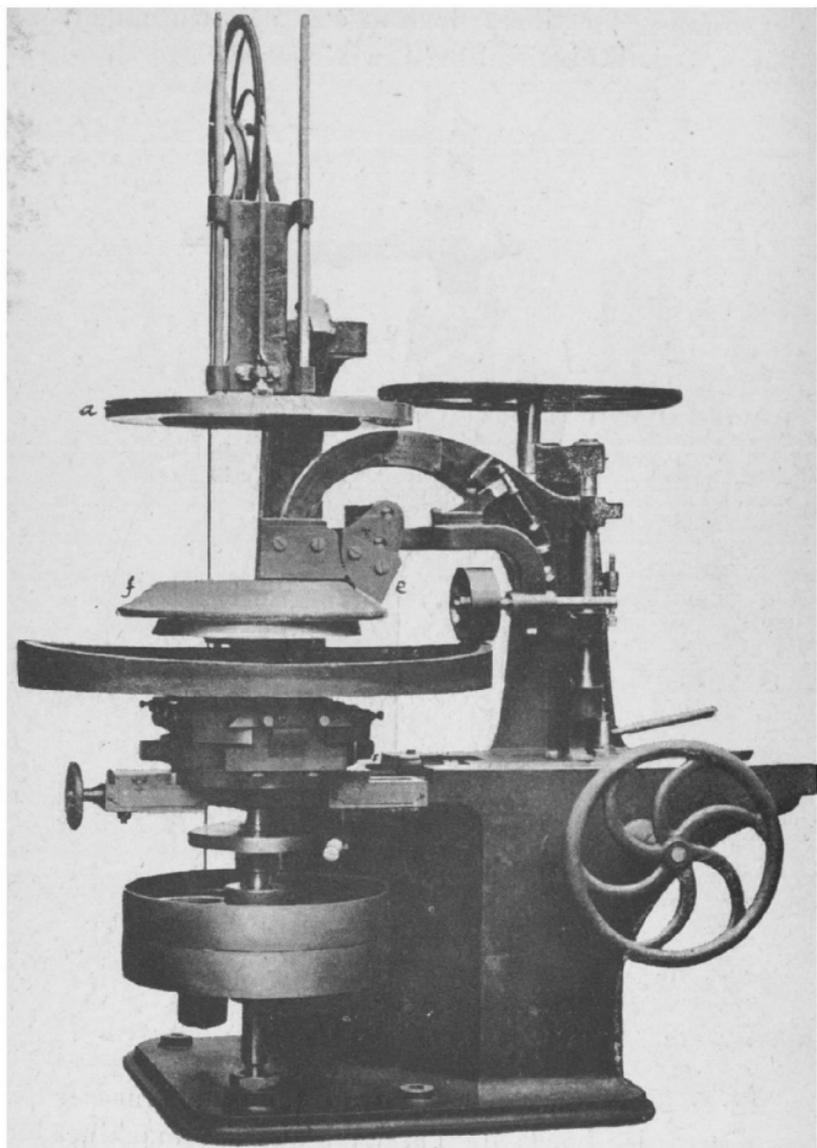


Fig. 42. — Machine à calibrer les plats ovales (*Faure, à Limoges*).  
*ovales à profils irréguliers construite par M. P. Faure pour*

la fabrication de plats ovales de 24 pouces. Le centrage est fait par la pièce *a* ; le moule est disposé en *f* et le calibre se trouve en *e*. On est émerveillé à la vue du travail de ces machines ingénieuses qui remplacent la main de l'homme pour un travail considéré par tous les potiers comme des plus difficile, la production de pièces ovales de dimensions régulières sans gauchissement.

**Moulage à la housse.** — Le moulage à la housse est la combinaison du tournage et du moulage. Ce moulage convient à la fois aux pâtes les plus rustiques comme les plus délicates ; il comprend deux périodes ; dans la première le tourneur ébauche sa pièce comme s'il devait la tournasser ultérieurement en cherchant à obtenir autant que possible le profil extérieur et l'épaisseur de la pièce. C'est cette pièce de pâte molle qui s'appelle *housse* que l'on introduit dans un moule en plâtre creux, large, évasé ; on applique la housse avec l'éponge contre les parois du moule pour lui faire prendre la forme. Ainsi qu'il est facile de le voir, ce procédé doit s'appliquer à des pièces évasées permettant l'introduction du doigt ou de la main à leur intérieur.

Pour fabriquer des housses de petite dimension pour tasses ou bols, on fait une ébauche *m* au moyen d'une balle de pâte que l'on monte ; à la partie supérieure de cette ébauche on évide la housse que l'on coupe suivant *a b* au moyen d'un fil de laiton ou d'une lame ; on la dispose sur un plâtre humide et l'on continue

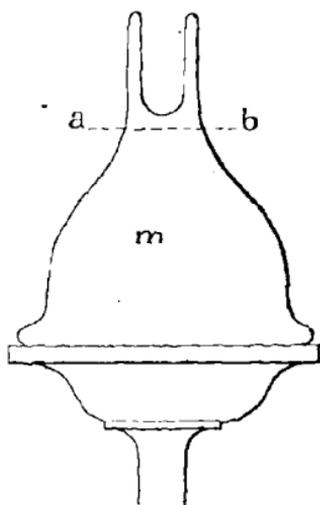


Fig. 43. — Ébauche des housses.

à monter l'ébauche *m* jusqu'à ce qu'elle ait été entièrement transformée en housses.

On peut encore ébaucher en formant un bourrelet que l'on fait monter de façon à produire comme une sorte de pain de sucre creux.

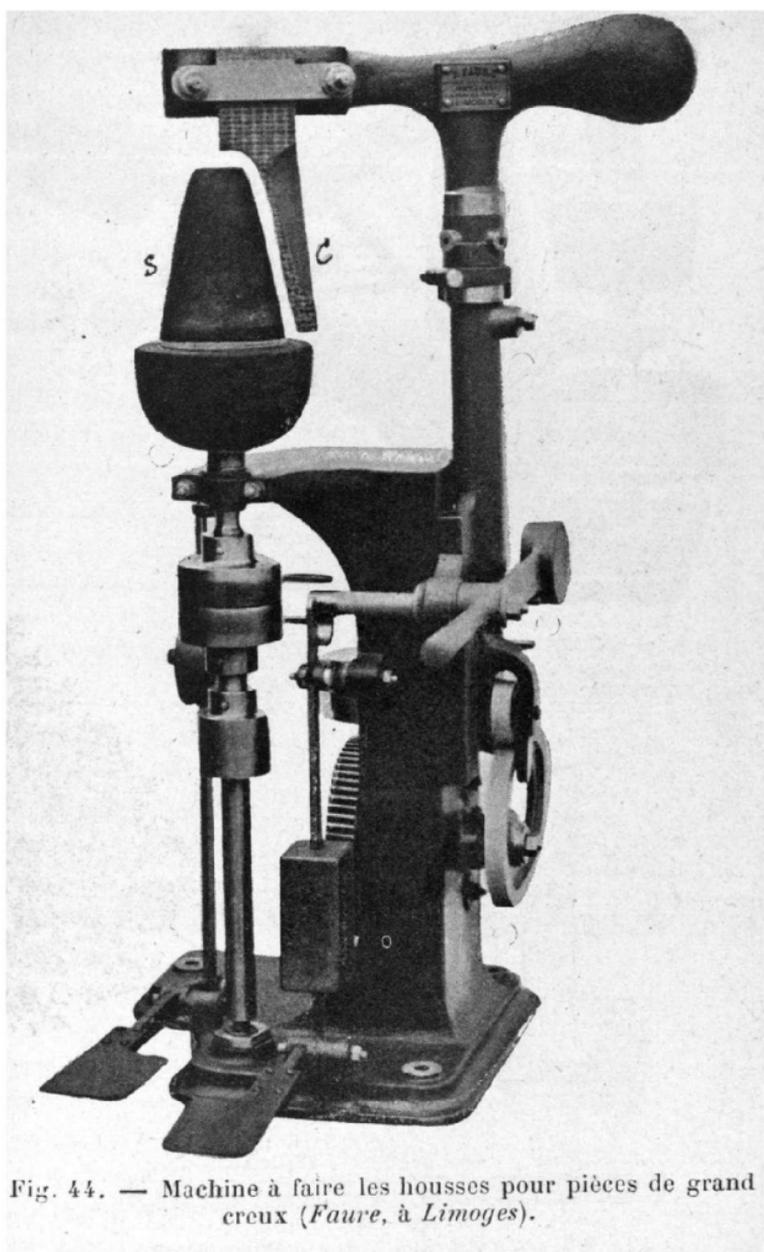
Ce travail se fait aujourd'hui à la machine. Nous donnons (voir fig. 44) le dessin d'une *machine à faire les housses pour pièces de grand creux* construite par M. P. Faure de Limoges.

Sur la tête de tour en S se trouve un moule entouré d'un bonnet en toile qui se détachera de la housse ultérieurement ; la pâte est à la fois ébauchée et calibrée par le calibre C.

Lorsque les housses sont terminées, on les introduit dans les moules disposés sur le tour, en retournant le moule S recouvert du bonnet de toile et de la housse à l'intérieur du moule creux ; on retire d'abord le moule S, ensuite le bonnet de toile, puis on applique la pâte par la pression de l'éponge en allant du centre vers les bords. On enlève ensuite l'excès de pâte qu'il y a toujours forcément.

Ce moulage sur les parois de plâtre du moule peut être fait à la main et à la machine.

Dans ce cas, la machine doit être combinée de façon à exercer une pression allant du centre vers le bord et en procédant par pression successive ; il s'agit d'une sorte de calibrage de pâte molle qu'il ne s'agit ni de froisser ni de déchirer, mais bien de presser et de comprimer. La disposition du moule et du mécanisme de la machine à fabriquer par moulage à la housse les pièces de grand creux de P. Faure, à Limoges (voir fig. 45), montrera un exemple de cette fabrication dans l'industrie de la porcelaine. La porcelaine, par suite de sa plasticité, présente, pour ce genre de fabrication, plus de difficultés que la faïence pour laquelle des appareils similaires sont en usage.



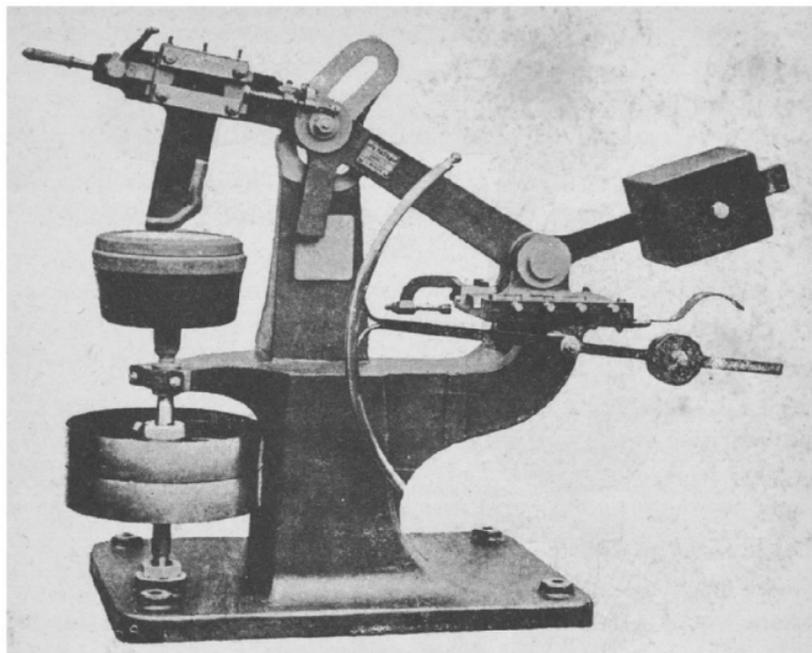


Fig 45. — Machine à mouler les housses (*Faure, à Limoges*).

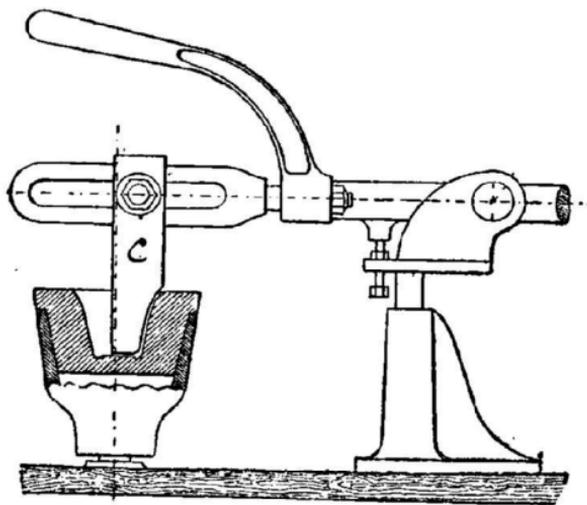


Fig. 46. — Calibrage à axe d'articulation.

**Moulage à la housse et calibrage combinés.** — Il résulte des études faites par M. P. Faure que l'on ne pouvait obtenir jusqu'à ce jour le travail de l'intérieur des pièces par deux procédés :

1° Le calibrage à axe d'articulation (voir fig. 46) ;

2° Le calibrage vertical par axe excentré (voir fig. 47).

Or si nous examinons ces deux systèmes, ils présentent les inconvénients suivants.

Le calibrage à axe d'articulation, qui donne un calibrage d'emblée en donnant la rotation du calibre C autour d'un axe horizontal brutalise la pâte ; les molécules n'ont pas le temps de se classer, les gerçures sont possibles, et en sortant, le

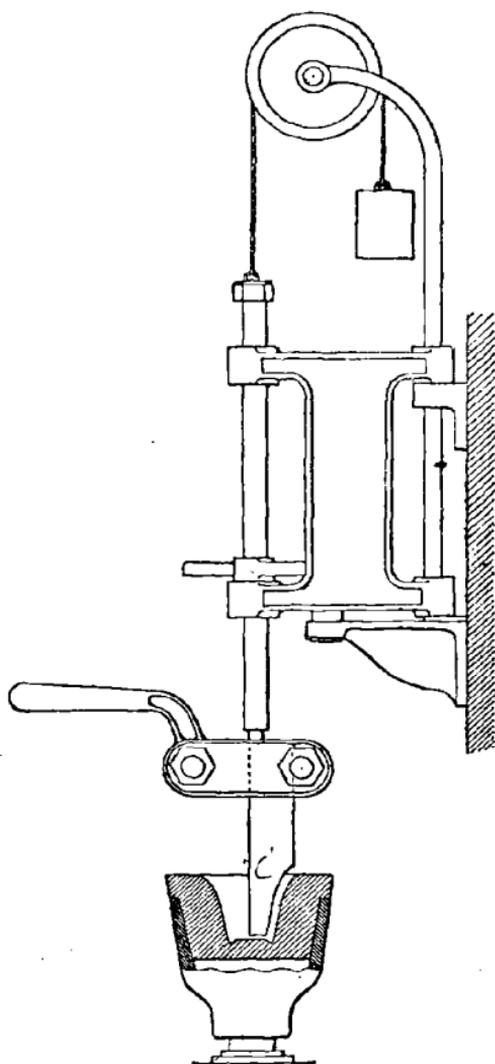


Fig. 47. — Calibrage vertical par axe excentré.

calibre laisse généralement une traînée de pâte à l'intérieur de la pièce calibrée.

Ce procédé sera donc adaptable à la faïence qu'un travail ultérieur glacera ; il est impraticable pour des pâtes délicates comme celle de la porcelaine.

Le calibrage vertical par axe excentré (fig. 47) calibre d'abord le fond de la pièce et ensuite les côtés ; ce procédé est encore défectueux car les côtés sont abandonnés par le calibre C' alors que le fond est toujours en travail jusqu'à la sortie du calibre.

L'idéal pour la fabrication de la faïence comme pour celle de la porcelaine, est de calibrer avec la rapidité du système à axe d'articulation tout en donnant à la pâte le temps de se classer afin d'éviter les refoulements de pâte, l'emprisonnement de l'air et les gerçures.

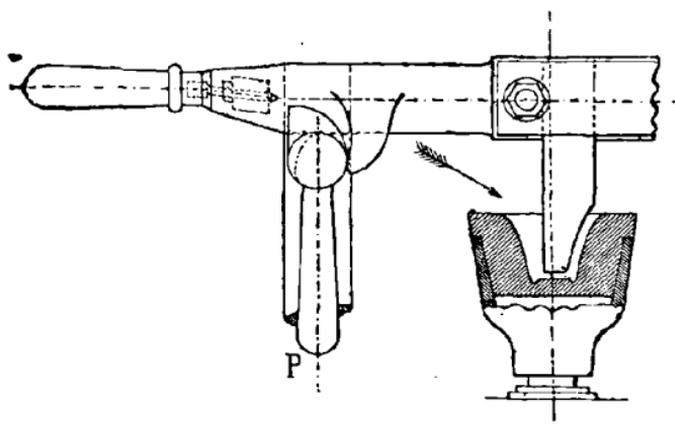


Fig. 48. — Moulage et calibrage combinés.

C'est ce qu'a réalisé M. P. Faure par une nouvelle machine qui donne de très bons résultats. Les fig. 48 et 49 indiquent le fonctionnement de cette machine ; la figure 48 représente la bascule abaissée, la fig. 49 représente le calibre à fond de course à sa position définitive.

Dans la position de la fig. 48, le calibre a encore quelques millimètres à parcourir dans les deux sens vertical et horizontal ; il arrivera à sa position définitive en se mouvant

suivant l'indication de la flèche. Ce double mouvement lui est donné par l'action d'une double came solidaire de la poignée P. Le calibre passe donc de la position de la fig. 48 dans celle de la fig. 49 et la pièce est calibrée. Ce travail opéré, on ramène la poignée P et le calibre se retire en sens inverse de la flèche.

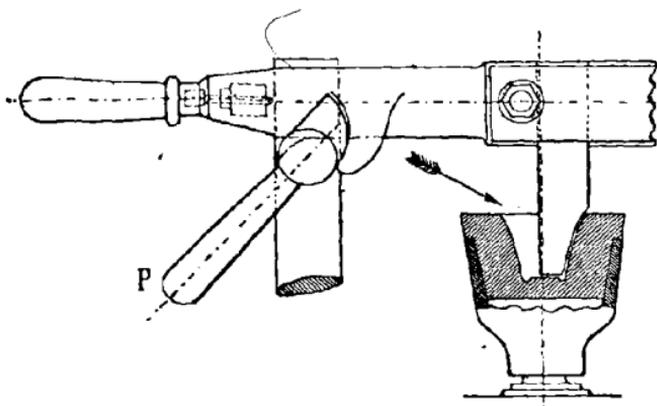


Fig. 49. — Moulage et calibrage combinés.

Voici donc comment le travail se fait : le calibre a d'abord pénétré dans la pâte puis graduellement l'a appliqué sur le moule quelle que soit la rapidité de l'abaissement de la bascule et celle de la manœuvre de la poignée P. Il en résulte que l'ouvrier préposé à la conduite de la machine n'a pas à se préoccuper de la bonne exécution du travail comme cela a lieu dans d'autres systèmes.

Le porte-calibre est absolument rigide et permet un calibrage mathématique même pour des pièces de grande dimension.

Il est bien entendu que pour des pièces de faible dimension et des pâtes peu susceptibles, la préparation d'une housse est inutile ; il suffit de jeter la balle au fond du moule et tout le travail est fait mécaniquement d'un coup.

**Moulage.** — L'étude des procédés de tournage depuis la fabrication du vase à fleurs fait par le potier sur son tour primitif jusqu'à l'établissement d'un plat ovale de porcelaine à la mécanique, nous a conduit déjà à effleurer la question du moulage qui, par moments, se combine au tournage.

Mais si le tournage s'est appliqué aux formes géométriques, rondes ou ovales, nécessitant ou non l'emploi de moules, le moulage nécessitera l'établissement de modèles, ce qui nous conduit à étudier complètement la question des modèles et moules usités en céramique.

Pour les pièces tournées, ainsi que nous l'avons vu, le potier disposera d'un dessin appelé *trait* (voir fig. 33) qui indiquera au tourneur la grandeur de l'ébauche et la grandeur du tournassage, calculées, établies de façon qu'après la cuisson, la pièce ait mathématiquement la grandeur voulue.

Nous avons déjà dit (voir page 54) que les matières céramiques subissent des retraits en passant de l'état cru à l'état définitif; ce retrait s'opère en deux fois, c'est-à-dire qu'il commence et se continue jusqu'à ce que toute l'humidité hygrométrique et l'eau de combinaison soient parties; il se produit un second retrait où les éléments chimiques des pâtes céramiques se combinent pour constituer des verres imparfaits.

Or, les retraits varieront d'une façon considérable suivant le procédé de fabrication qui aura aggloméré plus ou moins les molécules et facilité leur contact. Il ne sera pas le même en hauteur et en largeur, et cela se comprend facilement; en hauteur, les molécules se chargent les unes les autres et exercent une action de compression sur les tranches inférieures d'où il résulte que le retrait, dans le sens vertical, sera plus grand que le retrait dans le sens horizontal, et ce, d'autant plus que la pâte sera plus fusible ou plus cuite; on résoudra la question de savoir quel

est le retrait d'une pâte d'un façonnage donné en procédant à l'établissement d'un objet sur lequel on aura indiqué, au moyen de repères, des dimensions dans le sens vertical et horizontal. On établira le dessin de cet objet en cru et on procédera de même façon après cuisson.

Inversement, lorsque ce résultat sera connu, on établira le trait cru d'après les dimensions cuites.

Le retrait bien établi servira donc à l'établissement du trait géométrique, mais lorsqu'un dessin ne suffit plus on établira un modèle.

DES MODÈLES. — Les modèles sont établis par des artistes sculpteurs qui devront, avant tout, tenir compte des conditions de retrait ci-dessus décrites, et des conditions de fabrication.

Brongniart (1) donne à ce sujet quelques conseils qu'il est bon de rappeler. Il faut éviter les angles à arêtes vives et les angles aigus ; il faut éviter de faire coïncider des amincissements avec des courbures, ce qui occasionne presque toujours des fentes ; il faut éviter les parties par trop massives ou se réserver la ressource de les évider. Les parties saillantes ou très avancées en porte à faux, bras tendus, jambes de chevaux relevées, conservent difficilement leur position pour les pâtes fusibles, malgré les supports qu'on place pour les retenir.

Pour les pâtes ramollissables (porcelaine, grès) on devra éviter les lignes droites, telles que socles rectangulaires, entablements, corniches, pilastres, arêtes qui perdent leur rectitude à la cuisson.

On emploie, pour faire les modèles, diverses matières plastiques, telles que l'argile, la cire, la plastiline.

Les modèles en argile sont difficiles à terminer ; les modèles en cire sont plus faciles à finir, mais ne peuvent servir à faire plusieurs moules ; en effet la matière huileuse

(1) Brongniart, *Traité des arts céramiques*.

ou savonneuse, que l'on met à la surface d'un modèle en cire, attaque la cire de même qu'elle délaye un peu l'argile; on finit par avoir un modèle dégradé. Aussi la plastiline que l'on trouve dans le commerce donne-t-elle de meilleurs résultats.

On préfère, lorsque le modèle en terre est à peu près terminé, le transformer en *modèle en plâtre*; pour cela on coule autour du modèle en matière plastique deux coquilles de plâtre rosé par le moyen d'addition de peroxyde de fer; autour de ce plâtre rosé, du plâtre blanc gâché serré. Lorsque le plâtre est pris on sépare les deux coquilles, grâce aux tenons dont on a entouré leurs surfaces de contact, et on enlève la matière plastique.

L'intérieur du moule, rosé, est alors durci par l'introduction d'une huile siccatrice que l'on barbouille au pinceau, et c'est dans l'intérieur de ce moule de plâtre rosé que l'on coulera du plâtre blanc fin gâché serré qui constituera le modèle définitif. On détruira cette enveloppe rosée ou moule extérieur, et on sera assuré de ne pas dépasser le moule à cause de la différence de couleur du moule (rosé) et du modèle blanc. On pourra durcir ce modèle en lui faisant absorber de l'huile siccatrice.

Dans certains cas, lorsqu'il s'agit de reproduire un nombre considérable de fois les mêmes objets, tels que anses de tasse, garnitures de théières, etc., on ne se contentera pas de modèles de ce genre et on les établira en métal, de façon à pouvoir tirer sur ces modèles un nombre considérable de moules donnant toujours des moulages de même dimension.

DES MOULES. — On se sert quelquefois mais rarement de *moules en terre cuite*; leur fabrication est celle des terres cuites qui sera décrite ultérieurement; pour la *fabrication des moules en plâtre* qui est la plus générale, on se sert de plâtre fin que l'on trouve dans le commerce; il est de bonne qualité aux environs de Paris; pourtant certains fa-

bricants de porcelaine ou de faïence en produisent eux-mêmes pour leur consommation.

Citons d'après M. Larchevêque(1) la fabrication du plâtre pour la céramique, faite par M. Blin, à Mehun-sur-Yèvre (Cher).

Le gypse vient des environs de Paris et est concassé en morceaux de 4 à 5 cm. d'épaisseur à l'aide de marteaux. La calcination s'opère dans de véritables fours de boulanger. On chauffe les fours à une température d'environ 350° en se servant de bois de sapin disposé sur les soles ; quand il ne reste plus que de la braise, on enlève la braise et les cendres, puis à l'aide de grandes pelles on charge sur les soles une couche de gypse de 10 à 12 centimètres. On dispose les portes, et l'on ouvre des registres qui permettent l'enlèvement de la vapeur d'eau ; la température s'abaisse alors vite dans le four par suite de la chaleur employée à dissocier le gypse et à volatiliser l'eau : on ferme alors les registres et après un refroidissement de 15 heures environ on ouvre les portes et l'on défourne le plâtre que l'on broie par un des moyens quelconques décrits plus haut (voir p. 82) ; on tamise aux tamis n° 15 (plâtre ordinaire) ou n° 18 (plâtre fin) ; (le numéro indiquant le nombre des fils au centimètre linéaire).

La qualité dépend du degré régulier de la cuisson ; les incuits et les trop cuits n'ayant aucunes qualités de prise et de durcissement.

La cuisson au four de boulanger donne généralement de bons produits mais chers ; on a économie à utiliser le four Mabile constitué par une double enveloppe cylindrique surmontée de calottes hémisphériques dont les grilles sont disposées au bas du cylindre intérieur ; la pierre à plâtre est entassée par une ouverture ménagée à la partie supérieure de la calotte hémisphérique extérieure, dans l'es-

(1) Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*.  
AUSCHER. Technologie de la Céramique.

pace annulaire compris entre les deux murs cylindriques, et les gaz du foyer sont répartis dans toute la masse par des tubes métalliques fermés par des tampons de ramonage et percés d'ouvertures pour le passage des gaz.

C'est entre les points de 130° et de 160° centigrades qu'il faut cuire le plâtre, et le produit obtenu devra être utilisé assez rapidement, car le plâtre s'évente vite à l'air, devenant impropre à un bon travail.

Le *gâchage* du plâtre a pour but de transformer la poudre plâtreuse en une pâte, en y ajoutant de l'eau. Dans cette opération le sulfate de chaux anhydre qui constitue le plâtre reprend en s'hydratant les deux équivalents d'eau que la cristallisation lui a fait perdre et fait *prise*. Il y a dégagement de chaleur pendant cette réaction, accompagnée d'évaporation d'eau et de durcissement.

Le gâchage se fait dans une auge en bois dont la forme est la plus convenable pour ce genre de travail ; on verse d'abord l'eau dans l'auge, puis on y met le plâtre en ayant soin de le répandre uniformément sur toute la surface de l'eau, et on gâche avec la truelle en cuivre ; il faut du reste éviter tout contact du plâtre avec des outils en fer, sur lesquels le plâtre adhère et qu'il oxyde rapidement. — Le degré de gâchage n'est pas sans importance pour obtenir des produits plus ou moins absorbants ; suivant les fabrications céramiques, moulage, coulage, etc., il sera nécessaire d'avoir du plâtre dur ou absorbant.

NATURE DU PRODUIT	USAGE DU PRODUIT	TENEUR en plâtre 0/0	TENEUR en eau 0/0
Plâtre dur.	Moules de cetterie.	63	37
Plâtre ordinaire.	Moulage, coulage.	58	42
Plâtre tendre.	} Calibrage mécanique } moulage à la hausse.	50	50
Plâtre noyé.		Coulage.	46

Nous avons réuni dans le tableau de la page 138 quelques chiffres donnés par M. Larchevêque pour obtenir diverses qualités de plâtre (1).

*Détails de la fabrication des moules en plâtre.* — L'art de produire des moules pour les poteries est susceptible d'un si grand nombre de modifications en raison des formes plus ou moins grandes et compliquées des pièces, qu'il est impossible d'entrer ici dans tous les détails de cet art.

Nous nous contenterons de donner les règles les plus généralement adoptées pour reproduire les modèles, les couper, placer les coutures qui seront les lignes de réunion des pièces du moule, diviser les coquilles.

Le modèle étant obtenu et définitivement réparé et mis au point, on établira généralement un moule qui s'appellera *moule pour le plâtre*. Ce moule permettra ultérieurement de tirer autant d'épreuves que l'on voudra qui, séparées ou non suivant les cas, permettront l'établissement d'autres séries de moules.

Ceci posé et l'avenir réservé en conservant ces moules pour le plâtre en un lieu bien sec, on s'occupe des moules pour les pâtes.

Comme les pâtes céramiques subissent toutes un retrait en séchant au contact du plâtre, il ne faudra jamais laisser dans une coquille du moule des parties saillantes qui gênant ce retrait occasionneraient une fente ou une déchirure; donc toutes les fois qu'il y aura une saillie pouvant entraîner un accident de ce genre, on sera obligé de faire une *coupe* et par suite de découper le modèle en autant de morceaux qu'il y aura de coupes.

Il faudra dans chaque cavité laisser un peu de *dépouille* permettant le démoulage. Cette dépouille sera de très minime importance à cause du retrait des pâtes céramiques.

(1) Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine*.

Comme à chaque coupe correspondra pour la pièce fabriquée un remontage qu'il sera quelquefois difficile de masquer, surtout lorsqu'il s'agit de céramiques qui se déforment au feu comme les biscuits de porcelaine et certains grès, on aura intérêt à faire le moins de coupes possible et surtout à les disposer de façon qu'elles se confondent avec des lignes ou des saillies naturelles. Ces *coutures*, comme les appellent les ouvriers, sont d'autant plus visibles que la pression exercée sur les joints est plus grande.

Il faut aussi éviter de faire pénétrer des pâtes dans des cavités trop profondes; dans des moules irrégulièrement séchés, ou dans des moules dont les diverses parties sont gâchées avec des plâtres de duretés différentes.

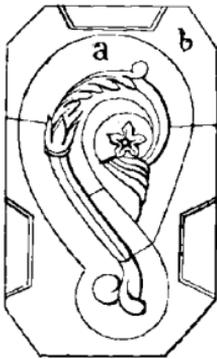


Fig. 50. — Moules d'une anse.

Comme exemple de disposition d'un moule en plâtre nous donnons le moulage d'une anse. Comme il est impossible de faire ce moule d'une seule pièce, on a, pour permettre la dépouille, disposé les parties de moule *a* dans une *chappe b*; cette *chappe* s'ouvre en deux parties ou *coquilles b b* qui partagent à peu près la pièce à mouler en deux parties.

Les moules ne peuvent pas durer indéfiniment, ils s'usent très vite; avec le soin des ouvriers et du plâtre de bonne qualité, on arrive à en tirer un assez bon usage, mais on peut dire qu'après 60 ou 80 moulages un moule d'anse, par exemple, ne donne plus qu'un objet défectueux; aussi faut-il toujours être à même de donner à l'ouvrier des moules secs et neufs, pour remplacer ceux qui sont piqués. Lorsque l'on ajoute des ingrédients

dans les pâtes tels que sels de soude ou de potasse, l'usage des moules est de beaucoup plus rapide.

Lorsque les moules sont obtenus, on procède au moulage proprement dit. Ce moulage peut se faire de diverses manières.

**Moulage à la balle.** — Ce procédé très simple consiste à comprimer dans le moule une balle de pâte préalablement battue. Dans le moulage avec moule à une coquille on imprime simplement la pâte puis on enlève l'excédent soit avec des lames, soit avec des fils de laiton.

C'est ce procédé si simple qui a servi de tout temps à la fabrication des briques, en comprimant dans des moules en bois la terre qui sort de la carrière. Nous donnons, vu l'importance du procédé et son application fréquente dans les colonies et dans de nouveaux centres de production, tous les détails de la fabrication des briques à la main comme type du moulage à la balle.

L'outillage se compose : 1° d'une *table de moulage*, table carrée d'une hauteur de un mètre environ ; à un coin de cette table se trouve disposée une planchette recouverte d'une plaque de fer mince, de tôle ou de zinc ; cette planchette est plus grande que le moule ; elle peut basculer sur le montant de la table par le moyen d'une double charnière ; on la ramène en place par le moyen d'une chaîne et d'un contre-poids ;

2° D'une table à poudrer ou *poudrière*, bac carré en bois et ayant un rebord de 0,20 à 0,25 de haut, servant à contenir du sable ou du ciment (terre cuite écrasée finement) ;

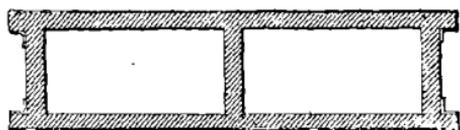


Fig. 51. — Moule double en bois.

3° Des *moules doubles* en hêtre garnis sur les bords de plaquettes de tôle pour en rendre la durée plus longue

(voir fig. 51). Rarement ce moule est muni d'un fond, la planchette de la table devant en tenir lieu ; lorsqu'il y a un fond il est destiné à permettre la fabrication de pièces pour parement.

4<sup>o</sup> De divers accessoires, tels que râcloirs, plane, seaux, brouettes, etc.

Le mouleur prend dans le tas d'argile une partie qu'il roule en boule et qu'il soulève au-dessus de sa tête avant de la jeter avec force dans le moule, puis il pétrit vigoureusement dans le moule disposé sur la planchette de la table de moulage. Avec la plaque, disposée en attendant dans un seau d'eau, il enlève, en passant sur les rebords du moule, l'excès de terre qu'il remet sur le tas. La brique est alors moulée. Pour la démouler on fait basculer la planchette sur laquelle le moulage s'est fait de façon à mettre les deux briques de champ et à pouvoir les déposer sur l'endroit où elles devront sécher. Ceci se fait en posant le moule à terre de champ et en le retournant vite à plat en inclinant et en imprimant une secousse.

On garnit alors le moule de sable ou de ciment sur la poudrière et on le dispose à nouveau pour recommencer l'opération sur la table de moulage.

**Moulage à la balle fait mécaniquement.** — Depuis le commencement du xix<sup>e</sup> siècle on a cherché à rendre ce travail mécanique tant pour obtenir des produits moins chers que plus réguliers.

On peut comprimer la terre dans un moule au moyen de *presses à levier*. Le système le plus anciennement employé consiste en une table en bois très solide où se dispose un double moule en cuivre fixé à la table par des boulons. Au fond de chaque moule on rencontre une chandelle en bois en forme de T recouverte d'une plaque de cuivre ou démouloir ; cette pièce va et vient à frottement doux à l'intérieur du moule, grâce à une crémaillère qui

engrène avec deux pignons mus par une manivelle. Ce mouvement est rendu possible par une tige de fer qui pénètre à l'intérieur des chandelles et est supportée par la traverse qui unit les deux pieds de la table. Cette machine est complétée par deux leviers, reliés l'un à l'autre par une chaîne et dont le point d'attache est au pied de la machine. Cette chaîne embrasse le levier avec un collier qui glisse sur une glissière en fer fixée sur le levier. Un contre-poids en bois dit *mouton*, pivotant autour d'un axe et reposant sur le levier horizontal, maintient les deux leviers relevés (1).

Le mouleur jette une pelletée de terre dans les moules de façon que la terre déborde ; puis il comprime d'abord la terre, en tapant dessus avec sa main et il enlève l'excédent ; on dispose alors le *chapeau* sorte de couvercle qui couvrira le double moule et recevra la pression. Cette pression se transmet par le levier appelé *brebis*. Après avoir pressé plusieurs fois, le mouleur lâche ce levier qui est ramené en arrière par le contre-poids appelé *mouton*. On enlève le chapeau et on tourne la manivelle qui agissant force les briques à sortir du moule ; ces briques enlevées et le moule saupoudré, on peut recommencer une nouvelle opération.

L'inconvénient de ces machines réside en ce que le chapeau est difficile à disposer mathématiquement. Aussi a-t-on recours aujourd'hui à des presses à bâtis en fonte avec chapeau à charnière maintenu par un étrier. La machine Boulet (fig. 52) est disposée pour le travail au moyen d'un seul homme, on voit que la pression s'exerce par en dessous. Ces machines ne peuvent pas servir à la fabrication de toutes les sortes de briques, et pour une même terre, il faut avoir un degré d'humidité déterminé pour réussir les produits.

(1) L. Lefebvre, *la Céramique du bâtiment*.

Moulage à la *croûte*. — Ce travail consiste à faire su

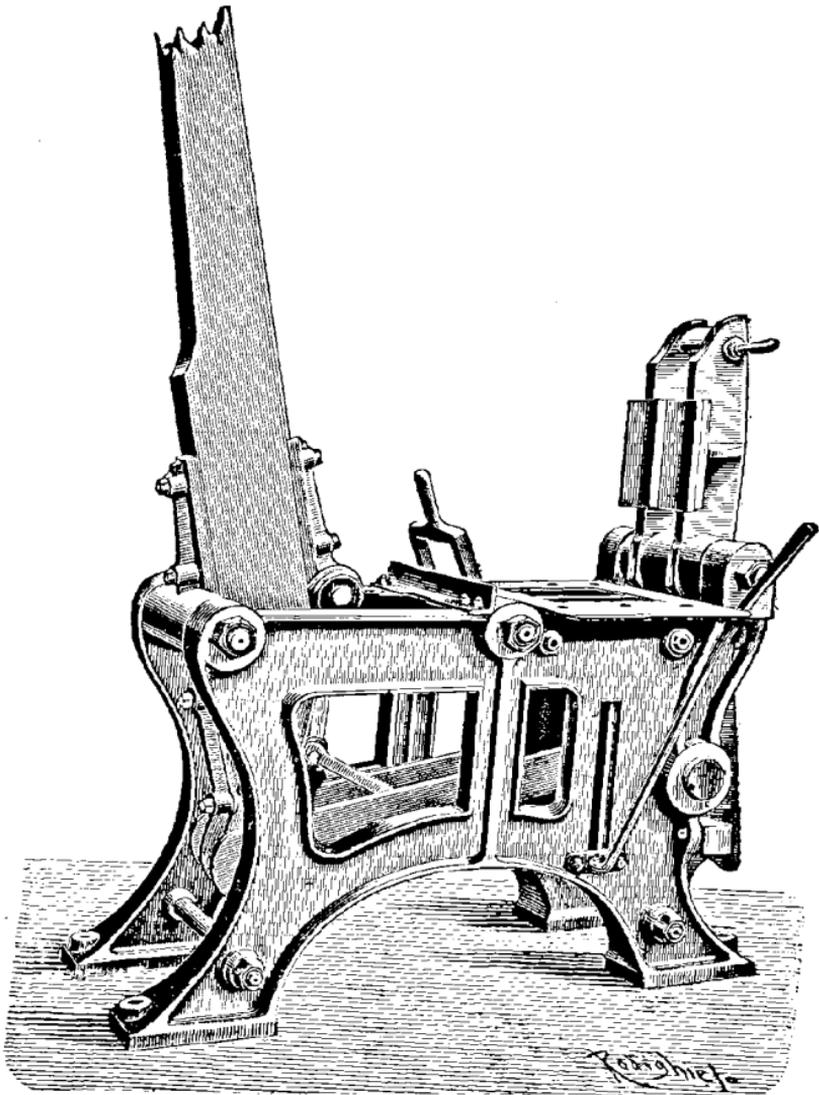


Fig 52. — Presse à levier (*Boutet, à Paris*).

me table de marbre ou de pierre une *croûte* ou lame de gâte bien uniforme qui sera moulée à l'intérieur du moule.

Pour permettre l'enlèvement facile de cette croûte on la fabrique sur une peau chamoisée.

On dispose des deux côtés de la peau, sur la table de marbre, des règles de bois mince superposées de l'épaisseur jugée convenable pour le travail. On prend une masse de pâte soigneusement battue, et au moyen d'un rouleau de bois bien lisse on étend progressivement la masse de façon à diminuer l'épaisseur de la croûte de pâte en enlevant successivement des règles en bois mince ; on diminue ainsi progressivement l'épaisseur de la croûte en la laminant entre la table et le rouleau jusqu'à ce que l'on ait l'épaisseur voulue. On soulève alors la croûte en même temps que la peau et on l'applique sur le noyau convexe en plâtre (qui donne l'intérieur de la pièce) préalablement humecté pour éviter que la croûte ne soit saisie, puis on applique avec l'éponge ; on retourne ce noyau recouvert de pâte sur le moule creux qui donne l'extérieur de la pièce, et on continue d'appliquer avec une éponge sèche d'abord, puis avec des tampons remplis de pâte en poussière pour raffermir insensiblement la pâte qui finira, si le travail est bien fait, par se sécher régulièrement et se démouler d'elle-même par le fait même du retrait (moulage de plats ovales à la main, de saucières, de jardinières, etc.)

Qu'il s'agisse du moulage à la croûte ou de tout autre genre de moulage, la pression exercée à l'éponge, au pouce, ou à la presse sur toute la surface de la pâte doit être la même. Si l'on n'a pas une compression régulière il faut s'attendre aux accidents les plus graves dans la fabrication, tels que fentes, bosselages, déformations, ondulations ; généralement ces accidents n'apparaissent qu'après le passage au feu.

*Fabrication mécanique des grandes croûtes.* — Il y a quelques années que l'on a résolu le problème de faire mécaniquement les grandes croûtes.

AUSCHER, Technologie de la Céramique.

La machine P. Faure qui sert à cet usage permet ce tra-

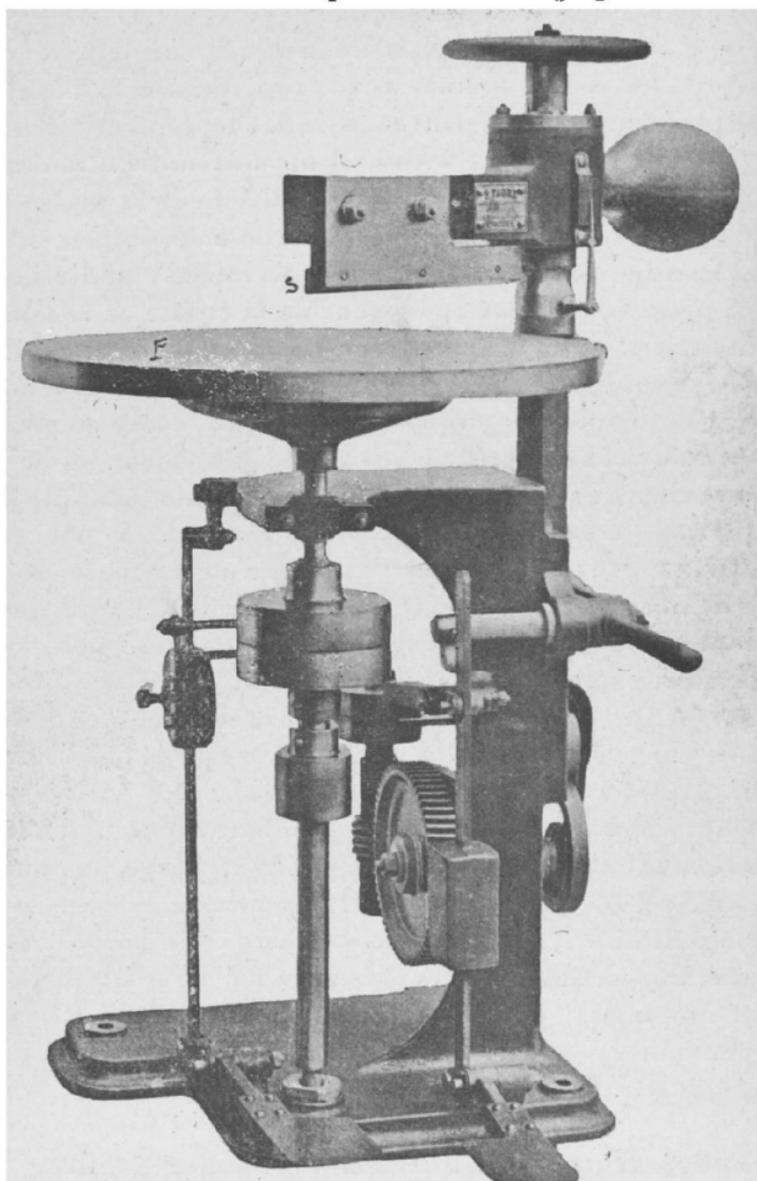


Fig. 53. — Machine à faire les croûtes (*Faure, à Limoges*).

vail sur le plateau P où le laminage est produit par l'ou-

til S dont on règle progressivement le mouvement de descente.

**Moulage par filières.** — On a vu jusqu'ici la pâte moulée ou tournée sur des moules ou autres appareils du même genre sans cesse renouvelés. On a cherché, depuis longtemps, à établir, par laminage au travers de filières fixes, des pièces céramiques qui acquièrent ainsi deux ou même trois de leurs dimensions et dont la production est continue.

Ces machines sont de trois sortes, opérant par propulsion par cylindres, par propulsion par hélices, par propulsion par pistons ; mais dans ces trois systèmes l'organe à étudier tout d'abord est la filière.

*Filières.* — Ce sont des orifices par où s'écoulera la pâte céramique propulsée par un moyen quelconque. Ces filières sont généralement mobiles et s'adaptent aux machines par le moyen de boulons à écrous.

Schlickeysen en 1856 fit une série d'expériences sur les filières d'où il résulte que : 1° la terre bien préparée et ductile, refoulée verticalement à travers un orifice en tôle rectangulaire et à minces parois sort sans liaison ; le prisme s'ouvre sur les quatre angles jusqu'au milieu ; 2° si on augmente l'épaisseur des parois de manière à en faire un ajutage cylindrique, le prisme acquiert de la liaison mais il se rompt en anneaux à des intervalles assez rapprochés ; 3° si on augmente de plus en plus l'épaisseur des parois ou la largeur de l'ajutage, le prisme de terre se sépare en deux suivant un plan passant par l'angle de pression. Cette séparation est due à un ralentissement de la vitesse des molécules extérieures par suite de leur frottement contre les parois de l'ajutage. Les deux morceaux se recourbent vers l'extérieur. Si, par suite de l'épaisseur nécessaire à donner à la plaque de la filière, cet effet se produit, on peut donc diminuer l'influence du frottement,

en perçant les ouvertures coniques de dehors en dedans, ce qui diminue la surface frottante. 4° Si l'ajutage est conique de dedans en dehors, de telle sorte que la plus grande base soit du côté de la machine, la cohésion du prisme augmente, mais la surface est couverte de stries et les arêtes sont dentelées.

Ces études donnent des indications générales ; mais pour chaque nature de pâte, pour chaque production d'objet à la filière, celle-ci devra être l'objet d'une étude spéciale pour éviter qu'aucun des accidents signalés par Schlickeysen puisse se produire.

M. Lefèvre (1) a dit très justement que ce que l'on doit éviter dans une filière, c'est que le frottement éprouvé par l'argile sur les parois de l'ajutage, et particulièrement aux angles, n'amène un ralentissement de vitesse des molécules extérieures, comparée à celle dont sont animées les molécules du centre. Si ce ralentissement a lieu, le prisme de terre se déformera.

Lorsque l'on a à faire à des terres maigres qui sont sujettes à s'arracher à la filière, on se servira de *filières hydrauliques*. Ces filières sont disposées comme les autres mais portent à leurs quatre surfaces intérieures une peau qui permet le passage de l'eau située entre les filières métalliques et la peau. L'eau suintant à travers la peau permet de lubrifier la pâte.

**Propulsion par cylindre.** — Pour arriver à alimenter une filière d'une façon continue de pâte on peut se servir d'une machine à cylindres propulseurs. Voici en quoi consistent ces machines.

- Un bâtis en fonte porte deux cylindres de fonte A et B d'inégale grandeur, mis en mouvement par des engrenages.
- Le cylindre supérieur tourne entre des coussinets mobi-

(1) Lefèvre, *Céramique du bâtiment*.

les dans des glissières réglées au moyen des vis. Au-dessus des cylindres se trouve la trémie C de chargement de la terre.

En avant des cylindres (voir fig. 54) se trouve une boîte en fonte D dont l'un des orifices est ajusté vers les cylindres et dont l'autre comprend la filière E. Au fond de cette boîte

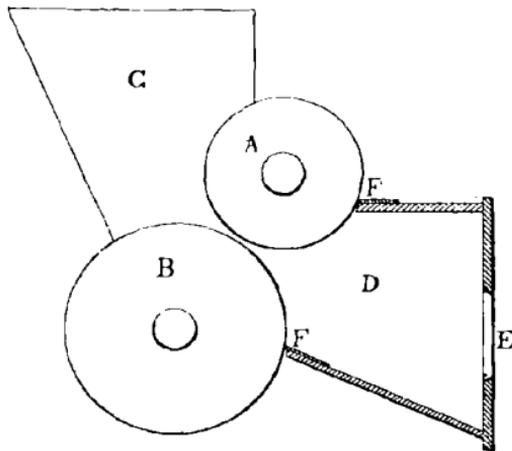


Fig. 54. — Principe de la propulsion par cylindres.

deux lames ou racloirs F permettent de nettoyer les rouleaux et forcent la terre à ne pas sortir de la boîte ; ces racloirs peuvent se rapprocher ou s'éloigner à volonté des rouleaux.

Lorsque la trémie sera remplie de pâte, cette pâte sera attirée, broyée et malaxée dans les cylindres qui la feront passer dans la boîte où la compression se fera progressivement. Lorsque cette compression sera suffisante, il s'écoulera par la filière un colombin régulier de pâte que l'on recevra sur une toile sans fin ou sur tout autre support fixe ou mobile.

Ce système, comme nous le verrons, est employé pour la fabrication des briques pleines, creuses, des boisseaux, etc.

*Propulsion par hélices.* — Très souvent, l'alimentation de la filière est obtenue par un malaxeur horizontal où se meurent des hélices de formes variables.

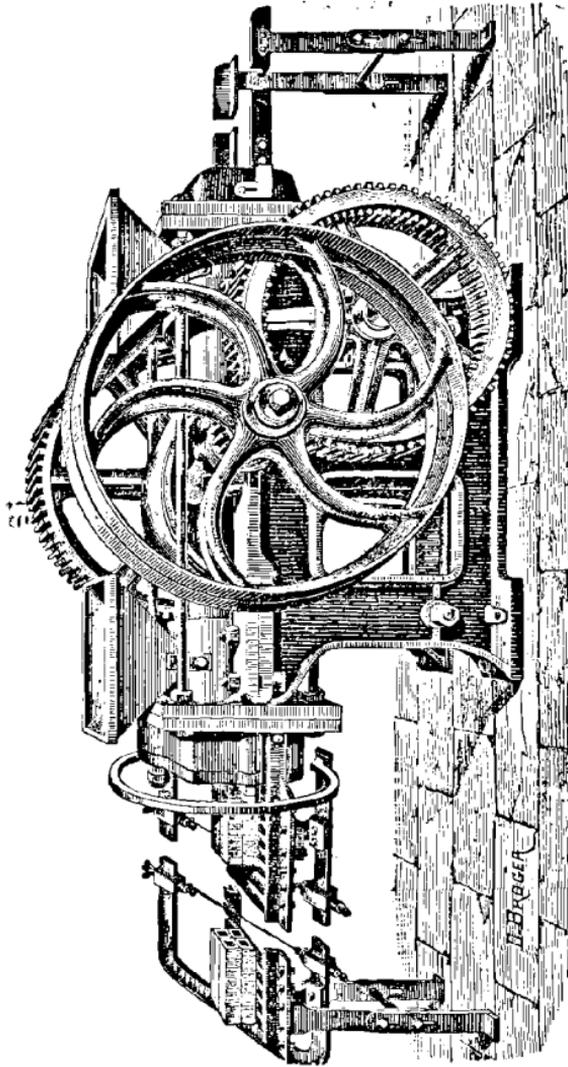


Fig. 55. — Propulsion par pistons (fabrication de briques creuses) (Boulet, à Paris).

De même que pour la propulsion par cylindres, la pâte est quelquefois broyée et remaniée par d'autres outils déjà

décrits, tels que cylindres broyeur, avant de pénétrer dans le malaxeur.

On fera arriver la terre régulièrement dans le malaxeur où elle sera mêlée, déchirée, divisée par les bras des hélices et finira par sortir refoulée par la filière. On peut se servir d'une seule hélice ou mieux de deux hélices parallèles tournant en sens contraire. Ces machines sont très employées dans la fabrication des briques.

*Propulsion par pistons.* — On emploie pour charger ces machines des pâtes plutôt fermes et toujours bien malaxées. On comprend que dans ce cas, le passage à travers la filière est plus difficile et l'on cherchera à diminuer la résistance en employant des pâtes convenablement préparées.

Ces machines sont formées, en principe, d'une caisse quadrangulaire dont une des parois forme filière; le piston a un mouvement alternatif; pour utiliser le mouvement de retour on double généralement la machine.

Comme type de ces machines à piston refoulant horizontalement, nous donnons la machine Boulet qui se compose de deux pistons comprimant alternativement la terre dans deux boîtes dont une des faces est formée par la filière. Tournant à une vitesse de 80 à 100 tours par minute ces machines donnent une grande production pour briques creuses ou tuiles.

Mais très souvent, la propulsion est faite verticalement surtout pour la fabrication des tuyaux de grès et des tuyaux de canalisation, comme nous le verrons à propos de cette fabrication spéciale.

### C. — FAÇONNAGE DES BARBOTINES

L'on est conduit, tant pour de très grandes pièces que pour des pièces fines de petite dimension, et surtout pour

obtenir des garnitures légères, à recourir à l'emploi de barbotines plus ou moins claires que l'on fait ressuyer à l'intérieur de moules en terre ou en plâtre.

Ce procédé a pris le nom de *coulage* et est très appliqué dans l'industrie de la porcelaine ; lorsque la pièce à fabriquer par coulage est un peu grande et risquerait de se détacher du moule pendant la première période de dessiccation on est obligé de la supporter soit par absorption soit par compression d'air ; ce qui constitue le *coulage par le vide* ou *par l'air comprimé* qui sont usités à Sèvres pour la fabrication de pièces grandes et épaisses.

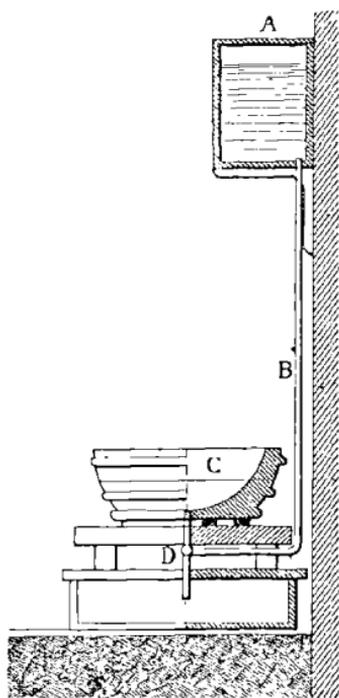


Fig. 56. — Appareil de coulage.

des pièces tournées ; M. Larchevêque (1) indique que dans le Berry, pour la porcelaine, on additionne 1000 kg. de

**Coulage.** — On utilise donc la propriété absorbante du plâtre gâché clair, de façon à être très poreux ; on le met en contact avec des *barbotines*, c'est-à-dire des pâtes liquides contenant environ de 50 % à 70 % de pâte solide pour 100 de mélange.

Le mélange doit être composé d'éléments bien liés et travaillés, et on y introduit d'habitude des *tournassures*, c'est-à-dire des débris provenant du tournassage

(1) Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*.

barbotine, pour la fluidifier, de 3 k. 500 de carbonate de soude à 10 %, dissous à concentration, et de 1 k. 800 de silicate de soude.

Dans les pâtes à porcelaine tendre (Saint-Amand) on employait jadis du carbonate de potasse pour le même usage.

Généralement, on délaye la pâte sèche pour la transformer en barbotine dans une cuve où se meut un arbre à axe vertical muni de palettes (délayeur); on a soin de tamiser puis de laisser reposer la barbotine, de façon à dégager les bulles d'air qu'elle peut contenir et qui provoqueraient des défauts.

Les moules doivent être disposés de manière à pouvoir être remplis et vidés facilement. En général, on conserve la barbotine dans un réservoir supérieur A qui, par le moyen d'une canalisation B, amène la barbotine à la base du moule en plâtre C où, grâce à un robinet à trois voies D on fait monter la barbotine à l'intérieur du moule de façon à ce qu'elle déborde; au fur et à mesure de l'absorption du liquide le niveau baisse à l'intérieur du moule; alors on rouvre le robinet de façon à maintenir le niveau au point de déborder légèrement, et on agit ainsi jusqu'à ce que l'on ait obtenu l'épaisseur voulue. On se rendra compte de cette épaisseur et du temps nécessaire pour l'obtenir soit par l'observation directe, soit mieux par une série d'expériences qui détermineront pour une fabrication déterminée, quel est le temps nécessaire pour obtenir une épaisseur voulue. M. Larchevêque a inventé un ingénieux avertisseur électrique qui permet de parer aux inattentions des ouvriers et leur indique le moment précis où il faut vider ou remplir le moule.

La troisième voie du robinet D permettra de vider le moule lorsque l'épaisseur de pâte aura été obtenue; on coupera alors la partie qui déborde sur le bord supérieur du moule de façon à permettre au retrait de se produire

normalement. Le retrait des pâtes coulées se fait plus vite dans les moules que celui des pâtes moulées, aussi faut-il avoir des profils qui permettront la dépouille de la pièce pendant le séchage.

C'est ainsi que se coulera un objet creux, une jatte par exemple, qui devra être ensuite tournassé pour enlever les traces des coutures des moules et les défauts de la surface tout en donnant le profil définitif.

*Le coulage des plaques* de grande dimension comme celles qui servent à la peinture céramique et qui ont souvent plus de 1 m. 50 de dimensions se fait par ce moyen. Le procédé est dû à Regnier et décrit par Brongniart (1).

Le moule est constitué par une plaque de 6 centimètres d'épaisseur, 2,08 de longueur et 1 m. de largeur, bordée d'une feuillure destinée à recevoir des tringles de bois qui s'y ajustent très exactement. Ces plaques de plâtre doivent être faites de plâtre fin coulé d'une seule gâchée sur une dalle bien dressée; il faut avoir soin de faire dégager toutes les bulles d'air qui peuvent être dans le plâtre en promenant dans cette coulée dans tous les sens, jusque sur la plaque de pierre et comme en sautillant, une règle de champ, de manière à rendre très homogène cette partie qui porte sur la pierre et qui doit être celle sur laquelle on coulera la plaque de porcelaine; car les moindres inégalités de densité dans cette plaque de plâtre reparaitraient sur la plaque de porcelaine. Lorsque la table de plâtre est sèche, il faut la retourner et la gratter à vif sur la surface qui, appliquée sur la dalle de pierre, était l'inférieure et qui est devenue la supérieure. Ce grattage ouvre un assez grand nombre de petites cavités bulleuses qu'il faut boucher avant d'employer cette table en plâtre au coulage de la porcelaine.

On passe sur la plaque qui vient d'être grattée une

(1) Brongniart, *Traité des arts céramiques*.

éponge imbibée de barbotine de porcelaine très claire, en y revenant à plusieurs reprises ; il se forme une petite croûte de pâte très mince que l'on enlève avec le racloir en bois et tous les pores sont bouchés par ce qui reste de cet enduit. Ensuite, pour sécher cette surface et l'unir parfaitement on la saupoudre de poussière très fine de dé-gourdi de porcelaine qu'on enlève en la frottant et en la balayant avec une brosse de soies de porc. Il faut avoir soin que cette table de plâtre humectée par la première opération de lavage reste plus humide dans son milieu que sur ses bords ; sans cette précaution, on risquerait de voir la plaque de porcelaine se fendre sur les bords en prenant sa retraite de toutes parts. La table de plâtre placée et fixée sur le châssis par les tringles est prête à recevoir la pâte qui doit être parfaitement homogène, exempte de grumeaux et de bulles d'air. On pose à un des coins de la table de plâtre, dans une place réservée sur le châssis, une auge garnie en zinc sur toutes ses faces et dont le fond est de niveau avec la surface de la table de plâtre ; on ferme cette auge avec une planchette de bois, et on bouche l'intervalle entre la planchette et la tringle avec des colom-bins de cire jaune très maniable pour que la pâte ne puisse pas s'échapper entre la planchette et la tringle. La table de plâtre est donc entourée de toutes parts d'une bordure de planches élevée d'environ 12 centimètres sur les côtés et 18 centimètres aux extrémités. Tout étant ainsi préparé, on incline le châssis en le faisant rouler autour de son axe, et on remplit l'auge en zinc de barbotine que l'on agite lentement mais constamment. On a placé la planche qui ferme l'auge en avant dans des rainures et en arrière d'un rebord particulier en zinc. On relève la bascule et on met le châssis horizontalement. On enlève la planche qui ferme l'auge et retient la barbotine et celle-ci s'écoule par un flot dont le bord antérieur doit être à peu près droit et avancer le plus parallèlement possible

au bord de l'extrémité de la table de plâtre. On incline lentement et sans interruption le châssis dans le sens opposé à sa première inclinaison jusqu'à ce que le flot soit arrivé à l'extrémité de la table de plâtre. Alors on replace cette table horizontalement et on lui donne d'abord à plusieurs reprises des secousses en la relevant et la baissant sur des supports en fer destinés à la maintenir horizontale.

Le rebord en forme d'arc très surhaussé est élevé transversalement dans son milieu pour que le flot qui avance plus vite au milieu que sur les bords soit ralenti par la partie élevée du rebord et coule en conservant le parallélisme nécessaire à l'égalité du flot et par conséquent à l'égalité d'épaisseur ; si l'on ne réussit pas, la plaque sera ondulée. On laisse la barbotine ainsi en charge sous épaisseur de 25 mm. environ.

Au bout de 45 à 50 minutes, suivant les conditions de la barbotine et du plâtre, la coulée qui était brillante à sa surface devient terne ; on enlève alors les planches de bordure, puis avec une lame on coupe tout autour sur les bords une bande de pâte d'environ 5 centimètres, tant pour permettre un retrait plus normal que pour éviter que ces bords ne se relèvent à la cuisson. La pâte continue à se ressuyer et finit par n'avoir plus que 12 à 15 mm. d'épaisseur, alors que dans ses dimensions latérales elle s'est à peine retraitée.

Il ne faut pas laisser sécher cette plaque sur la table de plâtre dans la position où elle a été coulée ; il faudra que la face qui a été en contact avec le plâtre devienne la supérieure. Cette opération est très délicate car elle peut provoquer des accidents (fêlures ou gauchissage) qui ne seront visibles qu'après cuisson. On commence par rogner encore un peu la plaque de porcelaine et on la transporte avec sa table de plâtre sur un châssis en bois ; on descend sur la plaque une autre plaque de plâtre parfaitement

dressée posée parallèlement et très doucement; on relie l'ensemble que l'on serre au moyen d'érous à oreille, puis on procède au retournement.

Comme la plaque de plâtre nouvellement mise est sèche elle absorbe l'humidité de la plaque de porcelaine et permet au retrait et à la dessiccation de se produire rapidement et régulièrement. Cette plaque une fois bien sèche est prête à aller au feu.

**Coulage par l'air comprimé.** — On comprend qu'avec le procédé du coulage simple on puisse faire de grandes pièces, mais lorsque l'on fait un vase à col rétréci et que l'épaisseur est acquise dans le moule, si l'on écoule l'excédent de barbotine la pâte mal raffermie tombe et est cause de la déformation de la pièce.

Tel est le cas d'une potiche comme celle dont on voit le dessin figure 57, et qui tomberait évidemment en B si l'on n'empêchait pas cet affaissement de se produire.

Ebelmen a eu l'idée d'injecter à l'intérieur du moule C de l'air comprimé pour empêcher le col de la potiche de se déformer. La figure 57 indique intention-

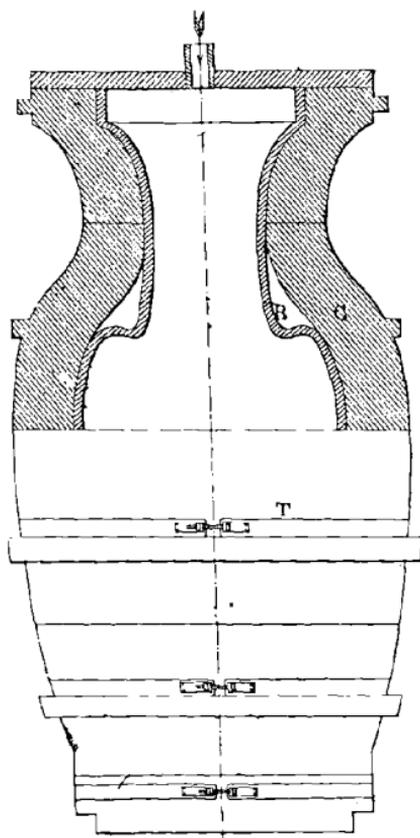


Fig. 57. — Coulage par l'air comprimé.

nellement la forme que prendrait la pâte sans cette précaution et montre la disposition des moules en plâtre C, serrés au moyen de bandelettes de tôle T.

Au moment où l'on écoule l'excédent de barbotine et où l'épaisseur est jugée suffisante, l'air comprimé injecté par le haut soutient la pâte encore molle sur les parois jusqu'à ce que la consistance soit suffisante; l'inconvénient de ce système est que le moule est fermé du haut et que l'on ne peut suivre la dessiccation et l'action de la pression de l'air.

**Coulage par le vide.** — C'est pour remédier à cet inconvénient que Regnault a fait adopter à Sèvres le coulage par le vide. Dans ce cas, le moule est disposé sur une plate-forme et entouré d'une cloche en tôle. On fait le joint entre la plate-forme et la cloche d'une part, entre la cloche et le moule d'autre part, au moyen de colombins de cire. En procédant ainsi la partie supérieure reste ouverte et l'ouvrier peut suivre l'action du vide.

On fera le vide dans l'espace compris entre le moule en plâtre et la cloche au moyen d'une pompe pneumatique. au moment où l'on songera à vider la barbotine intérieure, c'est-à-dire lorsque l'épaisseur sera jugée suffisante.

Il se produit alors une sorte de succion qui fait adhérer la pâte molle contre le moule jusqu'à ce que la pâte soit suffisamment sèche pour se maintenir elle-même.

Dans tous les procédés de coulage, de petites et moyennes pièces, il faut garnir les moules, avant le coulage, de mousselines légères disposées à la surface intérieure de ces moules au moyen d'un peu de barbotine; cette mousseline fera corps avec la couche de barbotine, lui donnera du corps et de la tenue, facilitera le retrait et le raffermissement et de plus, s'enlèvera facilement à la main avant le tournassage.

**Garnissage.** — Le garnissage des anses, des boutons de couvercle se fait en adaptant sur les pièces déjà séchées, au moyen de barbotine, les pièces de garnissage moulées ou coulées.

La seule précaution à prendre est de se souvenir que les pièces tournées se détordent et que le garnissage doit être disposé de façon à ce qu'après cuisson l'anse d'une tasse ou le bec d'une cafetière aient pris la position verticale.

### 3° Outils servant à la préparation des couvertes et émaux.

Les émaux et les couvertes peuvent être composés soit avec des éléments naturels que l'on devra mélanger intimement entre eux, soit d'éléments naturels mélangés avec des matières fondues ou des matières imparfaitement fondues dites *frittes*.

**Fabrication des frittes et verres.** — Il nous faut étudier d'abord la préparation des frittes et des verres qui composeront des couvertes et des émaux, et qui entrent aussi dans certaines pâtes à porcelaine. Ils sont fabriqués dans des *fours à creusets*, à *cuvettes* ou à *faïence*.

**Fours à creusets.** — Les fours à creuset sont analogues à ceux qui servent à fondre le verre, dans des pots chauffés à la houille; le foyer Boetius, dont nous donnerons la description à propos des fours céramiques (voir p. 204) peut être employé avec avantage et économie.

On charge les creusets progressivement et lorsque, au bout de 7 ou 8 heures, la fusion est complète, on coule dans l'eau, on obtient ainsi une masse facile à désagréger.

**Fours à cuvettes.** — Pour de grandes masses, on aura intérêt à utiliser les fours doubles à cuvette chauffés au gaz. Ces fours sont identiques à ceux du système Siemens qui servent à la fusion du verre. Ils sont basés sur ce principe que le poids spécifique de la masse de verre augmente au fur et à mesure que se fait la fusion ; on obtient ainsi une séparation d'après les divers degrés de la fusion, qui permet que la masse de verre soit soumise à une température correspondante à chaque place.

Ces fours auront deux bassins ; dans l'un se produira la fusion ; du second, où l'affinage se fera, le verre s'écoulera dans l'eau au fur et à mesure de la fusion. Les deux bassins sont unis par des vannes, à la partie inférieure desquelles sont les trous de passage de la matière fondue.

Le chauffage est fait au gaz ; il y a admission simultanée de gaz et d'air sur chaque paroi latérale, et par suite de la récupération, le chauffage est fait tantôt par un côté, tantôt par l'autre (1).

Ce système permet d'éviter les creusets, mais est continu et n'est adaptable qu'à une grande production.

**Fours à faïence.** — On s'est servi souvent, et notamment pour la fabrication des frites qui entrent dans la composition des porcelaines tendres artificielles, et qui sont de tous points identiques aux frites pour couvertes et émaux, de la voûte inférieure inutilisée des fours à biscuit de faïence ou de porcelaine tendre.

**Broyage des émaux.** — Lorsque les frites ou verres ont été étonnés dans l'eau et broyés par un quelconque des moyens décrits à propos du broyage, on procède au mélange des éléments.

(1) Pour tout ce qui a trait à la fabrication et à la fusion des verres, nous renvoyons le lecteur à *Verres et émaux* de Louis Cofignal, volume qui fait partie de l'*Encyclopédie industrielle*.

Chacun des éléments devra être employé sec, l'humidité dosée et les pesées faites avec soin. Le grain du broyage n'est pas indifférent ; la manière même dont le broyage est fait, à sec ou à l'eau, influera sur la dilatation, sur la fusibilité, sur le nappé des couvertes.

On sait, d'après les expériences de M. E. Damour, qu'une glaçure trop finement broyée pourra donner lieu à des arrachements dus à une dilatation excessive, alors que la même glaçure trop grossière broyée provoquera des tressaillures dues à une dilatation insuffisante.

Le degré du broyage devra donc être étudié au moyen de tamis et on devra arrêter le broyage aussitôt que la finesse convenable est acquise.

Le broyage à sec est toujours préférable pour les couvertes que l'on emploiera à sec. Pour les couvertes employées à l'état humide, il n'y aura point d'inconvénient à les broyer à l'eau, mais il faudra les sécher immédiatement si l'emploi ne doit pas coïncider avec la terminaison du malaxage au broyeur.

On évitera ainsi la décomposition des frites qui se fait d'une façon assez rapide dans l'eau surtout lorsque le broyage est poussé à un grand degré de finesse.

Comme dans les fabriques de céramiques on est conduit à fabriquer des couvertes, des émaux et des glaçures d'un grand nombre de formules et de couleurs, surtout lorsque l'on procède à des essais de coloration ou de fabrication, on se servira, en guise de creusets, de cazettes en terre réfractaire que l'on garnira à leur intérieur, suivant les cas, d'une couche d'alumine, de terre des Eyzies broyée, ou de quartz lavé fin et que l'on fera passer aux endroits appropriés des fours.

Pour avoir un matériel de broyage facilement nettoyable, on se servira de petits moulins Alsing pour le broyage à sec. Pour le broyage à l'eau, on utilisera les moulins et meules en porcelaine.

La fig. 58 donne la disposition d'un moulin à trois cuves pouvant aller à la main ou mécaniquement. Après un

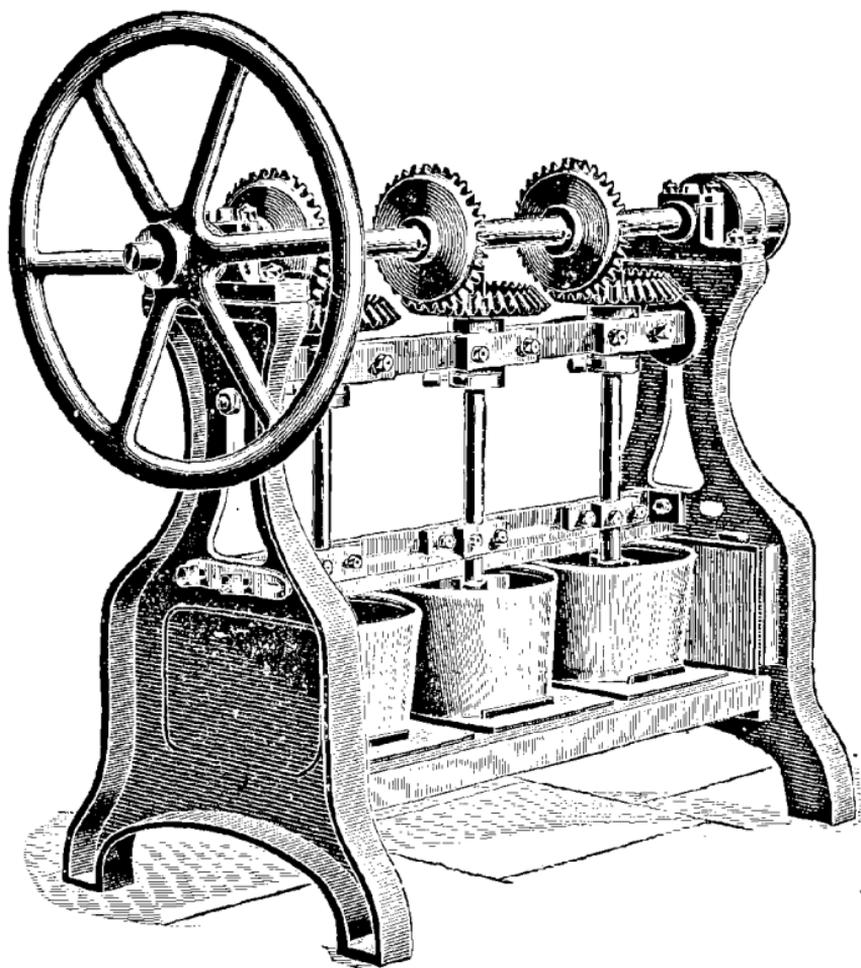


Fig. 58. — Moulin à trois cuves (Wenger).

passage à l'eau rendu efficace par la nature même de la porcelaine, on peut utiliser une des meules pour une autre coloration.

Lorsque le broyage à l'eau s'applique à de grandes

quantités de matières, on desséchera les couvertes en se servant de filtres-presses à plateaux en bois ou en bronze.

**Pour des petites quantités, on se servira, pour la dessiccation rapide, de tables à l'intérieur desquelles on fait circuler un courant de vapeur.**

#### 4° Outils servant à l'émaillage.

Ainsi que nous l'avons dit (voir p. 74), l'émaillage peut se faire par trempage, par arrosage ou par insufflation, et nous expliquerons à propos de chaque fabrication quels sont les avantages et les inconvénients de chacun de ces procédés.

Le matériel d'émaillage consistera surtout en cuves dans lesquelles les émaux, couvertes ou glaçures, seront mis et maintenus en suspension. On se sert fréquemment de cuves verticales à l'intérieur desquelles se meut un arbre vertical muni de palettes, ou de moulins à blocs (voir fig. 20) dont les blocs sont enlevés, de façon que les palettes seules agissent.

L'émaillage par insufflation exige un matériel spécial.

L'insufflation est provoquée par la venue d'air sous pression dans un *pulvérisateur* formé de deux tubes dont les extrémités munies d'ajutages se coupent à angle droit. Un de ces tubes est en communication avec le réservoir contenant l'émail, l'autre avec une *pompe de compression*.

Cet air comprimé aspire et soulève la glaçure, et lorsqu'elle est au droit de l'ajutage à air, elle est pulvérisée.

Comme pompe, on peut se servir d'un ventilateur ou d'un soufflet à pression qui injectent l'air dans un pulvérisateur.

On prendra la précaution de mettre le soufflet, s'il est mû, à la main, à 1<sup>m</sup>,50 de hauteur, de façon que l'ouvrier

puisse le manœuvrer sans peine en tirant à lui. Le caoutchouc qui met en communication le soufflet avec le pulvérisateur devra être souple ; le tube devra plonger dans l'émail liquide du vase de 2 cent. au plus ; ce vase doit être assez étroit pour être pris entre les doigts comme l'indique la fig. 59 ou être muni d'une anse qui le rende facilement maniable. Les becs des tubes vertical et horizontal doivent se trouver exactement dans le même plan vertical. L'émail doit être liquide et ne pas tomber (plomber comme disent les ouvriers) trop vite, sans quoi il y aurait engorgement ; on peut rendre l'émail plus limpide par l'addition de traces d'alun ou d'acétate de plomb.

Pour des fonds jaspés on peut avoir dans le même vase des cloisons (voir fig. 60) dont chacune contient des couvertes différentes.

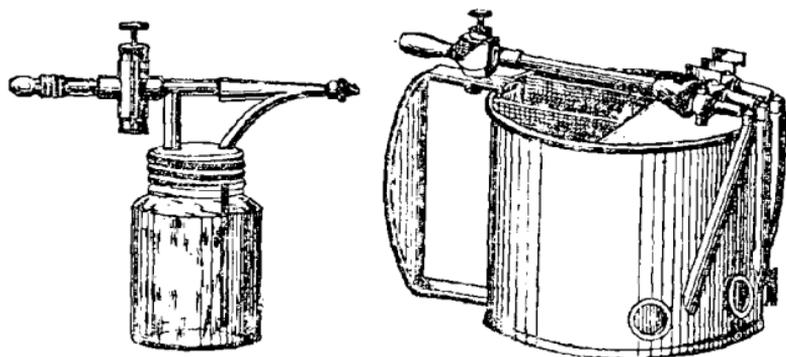


Fig. 59 et 60. — Emaillage par vaporisation (Wenger).

L'émaillage ou mise en couverte est suivie, dans un grand nombre de cas, de l'opération de la retouche qui fait que l'on brosse, que l'on enlève des parties d'émail inutiles. Ces poussières, quelquefois plumbeuses, souvent siliceuses, ont une action néfaste sur l'hygiène des ouvriers.

L'émaillage est toujours précédé de l'époussetage des poteries qui doit être soigneusement fait. Des poussières

très abondantes et souvent fort malsaines se produisent aussi.

On fera donc bien de disposer les ateliers d'émaillage ou de mise en couverte de façon à mettre les places de chaque ouvrier épousseteur ou retoucheur en communication avec une bouche d'air aspirante.

Voici une manière de procéder. On dispose sur l'arbre de transmission du moteur un ventilateur aspirant capable de mettre en mouvement de très gros volumes d'air sous une faible pression, et l'on établit une canalisation d'environ 0<sup>m</sup>,20 de diamètre, partant de chaque place d'ouvrier retoucheur ou épousseteur et se rendant à ce ventilateur; l'orifice de chaque place peut être fermé par une vanne; on obtient ainsi l'enlèvement des poussières.

Malgré cette précaution, on fera bien de donner aux ouvriers qui séjournent dans ces ateliers des *masques respirateurs*.

Celui du D<sup>r</sup> Détourbe, qui est le plus employé en France (voir fig. 61), force les poussières à se tamiser à travers une partie feutrée et rend de grands services.



Fig. 61. — Masque respirateur (D<sup>r</sup> Détourbe).

## CHAPITRE IX

## SÉCHAGE ET CUISSON DES POTERIES

Toutes les poteries de quelque nature qu'elles soient doivent être aussi sèches que possible avant d'être soumises à l'action du feu ; l'expérience montre rapidement au potier trop pressé que l'humidité restant à l'intérieur des pâtes provoquera des accidents nombreux et graves.

D'un autre côté la cuisson peut être ou *unique*, qu'il s'agisse de cuire une poterie recouverte ou non d'un vernis, comme elle peut être *double*.

La *cuisson unique* est celle des poteries dont la pâte et l'émail cuisent à la même température et pour lesquelles un seul passage au feu est nécessaire. C'est ainsi que se cuisent les terres vernissées, les grès, les porcelaines.

Cette cuisson peut se faire à *basse température* dans des fours à peine incandescents. C'est qu'alors on cherchera seulement à éliminer l'eau de constitution des argiles qui composent les pâtes ; ce sera le cas des poteries poreuses non déformées pendant leur cuisson ; c'est à ce faible feu également que pourra se faire la réaction d'un oxyde ou d'un sulfure plombeux sur la silice de la poterie, pour faire un verre tendre et fusible ; c'est ainsi que se fabriquent les terres vernissées que l'on saupoudre d'alquifoux.

Pour d'autres fabrications cette cuisson unique se fait à *haute température* soit directement, comme cela est le cas pour la porcelaine de Chine qui est émaillée par insufflation, enfournée et cuite au grand feu, soit lorsqu'il s'agit des porcelaines dures françaises en deux fois, en cui-

sant, dans des parties spéciales des fours, les céramiques à un degré intermédiaire qui prend le nom de *dégourdi*, état poreux et solide d'une poterie qui auparavant était peu absorbante et fragile et par suite d'un émaillage difficile.

*La cuisson double* est celle que l'on fait subir aux poteries dont la pâte cuit à une température bien supérieure à celle de l'émail.

Pour y procéder, il faudra avoir recours à deux fours distincts; l'un cuira le *biscuit*, comme cela est le cas pour la faïence fine, certains grès, la porcelaine tendre.

Puis après émaillage on recuira la poterie dans un autre four généralement plus petit, quelquefois dans un moufle, à un feu inférieur au feu de biscuit pour obtenir le vernissage de la pièce.

On comprend que cette variété de procédés donnera lieu à un grand nombre de types de fours différents, suivant le procédé suivi, suivant le degré du feu qui varie pour chaque fabrique avec la composition des pâtes et couvertes, enfin suivant la nature du combustible.

Comme la cuisson a pour but de donner aux poteries la solidité, la densité, l'imperméabilité, l'éclat des matières précieuses, la transparence, il faudra, toutes les fois que l'on voudra arriver à un produit soigné, qu'il s'agisse d'une brique vernissée ou de la porcelaine la plus fine, donner par le feu toutes les qualités possibles au produit.

En effet une basse température conserve aux poteries leur porosité avec tous les inconvénients qui en découlent; les vernis peu cuits, surtout ceux à base de plomb, sont facilement attaquables par les acides faibles et le vinaigre chaud; leur éclat est généralement peu satisfaisant pour l'œil.

Au contraire une haute température, qui exigera une pâte solide capable de la supporter sans se déformer, donne des pâtes denses, imperméables, sonores, solides, moins

résistantes il est vrai au feu que des pâtes poreuses, mais d'un aspect plus riche, plus franc.

La dépense de combustible avec une haute température sera plus grande en même temps que le rendement sera plus faible si le potier ne prend pas toutes les précautions nécessaires. Mais la valeur et la beauté des produits compenseront et au delà ces inconvénients.

### SÉCHAGE

Le séchage commence à partir du moment où les pièces sont terminées. Il se fait le plus souvent à l'air libre et nécessite certaines précautions indispensables.

La quantité d'eau contenue dans une pâte est variable suivant le procédé employé et la plasticité de la pâte ; elle s'évapore assez facilement en été, mais en hiver le séchage à l'air ne donne pas de bons résultats.

Pour des fabrications comme celle de la brique, on attendra pour empiler les produits qu'ils soient assez secs pour ne plus être déformés par la charge des produits qui seront empilés au-dessus.

On s'arrangera pour disposer les briques en murs à claire-voie de façon que l'air puisse circuler en tous sens et l'on recouvrira les tas de paillasons ou de tuiles.

Très souvent les deux rangs inférieurs sont constitués par des briques cuites pour éviter que l'humidité du sol et la pluie ne détrempe la base.

Mais le plus souvent on se sert de hangars démontables ou *halettes* que l'on déplace facilement lorsque la fabrication l'exige. Ils sont constitués par des poteaux fixés au sol par des pieux ; ces poteaux servent de support aux appentis qui ont généralement de 1<sup>m</sup>50 à 2<sup>m</sup> de hauteur. On les dispose de façon que l'air y circule facilement, et on les oriente dans la direction des vents régnants et de façon à

ce que les produits ne subissent pas l'action trop brusque de la chaleur solaire qui pourrait gauchir, gercer ou déformer des produits. Les dispositions de ces séchoirs varient suivant l'importance de la production et la nature du climat.

On utilise la chaleur perdue des fours à briques pour aider au séchage en disposant autour du four et sur deux ou trois étages ce que l'on appelle le *séchoir à étage*. Toute la chaleur perdue des fours se répand aux divers étages en même temps que des tuyaux envoient l'air chaud des chambres des fours en refroidissement à des endroits convenablement appropriés. On laisse aussi, suivant la saison, les fenêtres ouvertes de façon à provoquer le départ des buées. Pour ce système, comme pour le précédent, la surface nécessaire est considérable.

Dans les ateliers de porcelainiers et de faïenciers, surtout ceux où l'on produit de petites pièces, l'atmosphère se sature assez vite d'humidité et alors le séchage se fait avec une grande lenteur.

On dispose les pièces sur des rayons placés au milieu de l'atelier entre les deux rangées d'ouvriers dont les machines reçoivent la lumière des fenêtres et entre deux séries d'outils, on dispose encore des rayons pour recevoir les pièces à sécher.

On ventile par des moyens primitifs et on chauffe l'atelier par calorifères dont le rendement est presque nul. De sorte que le séchage est irrégulier et long et qu'il est nécessaire d'avoir de très grands ateliers avec un grand développement de rayons.

Il vaut mieux se servir de séchoirs isolés du reste de l'atelier.

**Chauffage des séchoirs.** — Mais cette manière de faire n'est pratique que pour de petites pièces, tasses, assiettes, soucoupes, etc.; pour de très grosses pièces

comme des tuyaux de grès, des jarres ou cuiviers, il est impossible de procéder ainsi ; en effet pour des pièces épaisses l'eau de la croûte superficielle s'en va assez rapidement mais il est difficile d'enlever l'humidité du cœur de la pièce. La rapidité du séchage dépendra donc de la nature de la pâte, de sa texture, du renouvellement de l'air en contact avec les surfaces extérieures. En principe pour des pièces un peu grandes, on laissera les pièces huit ou dix jours à l'air libre, dans l'atelier où elles sont fabriquées de préférence ; on évitera les courants d'air ou les rayons de soleil trop directs.

Quand ce premier séchage est fait on transportera ces pièces dans un séchoir clos où l'on portera la température à 30° centig. et l'on montera progressivement la température à 50° ou 70° C. en un ou deux mois.

Ces séchoirs sont formés de chambres où l'air chaud doit arriver abondamment ; le renouvellement de l'air doit être d'autant plus fréquent que la poterie sera plus argileuse.

L'alimentation en air chaud se fera de la façon suivante. En dessous du séchoir on disposera dans une chambre spéciale des tuyaux à ailettes du système Grouvelle et Arquembourg que l'on mettra en communication avec la chaudière de l'usine ; dans cette chambre on produira de l'air chaud qui pénétrera dans le séchoir. Ce système donne l'avantage d'un réglage facile en laissant pénétrer la vapeur dans un nombre plus ou moins grand de tuyaux à ailettes que l'on peut isoler les uns des autres par des robinets.

Si les fours servant à cuire les produits sont nombreux, et qu'il y en ait un constamment en refroidissement on pourra utiliser la chaleur perdue au séchage. Deux procédés sont employés pour cette utilisation : ou bien on disposera, partant de chaque chambre de four, une conduite en tôle galvanisée aboutissant au tronçon commun dans lequel un ventilateur aspire l'air chaud qu'il refoule dans les séchoirs.

Dans d'autres usines on dispose près de la cheminée de l'usine, à l'endroit où aboutissent les fumées des fours, un grand réservoir en tôle où l'air s'échauffera ; un ventilateur soufflant refoulera l'air chauffé dans le séchoir.

**Séchoirs continus.** — On emploie dans la fabrication de la brique des séchoirs continus ou tunnels-séchoirs.

On introduit les matériaux à sécher, disposés sur des wagonnets spéciaux, dans une galerie fermée et on donne au courant d'air chaud un mouvement inverse de celui des wagonnets qui se séchent progressivement. La saturation de l'air se fait ainsi d'une façon méthodique de même que le séchage. Ce procédé demande un réglage très soigné suivant l'état hygrométrique de l'air extérieur et la chaleur.

## CUISSON

La cuisson peut se faire comme nous l'avons dit, suivant la nature des produits, à des températures très variées. Certaines briques cuisent aux environs de 700°C., certaines porcelaines cuisent vers 1400° C.

Les combustibles les plus variés ont été employés pour la cuisson des céramiques.

On a utilisé d'abord le bois dans des fours simples ; on s'est servi ensuite de houille dans les régions où se trouvaient des exploitations de charbons ; puis les chemins de fer et les canaux ont permis le transport à distance des combustibles minéraux qui se sont généralisés.

Mais le four discontinu ne répondait plus aux demandes incessantes de production plus rapide.

Le four continu est alors imaginé par Hoffmann vers 1865 et marque une nouvelle étape dans les progrès de la

cuisson qui, malgré les perfectionnements de chaque jour, est toujours une opération délicate.

Aujourd'hui tous les efforts des céramistes tendent vers l'utilisation des gaz des gazogènes obtenus au moyen de combustibles pauvres et dont la constance de composition permet une plus grande facilité de chauffage aux hautes températures.

#### PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR PROTÉGER LES OBJETS DURANT LA CUISSON

Certains objets ne craignent pas le contact direct du combustible, bois ou charbon, telles sont les briques ordinaires. Il arrive même que l'on introduise dans les briques (et c'est le cas à Paris) des escarbilles, dont la teneur moyenne en carbone est encore de 40 à 45 % et dont la combustion se fait à l'intérieur de la masse.

Mais en général, les combustibles produisent des cendres ou des scories qui viennent souiller les produits ; d'un autre côté, les cendres des bois et celles de certains combustibles minéraux, par leur richesse en sels alcalins et en sels de chaux, forment avec les substances céramiques et souvent à leur surface un verre fusible qui en modifie l'aspect et provoque le rebut des pièces.

Toutes les fois que le produit à obtenir craindra ainsi le contact de la flamme, des cendres ou des poussières, il faudra encaster les produits. .

**Encastage.** — L'encastage sera différent suivant qu'il s'agira de pâtes non ramollissables ou ramollissables.

**Encastage des pâtes non ramollissables.** — Cet encastage consiste à disposer les pièces dans des boîtes ou *cazettes* avec toutes les précautions possibles ; non vernissées

on peut les poser les unes sur les autres sans les séparer autrement que par une mince couche de sable, mais on doit veiller à ce que les inférieures ne soient pas écrasées par les supérieures. Si l'on craint l'écrasement, on établira des planchers avec des plaques de terre cuite supportées par des piliers de terre cuite. C'est ce qu'on appelle l'*encastage en échapade* ; des plaques disposées verticalement protégeront de l'action directe des flammes.

Mais si les poteries doivent être recouvertes d'un vernis, on devra isoler les pièces par des *pernettes*, des *pattes de*

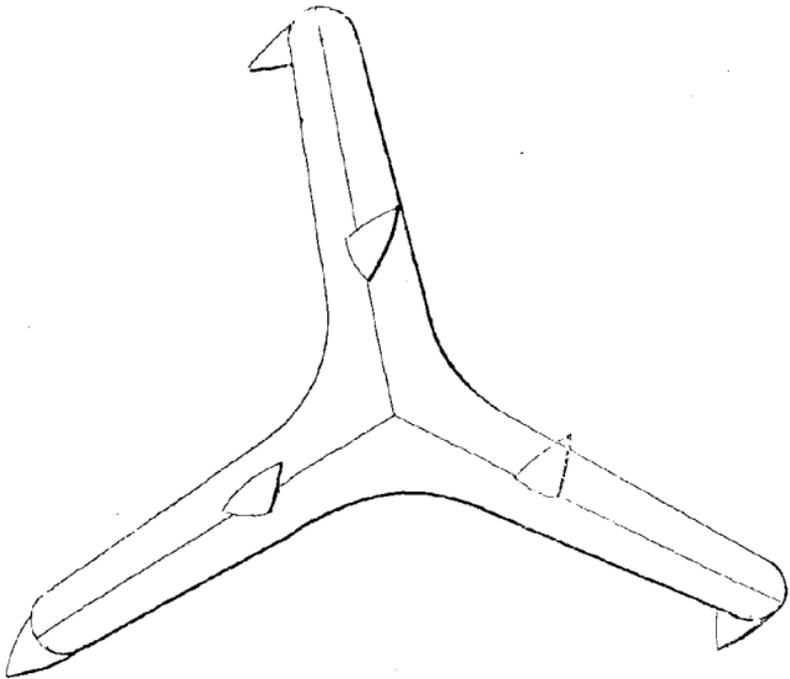


Fig. 62. — Pernette.

*coq*, des *dés*, etc., en poteries cuites et vernissées à arêtes très vives (voir fig. 62).

On pourrait multiplier à l'infini des exemples d'encastage de ce genre. Contentons-nous de donner l'exemple du

support ou *stilt* qui, dans l'industrie de la faïence fine, permet de disposer au feu d'émail, dans l'intérieur de la même cazette, une vingtaine d'assiettes. Ces pernettes ou colifichets laissent, il est vrai, trois petits points de contact sur chaque pièce, mais les arêtes et pointes des colifichets sont si vives qu'il faut un œil bien exercé pour trouver leur trace.

**Encastage des pâtes ramollissables.** — Pour ces produits il ne peut plus y avoir ni porte à faux, ni parties en contact; il en résulterait des déformations et des collages.

Quand les pièces ne sont pas émaillées et que la forme y prête, on les encaste les unes dans les autres. Ainsi les plats, assiettes, soucoupes ou bols de diverses grandeurs sont posés à *boucheton* les uns sur les autres. Mais le plus souvent chaque pièce est portée par un rondau en terre réfractaire qui lui sert de support; entre la pièce et le rondau on dispose une mince couche d'alumine calcinée, de terre des Eyzies calcinée ou de silice calcinée qui prennent le nom de *terrage* ou *engommage*.

Quand les pièces ont des porte-à-faux ou des saillies, on les supporte soit au moyen de *renversoirs*, pièces en terre cuite sablée qui offrent, en relief, les formes creuses des pièces à cuire. On sable les renversoirs pour éviter le contact; ce sont donc des sortes de moules qui maintiennent la pâte pendant la cuisson. Ce procédé est onéreux, il prend de la place au four, demande de grands soins; dans certaines fabrications les renversoirs ne servent qu'une fois et doivent être brisés ensuite.

On se sert souvent de *supports* faits soit avec la même pâte que la pâte à cuire (et ce, à cause du retrait) et on les isole de la pièce par du terrage.

Les fabricants évitent, autant que possible, les pièces dont la fabrication exige de nombreux supports.

Pour des pâtes ramollissables émaillées comme la por-

celaine, on ne peut plus se servir de pernettes ou colifichets qui déformeraient les pièces, il faut que chaque pièce soit enfournée sur rondau bien dressé et cuite en cazette.

Au contraire, pour des pâtes ramollissables que l'on cuit en biscuit comme la porcelaine tendre, on fera des supports à l'intérieur desquels la pâte se cuira sans se déformer.

Un bon encastage devra être compris de façon que les cazettes et rondsaux résistent bien à l'action du feu et soient faits en pâte céramique qui éclate le moins possible au passage au feu ; les cazettes doivent être nettoyées ou chapottées après chaque cuisson ; elles doivent être vernisées ou glaçurées intérieurement pour certaines fabrications (faïences), afin de ne pas ressuyer ou dessécher les émaux que l'on cuit à leur intérieur ; elles doivent être étudiées de façon à ménager, entre le pied des pièces et la cazette, une surface de terrage ou d'engommage ; enfin elles doivent être disposées de façon à permettre de cuire le plus grand nombre de pièces dans un volume déterminé.

#### FABRICATION DES CAZETTES

Les cazettes, surtout celles qui sont destinées aux céramiques cuisant à haute température, doivent être faites avec des argiles de première qualité. Les argiles contenant fréquemment des silex, des pyrites, du gypse, il est essentiel de débarrasser l'argile de ces éléments étrangers par lavage (voir p. 76).

En effet, les gypses, au contact de l'argile, forment, au grand feu, un verre calcaire fusible qui coule sur les pièces et les détériore ; les silices se dilatent et projettent des éclats sur les émaux, provoquant l'accident connu sous le nom de *grains* ; enfin les pyrites dégagent des vapeurs sulfureuses qui altèrent les couleurs et forment également

avec l'argile, une sorte de verre à bouteille qui coule sur les pièces.

Les argiles ne sont pas employées seules ; pour faciliter le travail et la dessiccation, on les mélange avec du ciment formé de débris d'anciennes cazettes broyées au squeezer (voir p. 84).

La composition moyenne des pâtes à cazettes est de 60 % d'argile pour 40 % de ciment. Inutile de dire que le grain du ciment devra varier et être plus gros pour de grands rondeaux ou de grandes cazettes.

Pour les pâtes à rondeaux, on emploiera 50 % d'argile, 10 % de sable calciné et 40 % de ciment.

Le mélange, fait d'abord sur une aire en bois et arrosé d'eau, est jeté dans un appareil (voir fig. 63) composé d'une

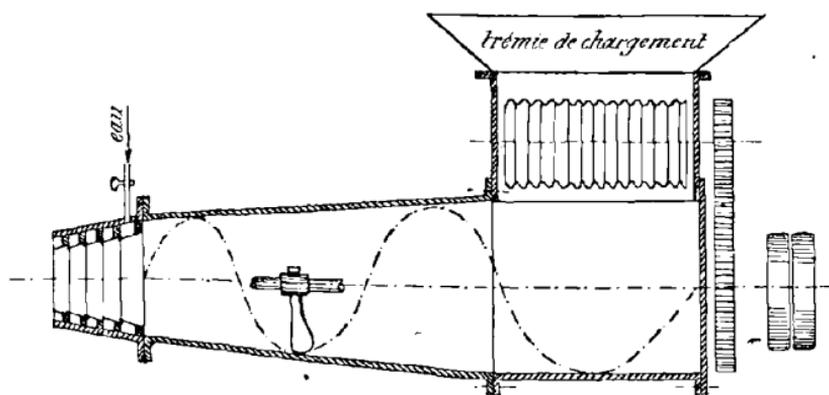


Fig. 63. — Malaxage des pâtes à cazettes.

trémie de chargement qui fait passer le mélange entre des cylindres cannelés, puis dans un malaxeur à palettes qui refoule la pâte dans une filière.

La pâte obtenue, on procède, pour le façonnage des rondeaux et cazettes, soit par moulage, soit par tournage, soit par calibrage ; mais aujourd'hui, la plupart des fabriques céramiques emploient des machines.

*Machines à faire les cazettes.* — On se sert pour la fabrication mécanique des mêmes pâtes que celles servant au travail à la main, mais un peu plus maigres et plus sèches ; on les coupe en blocs carrés que l'on place à l'intérieur des moules, et on comprime la pâte contre les parois

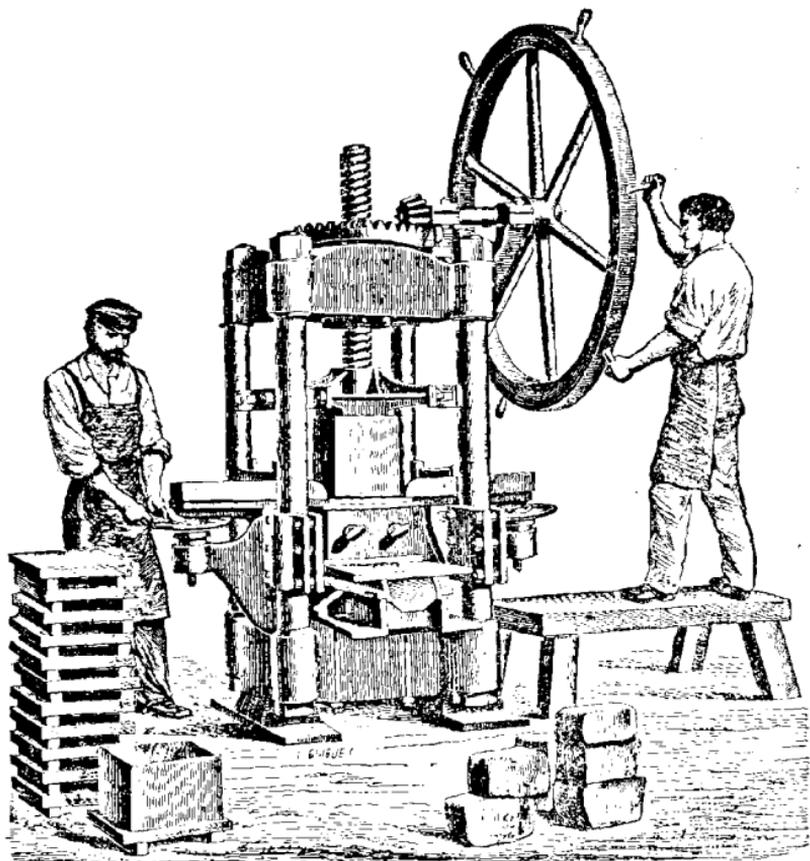


Fig. 64. — Presse pour fabriquer les cazettes (Wenger).

du moule par le moyen de la presse à vis ; cette presse fonctionne à bras d'homme pour des cazettes de 20 pouces et au-dessous, à vapeur au-dessus. Les cazettes rectangulaires ainsi obtenues, sont résistantes et, étant régulières, s'empileront facilement.

*Des divers encastages.* — On emploie fréquemment l'encastage à fond plat (voir fig. 65). La cazette *a*, cylindrique ou rectangulaire, est assez épaisse

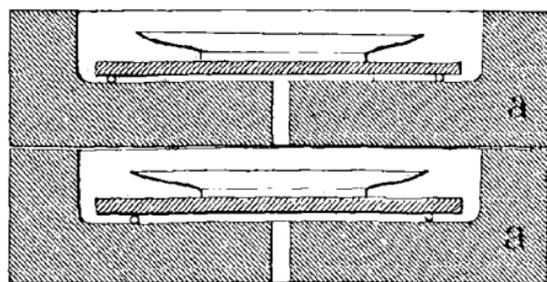


Fig. 65. — Encastage à fond plat.

pour résister à l'action du feu à une charge de 3, 4 ou 5 mètres de haut, suivant les cas; on dispose vers son centre des

boulettes de terres à cazettes sur lesquelles on imprime le rondreau qui supporte l'assiette. L'inconvénient de ce système est de donner beaucoup de grains et de prendre beaucoup de place.

Souvent, on dispose, pour éviter cette double épaisseur (voyez fig. 66), les rondreaux *b* sur des cerces *A*; quand les cerces n'ont pas une hauteur suffisante, on augmente la

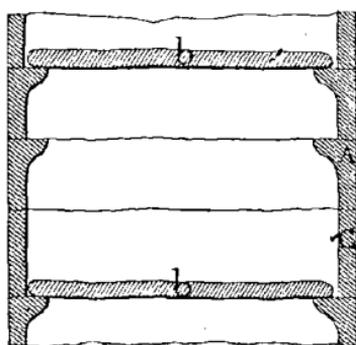


Fig. 66. — Encastage sur rondreaux.

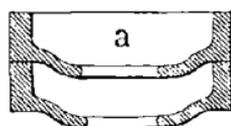


Fig. 67. — Encastage à cul-de-lampe.

hauteur en disposant des hausses *C*. Dans ce système, le poids des pièces risque de déformer le rondreau.

*Encastage à cul-de-lampe.* — Les cazettes ou cerces *a* servent de support à de petits rondeaux ; les rondeaux sont bien dressés, doivent être assez épais pour ne pas gauchir et ne pas jeter de grains.

Cet encastage est précieux pour toutes les pièces creuses tels que saladiers, bols, etc.

*Encastage double ou Regnier.* — Cet encastage ingénieux permet de cuire les pièces dans une cazette en terre

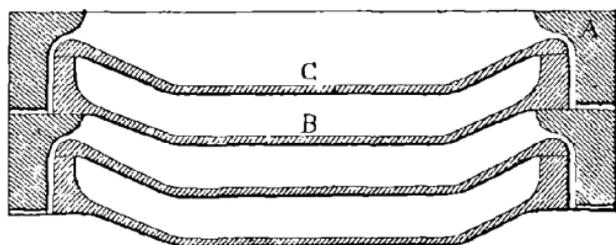


Fig. 68. — Encastage double Regnier.

à cazette fine, sans rondeaux, en économisant considérablement la place dans les fours.

Il est constitué de cerces *A* dont les rebords portent une première cazette intérieure *B* ; le rebord de cette cazette *B* portant une deuxième cazette intérieure *C*. Sur chacune de ces cazettes s'enfournera une assiette. On voit que ces assiettes sont ainsi protégées contre l'action des grains.

On a développé ce système dans l'industrie en disposant ainsi cinq ou six cazettes intérieures dans la même cerce. La fig. 69 montre l'encastage de cinq assiettes dans une seule cerce *A* supportant cinq cazettes intérieures *B*.

On peut aussi diminuer les frais de cuisson en garnissant la cazette intérieure après façonnage (1) et dégour-

(1) Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*.

dissage d'un enduit de ciment et de terre tamisée, et en supprimant de cette façon la cerce extérieure. Ce procédé est employé pour les porcelaines dures du Berry.

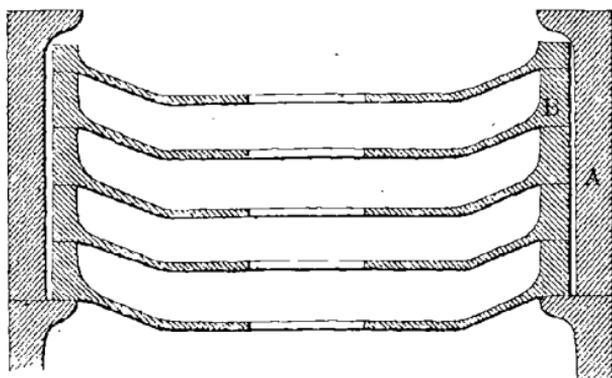


Fig. 69. — Encastage multiple.

L'opération de l'encastage s'applique uniquement à la disposition des pièces avant leur entrée au four.

**Enfournement.** — *L'enfournement* devra dépendre de la nature du four, de sa grandeur et de la température à atteindre.

L'enfournement sera dit *en charge*, lorsque les poteries pourront être disposées les unes sur les autres de façon à remplir le four en permettant la circulation du combustible ou des produits de la combustion.

L'enfournement sera dit *en échappade* lorsque, comme dans l'encastage de ce nom, on aura disposé des planchers de terres cuites soutenues par des piliers de même nature.

L'enfournement sera dit *en étuis ou cazettes* lorsque les pièces seront protégées de l'action de la flamme par des étuis ou cazettes de formes variées.

Les piles contenant les objets doivent être disposées

bien verticalement, elles doivent être distantes les unes des autres, de façon à permettre, sans excès, la circulation

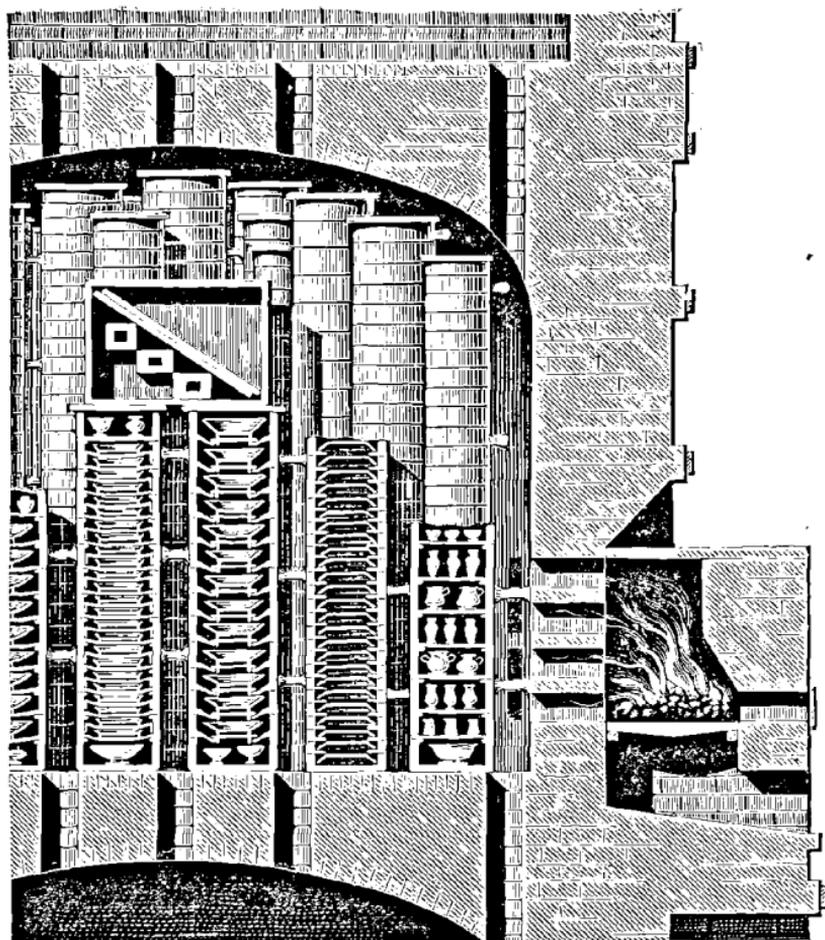


Fig. 70. — Enfournement d'un four à porcelaine.

des flammes ou des gaz ; l'idéal consiste à obtenir partout pour la flamme la même vitesse.

Lorsque l'on aura de grands objets à cuire, on les disposera *en bâtis*. La figure 70 montre le bâtis d'une grande plaque  
AUSCHER. Technologie de la Céramique.

de porcelaine monté sur plusieurs piles de comptiers.

On mettra dans le voisinage des foyers les poteries les plus résistantes et aux points que l'expérience aura indiqués comme étant ceux de faible feu, les objets qui nécessitent peu de feu. En général les piles en contact direct avec la flamme contiennent peu d'objets de valeur ; il en est de même des pieds des piles.

En certains fours, surtout ceux à axe horizontal, où les différences de température sont considérables, on sera conduit à établir des fabrications de pâtes ou de produits différents à points de cuisson divers, pour utiliser tout le calorique.

La condition essentielle de réussite est la verticalité des piles qui porteront tantôt sur la sole du four, tantôt sur un lit de sable disposé à cet effet. De plus on accotera les piles de cazettes entre elles et contre les parois du four par le moyen d'*accots* en nombre suffisants pour consolider le tout. Ces accots sont formés de débris de cerces de cazettes, fixées contre les piles au moyen de terre à cazette plastique.

Enfin, pour prévenir l'entrée des flammes dans les cazettes et consolider davantage les piles, les rebords des cazettes sont recouverts d'un colombin de terre réfractaire sablée, appelé *lut*. Depuis un certain nombre d'années, on ne se sert plus de lut, considérant que l'introduction des gaz de la combustion n'est pas inutile à l'intérieur des cazettes pour y provoquer des réactions oxydantes ou réductrices suivant les cas.

***Les combustibles utilisés en céramique.*** — Les combustibles sont des composés naturels ou artificiels renfermant du carbone ou du carbone et de l'hydrogène et brûlant au contact de l'air, en donnant de l'acide carbonique et de l'eau (1).

(1) Scheurer Kestner, *Pouvoir calorifique des combustibles*, Paris, 1896.

Le combustible par excellence des potiers est le bois, qui fut d'un usage exclusif jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle; puis il fut peu à peu remplacé par la houille jusqu'à devenir lui-même d'un emploi exceptionnel.

La qualité essentielle du bois comme combustible céramique réside dans sa propriété de donner une flamme plus ou moins longue, suivant son espèce et son état de dessiccation. Il est convenable à la cuisson des poteries par suite de l'absence de fumées et de gaz sulfureux.

Le bois est formé de cellulose et d'une quantité faible de matières minérales.

On trouve de grandes différences au point de vue du pouvoir calorifique entre divers bois, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant où les nombres se rapportent au bois supposé sec (1).

Nature du bois.	Chêne.	Frêne.	Charme	Hêtre.	Bouleau	Sapin.	Pin.
Chaleur de comb. en calories...	4620	4711	4728	4774	4771	5035	5085
Carbone 0/0	50,46	49,48	48,99	49,06	48,88	50,37	50,31
Hydrogène	6,02	6,27	6,20	6,11	6,06	5,92	6,20
Azote...	0,09	0,07	0,06	0,09	0,10	0,05	0,04
Oxygène...	43,36	43,91	44,25	44,17	44,67	43,39	43,08
Cendres...	0,37	0,57	0,50	0,57	0,29	0,28	0,37

Le bois contient des quantités d'eau très variables suivant sa dessiccation. Séché à l'air, il garde habituellement 15 0/0 d'eau. On peut le priver de cette eau par dessiccation à 100°.

On utilise la chaleur perdue des fours pour dessécher le

(1) Gottlieb, Sur la composition élémentaire et la chaleur de quelques variétés de bois, *Journal für praktische Chemie*.

bois dans les établissements céramiques, où on emploie encore ce combustible.

Le bois n'est plus employé à la cuisson des poteries, à cause de son prix de revient élevé, sauf dans des manufactures d'art, établissements où cette considération est secondaire. Son emploi présente de nombreux avantages; il permet l'usage de fours de construction plus simple et simplifie les moyens de protection des pièces à cuire contre l'action directe de la flamme.

La *tourbe* est formée par l'agglomération de débris végétaux; elle renferme une grande quantité d'eau. Desséchée, elle a une composition qui peut être représentée en moyenne par :

Carbone. . . . .	60
Hydrogène. . . . .	6
Oxygène et azote. . . . .	34

Elle possède un pouvoir calorifique notablement supérieur à celui du bois. Son emploi est exceptionnel; elle nécessite une dessiccation préalable et ne peut servir à l'obtention des températures élevées; il en est de même pour tous les combustibles inférieurs, lignites, débris végétaux divers.

La *houille* est le combustible le plus généralement employé actuellement.

La composition de la houille et ses qualités varient pour ainsi dire à l'infini. Les qualités à considérer dans la houille sont, en dehors de son pouvoir calorifique qui dépend surtout de sa composition chimique, la proportion de coke et la teneur en matières volatiles, la quantité et la nature des cendres et la proportion de soufre. Il est très difficile d'indiquer à priori la composition et les qualités que doit posséder une houille, pour convenir aux usages céramiques, d'autant plus que, selon le four utilisé et le

mode de cuisson employé, la valeur relative d'un combustible peut varier.

Nous reproduisons ici le tableau résumant les propriétés des différentes classes de houille généralement admises (1).

CLASSES OU TYPES des houilles proprement dites.	Proportions de coke par 100 de houille pure.	Proportion de matières volatiles par 100 de houille pure.	NATURE et aspect du coke.	POUVOIR calorifique.
1 <sup>o</sup> Houilles <i>sèches</i> à longue flamme.	55 à 60	45 à 40	pulvérulent ou légèrement fritté.	8000 à 8500
2 <sup>o</sup> Houilles <i>grasses</i> à longue flamme (charbons à gaz).	60 à 68	40 à 32	complètement aggloméré et le plus souvent fondu mais poreux.	8500 à 8800
3 <sup>o</sup> Houilles <i>grasses</i> proprement dites (charbons de for- ge).	68 à 74	32 à 36	fondu et plus ou moins boursouffé.	8800 à 9300
4 <sup>o</sup> Houilles <i>grasses</i> à courte flamme (charbons à coke)	74 à 82	26 à 18	fondu, compacte.	9300 à 9600
5 <sup>o</sup> Houilles <i>maigres</i> ou anthraciteuses.	82 à 90	18 à 10	légèrement fritté le plus souvent pulvérulent.	9200 à 9500

Les houilles des deux premières classes sont les plus convenables pour le chauffage des fours à poteries, surtout celles de la deuxième classe qui permettent l'obtention des températures les plus élevées.

Les houilles de la troisième classe, ayant une tendance à

(1) Scheurer-Kestner, *Pouvoir calorifique des combustibles*. Paris, 1896.

s'agglomérer, ne peuvent être employées qu'en mélange avec des houilles maigres.

Celles des deux dernières ne sont guère convenables en dehors des *gazogènes* ; l'emploi de ceux-ci, qui tend de plus en plus à se généraliser, donne aux combustibles maigres une importance de plus en plus grande.

*Les gaz de gazogènes* seront étudiés, en tant que combustibles, à propos des gazogènes (voir p. 205).

**Atmosphère des fours.** — Suivant la proportion de l'oxygène de l'air par rapport aux principes combustibles, carbone et hydrogène, on obtiendra dans les fours une atmosphère qui sera dite *oxydante*, lorsque tout le carbone aura été transformé en acide carbonique, l'hydrogène en vapeur d'eau et qu'il y aura excès d'oxygène.

L'atmosphère sera *neutre* lorsqu'il n'y aura pas d'oxygène en excès ; elle sera *réductrice* lorsque les gaz de la combustion contiendront des carbures d'hydrogène ou de l'oxyde de carbone.

Suivant la nature chimique des gaz de la combustion dans les fours céramiques, on obtiendra des réactions différentes avec les éléments des pâtes, des couvertes et des colorants.

Un bon four doit pouvoir donner à volonté, à n'importe quel moment, l'atmosphère désirée et un bon chauffeur doit être capable de la produire en variant les rentrées d'air, la quantité de combustible chargée, le tirage du four.

## FOURS CÉRAMIQUES

La matière à cuire peut être ou non en contact direct avec le combustible solide ; et les fours peuvent être intermittents ou continus. Pour les fours avec lesquels les combustibles solides ne sont pas en contact avec

la matière à cuire, nous distinguerons les fours en *fours découverts* ou *voûtés*, les fours voûtés pouvant être à axe vertical ou horizontal, à flammes directes ou renversées.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous la classification que nous avons adoptée pour les fours.

### 1<sup>re</sup> famille.

Fours dans lesquels le combustible est en contact avec la matière à cuire, ou fours *sans foyers*.

<b>A</b>	<b>B</b>
Fours flamands pour la cuisson des briques (cuits en même temps que les briques à cuire).	Fours continus, système Hoffmann.

### 2<sup>e</sup> famille.

Fours dans lesquels le combustible n'est pas en contact avec la matière à cuire, ou fours *avec foyers*.

<b>C</b>	<b>D</b>					
Fours découverts sans cheminée.	Fours voûtés avec ou sans cheminée					
	à axe horizontal.	à axe vertical				
		à flammes				
		<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>E</b></td> <td style="text-align: center;"><b>F</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">di- rectes</td> <td style="text-align: center;">ren- versées</td> </tr> </table>	<b>E</b>	<b>F</b>	di- rectes	ren- versées
<b>E</b>	<b>F</b>					
di- rectes	ren- versées					

### 3<sup>e</sup> famille.

Fours *à gazogènes* ou à combustibles gazeux : — **G**.

*Famille I. — Fours sans foyer.*

**Classe A. Four flamand.** — Nous donnerons, comme exemple de cette manière de faire, le procédé de cuisson des briques qui est le plus répandu ; on appelle cette méthode *la cuisson à la volée* ; on dispose une ou plusieurs assises de briques déjà cuites sur une aire sèche et bien horizontale. Ces briques sont de champ, à assises régulières se recoupant ; on sème entre les assises du charbon pour la cuisson, que l'on allume grâce aux *pieds du four*, formés de foyers d'allumage voûtés disposés de mètre en mètre et d'une hauteur d'environ 0 m. 80, que l'on remplira de bois, recouvert de gros morceaux de charbons ; sur cet ensemble de produits déjà cuits, on élève des tas ou rangs de briques ingénieusement disposés de façon à alterner les joints et à permettre d'y placer du combustible menu. Lorsque l'on a mis le feu aux foyers et que le feu est bien pris, les enfourneurs disposent à la surface des lits existants (et cela malgré les fumées que produisent les combustibles inférieurs) de nouveaux tas de briques entre lesquels ils mettent du combustible minéral pulvérulent. Chaque lit ou tas est séparé du suivant par du sable semé régulièrement. Les parois extérieures du four ainsi artificiellement constitué sont obtenues par une pâte de terre à brique, avec laquelle on garnit les quatre faces en ne laissant ouverts que les orifices des foyers d'allumage. Les chauffeurs poussent le feu d'un côté ou de l'autre suivant les besoins, soit par ouverture d'orifices d'air, soit en variant la quantité du combustible. Chaque jour on rajoute de nouveaux tas jusqu'à ce que l'ensemble ait 7 à 8 mètres de hauteur et ne résiste plus à la charge et à la poussée du feu.

On voit tout l'inconvénient de ce système, qui donne des produits irréguliers, en contact avec le combustible ; il

présente, pour les petits et moyens briquetiers, cet avantage de ne pas nécessiter la construction d'un four.

**Classe B. Four continu.** — Ce four continu a été inventé, en 1865, par Hoffmann et Licht. Les premiers fours construits étaient ronds. Aujourd'hui on préfère la forme rectangulaire qui donne une résistance meilleure. Ces fours sont maintenant des plus employés pour la fabrication des produits céramiques à basse température. En voici le principe :

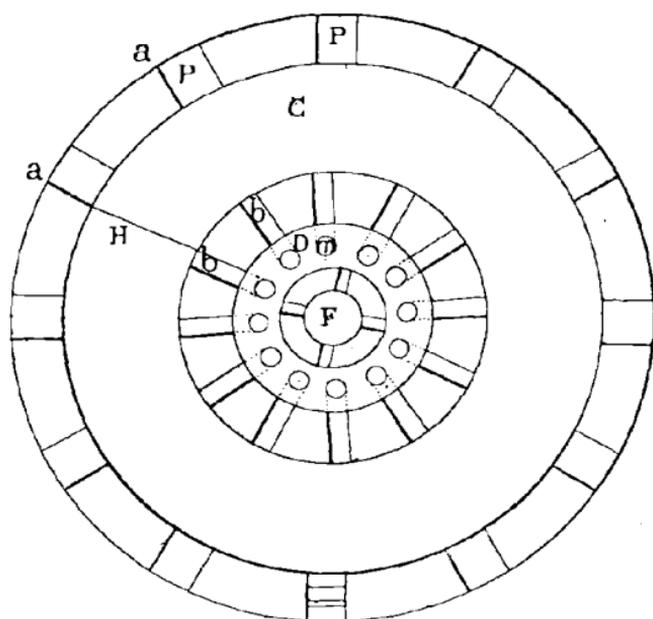


Fig. 71. — Four continu.

Supposons, d'après le schéma ci-contre (fig. 71), qu'il y ait une chambre de cuisson C, formée par une galerie circulaire sur laquelle se trouvent disposées à égale distance l'une de l'autre douze portes P, l'espace entre deux portes aa formant un compartiment de chauffe.

Des conduits bb, disposés en retrait de chaque porte, AUSCHER. Technologie de la Céramique. 41.

communiquent avec un carneau concentrique D, qui est en relation avec la cheminée centrale F.

Les ouvertures *m*, qui mettent en communication les conduits *bb* avec le carneau D, peuvent être ouvertes ou fermées par des cloches ou des vannes, que l'on meut par un mécanisme quelconque. Si toutes ces cloches disposées en *m* sont fermées, il n'y a point communication entre la chambre de cuisson C et la cheminée F. Mais si on ouvre une de ces cloches, le tirage se fera par là.

Quant à la voûte de la chambre C, elle est garnie d'obturateurs de fonte, qui sont disposés dans des rainures en fonte remplies de sable pour faire le joint. C'est par là que se chargera le combustible, qui, projeté sur une masse déjà chaude, s'allumera et continuera le chauffage.

Ce chauffage continu se fait de la façon suivante, en supposant que le four ait été pour la première fois rendu incandescent sur un ou deux douzièmes de sa circonférence, par le moyen de foyers disposés sous les briques.

On aura disposé en H, à côté d'une porte, un registre de tôle (ou même de papier) accolé contre les briques et qui fermera la galerie ; à la gauche de ce registre, la galerie est pleine de produits à cuire sur les neuf douzièmes de son étendue ; à la droite du registre, trois douzièmes de son étendue ou compartiments sont vides, servant au défournement et à l'enfournement. Sur les neuf douzièmes ou compartiments pleins de briques, trois sont en refroidissement après cuisson, un est en plein feu, par le fait des charges de combustible que l'on fait par les trous disposés à la partie supérieure et qui descendent à l'intérieur de la masse, grâce à l'habile disposition de puits de chauffage chicanés par des briques transversales.

L'air froid pénètre dans le four par les portes des compartiments vides, passe forcément grâce à la fermeture H vers la droite dans la masse des produits en refroidissement dans les trois compartiments ; cet air s'échauffe et

brûle le combustible disposé dans ce compartiment; les gaz de la combustion passeront ensuite dans la case voisine (sans charbon), dont ils commenceront la cuisson (petit feu); enfin passeront dans les trois derniers compartiments où les gaz se refroidiront encore (1), avant de passer à la cheminée centrale *F* en longeant le registre *H*, pour passer du conduit *b* à l'ouverture *m*.

On s'arrange pour que la durée de la cuisson d'un compartiment soit de douze ou vingt-quatre heures environ et lorsqu'un compartiment est cuit, on passe au suivant. On défourne un compartiment pendant la cuisson et on appliquera un nouveau registre, qui sera donc placé à 30° du précédent, contre la brique; puis on enlèvera (ou brûlera, s'il s'agit de papier) l'ancien registre. On dispose les vanes ou cloches de façon à déplacer de 30° le point de sortie des gaz brûlés. On obtient ainsi la continuité; mais il faut observer que par ce système les produits ne sont pas complètement refroidis par l'air froid, qui n'a pas un contact assez longtemps prolongé; aussi utilise-t-on souvent la chaleur des produits en refroidissement pour le sécher. L'échauffement et le refroidissement sont progressifs.

A l'origine, les fours de ce genre étaient ronds; aujourd'hui les fours sont disposés rectangulairement en deux lignes parallèles (Simon et Polakowski), dont la stabilité est plus grande et le prix inférieur. Ces fours servent toutes les fois qu'il n'y a pas inconvénient à mettre le combustible en contact avec le produit à cuire.

## 2° Famille. — Fours à foyers.

**Classe C. Fours découverts sans cheminée.** — On emploie rarement ces fours, dont le rendement industriel

(1) Dans l'industrie de la brique, on dit que les briques *s'enfument* dans cette dernière partie du four, ce qui signifie qu'elles y terminent leur cuisson en perdant l'eau qui peut encore s'y trouver.

est faible, sauf pour la cuisson des briques communes. Le four est en partie enterré et une galerie voûtée, percée d'un grand nombre de trous, permettra le passage de l'air et servira de foyer soit au bois soit au charbon ; on évitera le passage trop brusque des gaz, en recouvrant les briques à la partie supérieure d'un enduit de terre à brique qui ne laissera passer que peu de gaz brûlés et maintiendra la température dans la chambre de chauffe. Il est difficile de se rendre compte de ce qui se passe à l'intérieur de ces appareils primitifs.

**Classe D. Fours voûtés à axe horizontal.** — Dans ces fours, la chambre contenant les produits à cuire est disposée en long et le foyer se trouve placé suivant la plus grande longueur. Le foyer peut être à l'intérieur du four ou en dessous, ou extérieurement. Les gaz brûlés, avant de se rendre à la cheminée, passent ou non dans une chambre intermédiaire. Nous décrirons un seul de ces fours ; on trouvera dans le volume qui traite des fabrications spéciales (1) les variantes résultant des nécessités de la température à obtenir ou de conditions particulières.

En principe, on dispose un foyer soit au bois soit au charbon (voir fig. 72) à la base du four ; les produits de la combustion se distribuent par une série d'ouvertures, disposées généralement de façon à ne pas diminuer la résistance du plancher dans la chambre de chauffe où se fait la cuisson ; de la chambre de chauffe, les gaz brûlés passeront par un ou plusieurs conduits dans la cheminée.

Les dimensions des ouvertures du plancher et de la voûte supérieure du four doivent être établies de façon à laisser les gaz le plus longtemps possible en contact avec le produit à cuire.

(1) Auscher et Quillard, *Les Industries céramiques, terres cuites, tuiles, briques, faïences, grès et porcelaine*. Paris, 1901 (*Encycl. industrielle*).

L'inconvénient de ces fours est qu'ils ne peuvent s'adapter qu'à une fabrication très élastique au point de vue du point de cuisson. En principe suivant le voisinage ou l'é-

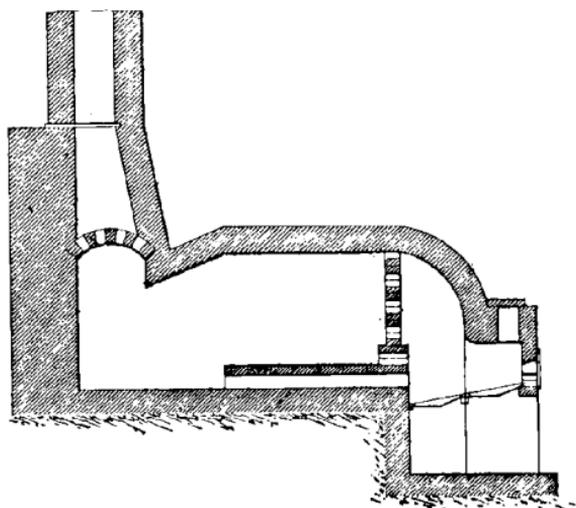


Fig. 72. — Four voûté à axe horizontal (au charbon).

loignement du foyer, il y a des produits dont le degré de cuisson est très varié. Ce genre de fours est employé dans la fabrication des briques, des faïences grossières vernies à l'alquifoux, de certains grès, enfin des porcelaines chinoises.

**Classe E. Fours voûtés à axe vertical à flammes directes.** — Cette classe de fours est celle qui est le plus répandue. Ainsi qu'on pourra s'en rendre compte par la figure 73, qui représente un four à porcelaine à deux étages, le combustible est brûlé dans des foyers (ou alandiers) A ; il passe à l'intérieur des chambres de chauffe M par les carneaux B.

Lorsque, dans ce système, la cuisson est terminée dans la chambre inférieure, on met le feu à la seconde chambre et l'on utilise en M' les chaleurs perdues du bas en y fai-

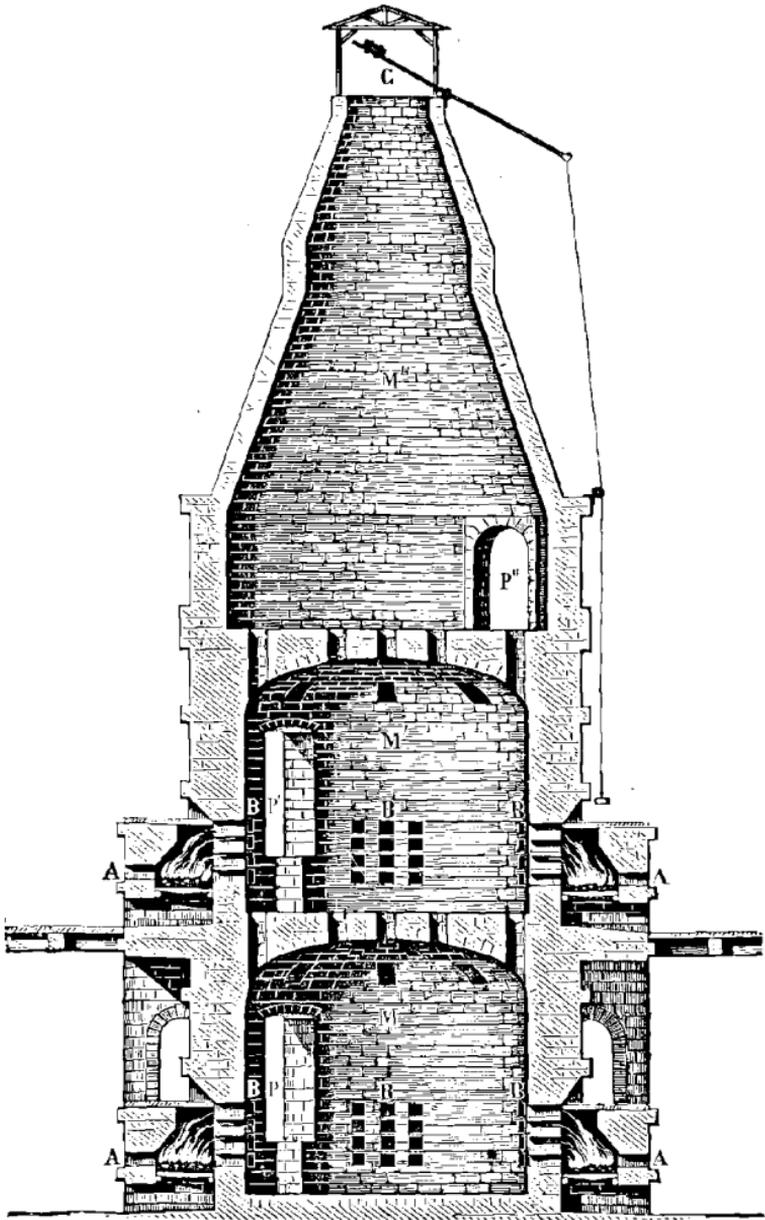


Fig. 73. — Four à flammes directes à deux étages de foyers.

sant passer des produits nécessitant une température moins élevée (dégourdi).

Ces fours peuvent être chauffés au bois, ou au charbon ; les foyers peuvent être très divers de forme, suivant les conditions à remplir ; ces foyers seront étudiés ultérieurement.

On comprend que, dans les fours de ce genre, il y ait encore une grande irrégularité ; le voisinage ou l'éloignement des foyers dans un plan vertical ou horizontal sont des causes de différences de température ; de plus il s'établit des courants souvent directs entre les foyers et les carneaux de sortie de gaz, qui sont préjudiciables à la cuisson. Enfin l'atmosphère du four est irrégulière par suite même des vitesses de circulation des flammes.

Aussi a-t-on presque partout adopté le four à flammes renversées.

**Classe F. Fours voûtés à axe vertical à flammes renversées.** — Dans la figure 74 qui indique le principe de ce système, on voit dans la coupe verticale COD, à droite, un foyer au charbon dont les produits de la combustion pénètrent dans le four, d'une part par la périphérie du four grâce à des murettes spécialement disposées à cet effet et d'autre part, par le centre du four, ainsi que l'indiquent les flèches.

Le type de four décrit comprend ainsi six foyers. Les flammes entourent les produits ou les cazettes qui les contiennent, se brassent et se mélangent, et sortent par une série de six carneaux ronds, disposés dans la sole du four, d'où elles sont évacuées vers la cheminée.

Dans ces fours, les produits ou les cazettes ne sont pas soumis à l'action directe des flammes ; on peut donc empiler plus de produits ou de cazettes ; par suite du double passage des flammes en montant et en descendant, il y a meilleure utilisation du combustible ; d'où grande économie sur le système à flammes directes ; mais il faut

toujours un appel suffisant pour empêcher les flammes de rester sous la voûte. On pourra faire passer les gaz sortant du four directement à la cheminée, comme l'indique la fig. 74; on peut aussi disposer une série de fours les uns à côté des autres et forcer les gaz à passer successivement des uns dans les autres, pour réaliser un chauffage continu.

Enfin on pourra faire remonter les flammes dans une seconde chambre située au-dessus de la première et, dans ce *globe* utiliser, pour une cuisson à plus basse température, la chaleur perdue. Ce sera le cas du four à flamme renversée, qui sera décrit à propos de la fabrication de la porcelaine.

### 3<sup>e</sup> Famille. — Fours à gazogènes.

**Classe G. Fours à gazogènes.** — Dans les diverses sortes de foyers qui vont être décrits, on procède à la combustion de la houille ou du bois pour développer, en même temps que la température nécessaire, l'atmosphère convenable. Cette combustion pure est accompagnée de la simple et médiocre utilisation du combustible.

Si l'on fait, au contraire, arriver méthodiquement le combustible sur la grille, de façon à distiller d'abord tous les produits volatils, et transformer la houille en coke d'une part, en hydrocarbures de l'autre; à brûler ensuite imparfaitement ce coke pour le transformer en oxyde de carbone, on aura obtenu, par ce fait, un mélange gazeux contenant de l'azote, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène et de l'hydrogène carboné. Si on vient à allumer ces gaz avec un comburant qui est l'air, on produira une température plus élevée que celle du foyer, et que l'on pourra, étant donnée la facilité qu'il y a de faire circuler les gaz, produire au point voulu.

Comme dans la combustion, l'air doit atteindre la tem-

pérature de cette combustion,) ce qu'il fait au détriment de

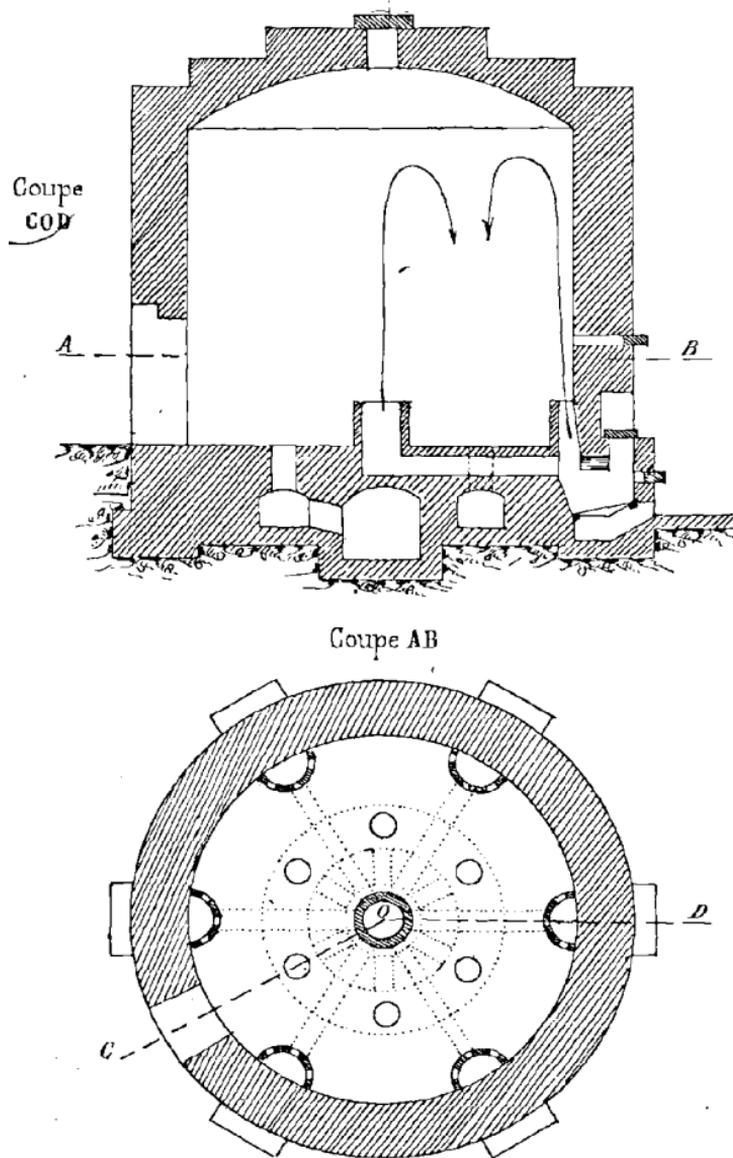


Fig. 74. — Four à flammes renversées.

la température de la flamme, il y a intérêt à chauffer l'air

à la température la plus haute possible avant de le conduire au point d'allumage; ceci nous conduit à étudier les diverses sortes de foyers.

### FOYERS

Les foyers doivent être établis de façon à brûler un des divers combustibles tels que bois, anthracite, coke, charbon, combustibles liquides, de la façon la plus complète et de façon à permettre le réglage facile, la variabilité d'atmosphères oxydante, réductrice ou neutre, l'enlèvement commode des cendres, scories ou mâchefer. Nous étudierons ici les foyers les plus usités, capables de brûler le bois ou les charbons de diverses sortes.

*Foyers au bois ou alandiers.* — Les alandiers, qui

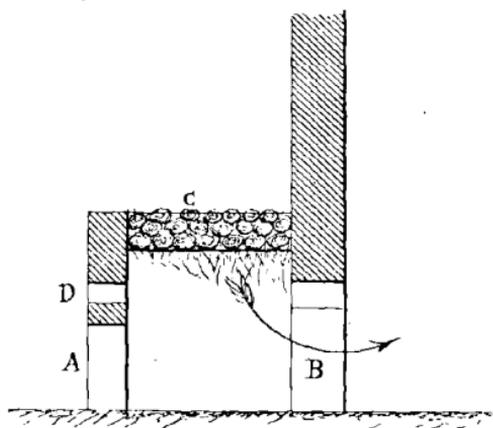


Fig. 75. — Alandier (coupe).

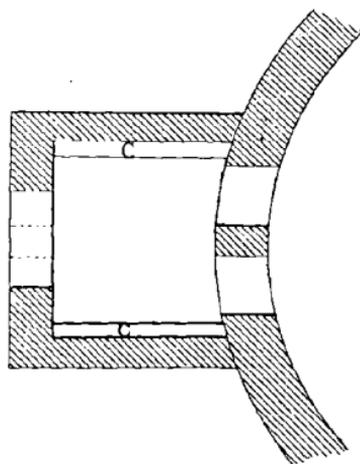


Fig. 76. — Alandier (plan).

sont les foyers servant à brûler le bois, sont formés par de vastes cubes de maçonnerie réfractaire, dont la partie supérieure est ouverte; deux des côtés présentent des orifices destinés, l'un à la rentrée de l'air A, et au besoin

au débraisage, l'autre B au passage de la flamme dans le four ; la partie supérieure de ce cube C est disposée de façon à pouvoir être recouverte, à un moment donné, de bûchettes de bois parallèles, à travers lesquelles se fera l'aspiration de l'air destiné à la combustion.

Pendant la période de *petit feu*, on chargera l'alandier de gros bois, qui brûlera grâce à l'air venant par l'orifice D, et dont la flamme pourra pénétrer dans le four, parce que la partie supérieure de l'alandier sera recouverte d'une plaque de tôle. On procédera au *grand feu* en recouvrant le rebord de bûchettes, qui s'allumeront par dessous et formeront une flamme longue qui pénétrera dans le four en produisant une très haute température. Ces bûchettes qui brûlent par la partie inférieure ne laissent ressentir extérieurement aucune chaleur.

### Foyers au charbon.

Le foyer le plus simple est le foyer constitué de barreaux de grille B parallèles ; la porte de chargement C étant en face du carneau d'entrée D dans le four ; le décrassage se faisant par en dessous, soit en E soit en F (voir fig. 77).

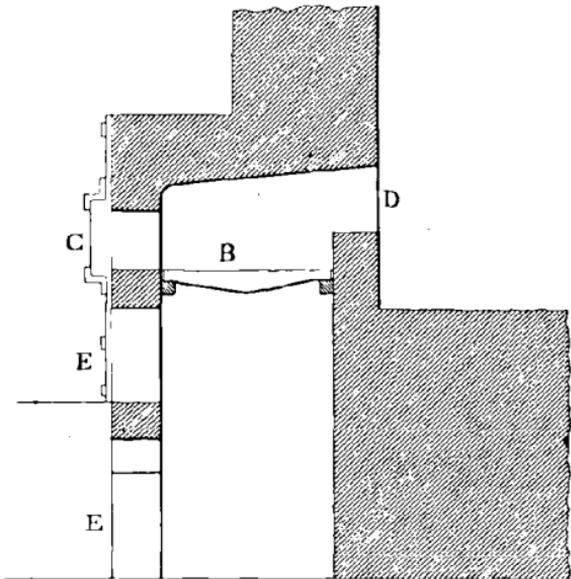


Fig. 77. — Foyer au charbon.

Mais il y aura intérêt, surtout pour la facilité de la ma-

nœuvre, la continuité de cuisson, à charger le combustible par en dessus. La fig. 78 montre un foyer de four à porcelaine allant au charbon ; il y a déjà une intention de foyer

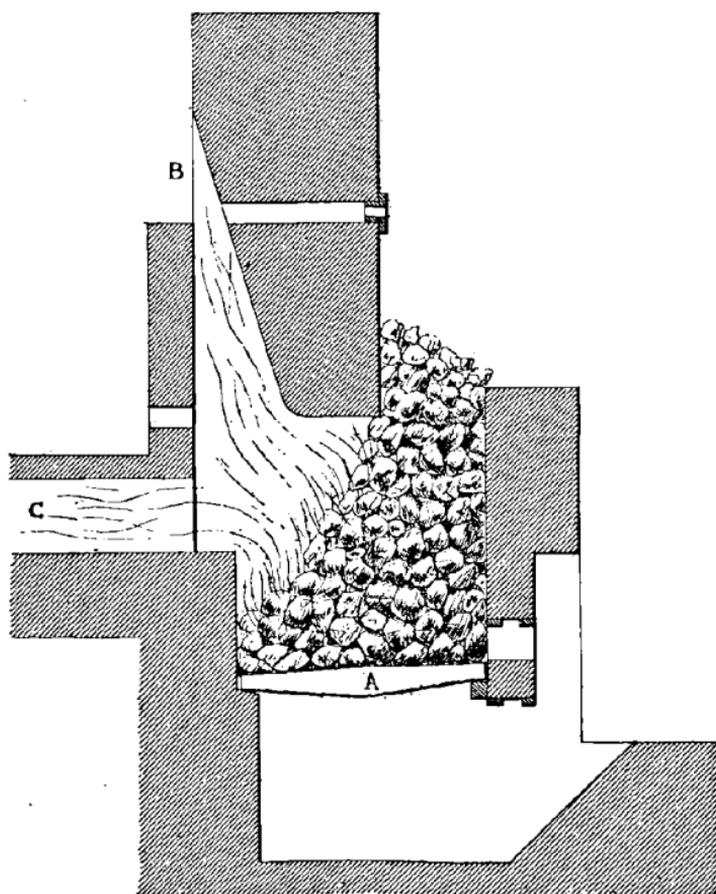


Fig. 78. — Foyer chargé par la partie supérieure.

gazogène, vu que le combustible est distillé partiellement avant d'être brûlé. La grille A reçoit une forte couche de combustible, qui se distribue à la fois à l'intérieur du four en B et sous la sole en C.

Il y aura toujours intérêt à disposer, dans les massifs qui entourent ces foyers, des canalisations d'air qui s'échaufferont au contact des parois. L'air chaud produit devant, suivant les cas, être envoyé sous la grille ou, au contraire, mélangé à la flamme pour provoquer une meilleure combustion.

Lorsque la distillation du combustible sera complète avant sa combustion en oxyde de carbone, on aura un foyer gazogène.

**Foyer gazogène.** — Donnons comme exemple le type du foyer Boëtius, qui a été appliqué à l'industrie de la

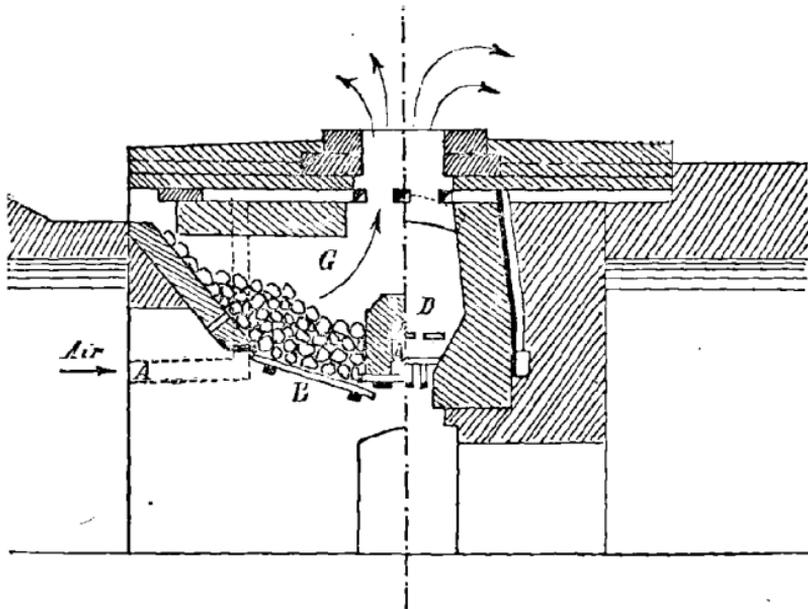


Fig. 79. — Foyer gazogène Boëtius.

faïence fine. La figure 79 en indique les lignes principales.

Le four à flammes renversées pénétrant par le milieu et sortant par les parois, est muni, à sa partie inférieure,

de deux gazogènes G, situés au-dessous du four; on charge le combustible par des orifices latéraux; la distillation se fait sur une murette inclinée, le coke se brûle sur la grille B, où il devient rouge. L'air vient librement sur cette grille où la couche de combustible est assez épaisse pour que l'acide carbonique produit puisse se transformer en oxyde de carbone. Donc, tous les produits de distillation et de combustion incomplète vont se réunir dans le gazogène G.

D'autre part, on fait arriver l'air froid en A et en D; cet air circule dans les maçonneries les plus chaudes du four qu'il refroidit en même temps qu'il s'échauffe et viendra provoquer l'allumage à l'intérieur du four, donnant lieu à une combustion complète et à une bonne utilisation de combustible.

On peut modifier, à l'infini, cette disposition pour permettre, suivant les cas, l'arrivée d'un plus ou moins grand volume d'air chauffé à une température variable et modifier, par suite, l'atmosphère et la température du four. Mais ces foyers n'ont été qu'un acheminement vers les gazogènes.

**Gazogènes.** — Ces appareils ingénieux ont été inventés par MM. Siemens frères; ils sont destinés à remplacer complètement les combustibles solides par des combustibles gazeux conduits au point utile par des canalisations spéciales et à permettre un réglage parfait de la température.

Pour certaines industries, on a appliqué de plus la *récupération*, en utilisant la chaleur qu'ont encore les gaz après leur travail pour chauffer l'air de la combustion et surchauffer les gaz du gazogène. Mais cette récupération, souvent appliquée dans les industries métallurgiques et dans celle de la verrerie, n'a pas encore, à ma connaissance, trouvé d'application céramique industrielle.

Le *gazogène Siemens*, au contraire du foyer Boetius, est entièrement, hermétiquement fermé. Le combustible est introduit par le haut au moyen de boîtes de chargement en fonte, munies, à leur base, d'une trappe dont la ferme-

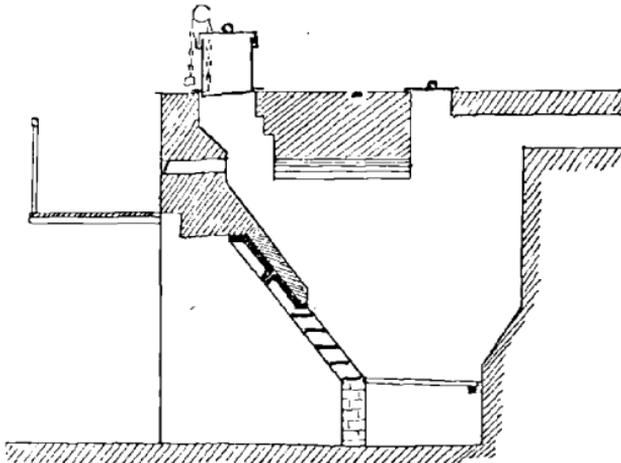


Fig. 80. — Coupe d'un gazogène Siemens.

ture est assurée par le moyen d'un contre-poids ; la partie supérieure est munie d'un joint hydraulique. Comme la chaîne traverse le couvercle de la boîte de chargement, on refait, après chaque opération, un joint en cet endroit avec un peu de terre à four. Le chargement se fait dans la boîte en ouvrant le couvercle ; le couvercle est remis, la trappe agit, et le combustible descend sur la grille dont les dimensions et l'inclinaison dépendront et de la nature du combustible et de la quantité de gaz à produire ; l'inclinaison de  $45^{\circ}$  convient pour une houille maigre, celle de  $80^{\circ}$  pour une houille très grasse.

La houille se distille sur la partie maçonnée du haut et devient incandescente sur une grille à gradins ou à étages où se produit l'oxyde de carbone.

Les cendres et les mâchefers sont récoltés sur la grille horizontale qui forme le fond du gazogène.

On peut disposer cette grille très près d'une nappe d'eau qui sera alors distillée par le mâchefer, dissociée, en même temps que le coke, en donnant de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone; on arrive ainsi à augmenter la richesse des gaz en produits combustibles.

Si le combustible a tendance à boursouffler ou à s'agglomérer, on disposera latéralement des ouvertures pour briser la couche de combustible au moyen de pics.

On aura des gaz de composition variable suivant la manière de tenir les grilles.

L'épaisseur de chargement varie; avec des houilles maigres, on aura 0<sup>m</sup>,75; avec des houilles grasses jusqu'à 1<sup>m</sup>,50 d'épaisseur.

Si le gazogène marche à allure chaude, on aura 25 0/0 d'oxyde de carbone et 5 0/0 d'acide carbonique; à allure froide, 15 0/0 d'oxyde de carbone et 10 0/0 d'acide carbonique.

La mise en train se fait en chargeant du bois sur la grille inférieure que l'on couvre petit à petit de charbon jusqu'à ce que les gradins soient masqués. On reconnaît que le gazogène est en pleine marche lorsque la flamme à l'intérieur est d'une couleur bleue particulière. A la sortie de la chambre des gaz la température des gaz est de 450° à 550° centigrades suivant l'allure du gazogène.

On se sert aussi bien de gaz produit ainsi que de gaz d'eau obtenu en projetant à l'intérieur de la masse de combustible sur la grille un courant de vapeur d'eau. L'eau se décompose en hydrogène et oxygène et est accompagnée d'une absorption de chaleur qui fait que le charbon se refroidirait si l'on ne faisait pas rentrer d'air pour remettre le coke en incandescence.

On obtiendra une bonne alternance avec 4 à 5 minutes de projection de vapeur, puis 12 à 16 minutes de projection d'air.

Voici, d'après M. Lefèvre (1), la composition et la valeur de combustion en calories pour un mètre cube de gaz de gazogène ordinaire et de gaz d'eau d'après des expériences faites à l'usine Krupp à Essen.

NATURE DES ÉLÉMENTS	COMPOSITION pour 1 m. cube.		VALEUR de combustion en calories.	
	Gaz de gazogène	Gaz d'eau	Gaz de gazogène	Gaz d'eau
Oxyde de carbone. . .	237	440	723	1342
Carbure d'hydrogène. .	19	4	162	34
Hydrogène . . . . .	65	486	168	1254
Azote . . . . .	639	37	0	0
Acide carbonique. . .	40	33	0	0
	1000	1000	1053	2630

Le ou les gazogènes sont disposés généralement à une extrémité du massif des fours continus, la galerie de cuisson pouvant être divisée ou non par des cloisons.

**Fours à gazogènes sans cloisons.** — S'il n'y a pas de cloisons, on disposera entre les deux rangs de chambres un carneau de fumée surmonté d'un carneau servant à la distribution du gaz (système Gastellier et Fillard). Les voûtes du four présentent des orifices munis d'obturateurs mobiles; ce sont les trous de chauffage; quant au carneau de gaz il porte aussi à sa partie supérieure des trous disposés au droit des trous de chauffage et fermés par le moyen d'obturateurs mobiles.

Les gaz se brûlent dans des tuyaux en terre réfractaire percés de trous, formés de parties s'emboîtant les unes dans les autres et appelées *chandelles*. Les chandelles sont

(1) Lefèvre, *La Céramique du bâtiment*.

ATSCHER. Technologie de la Céramique.

mobiles et se disposent sous les trous de chauffage.

Dans ces fours, il n'y a plus de puits de chauffage (voir page 203); mais on dispose les chandelles sous les trous de la voûte et on continue à enfourner en laissant libre l'espace entre deux chandelles, c'est dans cet espace, régnant sur toute la section du four, que se fait la combustion.

On commence par faire rougir avec du bois une partie du four, puis on met le gazogène en marche et on allume les chandelles (dans les fours le nombre des chandelles varie de 2 à 6 par chambre suivant les conditions du travail). Le débit du gaz est réglé par des vannes placées sur la conduite mobile qui alimente les chandelles. On règle ensuite la porte II (voir fig. 71), comme dans le système Hoffmann.

L'atmosphère est normalement oxydante, mais on peut la rendre réductrice, en augmentant la proportion de gaz et en diminuant le tirage.

Le réglage de ces fours est facile, et l'on peut y obtenir la température nécessaire pour des grès cérames.

**Fours à cloisons ou à chambres.** — Nous donnerons comme type le four à grès de Rambervilliers. Les gaz sont allumés au haut d'une chambre de grand feu, passent à travers la masse à cuire, puis dans l'intervalle entre deux chambres pareilles et sont renversés avant de gagner la chambre suivante, qui est en petit feu. Les flammes sont ainsi renversées autant de fois qu'il y a de chambres en service. Ce système est économique et donne de bons résultats.

Nous signalerons encore comme four de ce genre, le four rond à 14 compartiments de 20 mètres cubes, établi au Creusot pour la cuisson de produits réfractaires et marchant au gaz à l'eau; dans ce système, le gaz pénètre en dessous de la sole, s'allume un peu au-dessus, puis se renverse pour passer au compartiment voisin.

## MOUFLES

On donne le nom de *moufles* à des fourneaux céramiques dans lesquels la matière à cuire est entièrement isolée de la flamme par une paroi céramique épaisse.

Les moufles sont de véritables cazettes de grande dimension, où l'on cuit les poteries et les décors sensibles à l'action des fumées.

## MOUFLES A FLAMMES DIRECTES

Ils sont essentiellement constitués par un foyer au bois ou au charbon, qui est recouvert d'une voûte, sur laquelle est disposé le moufle ; les flammes chauffent le moufle extérieurement. Ce moufle est muni à sa partie supérieure d'une cheminée pour l'évacuation des buées du moufle ; en avant sur la porte qui est remise en place pour chaque cuisson, on dispose une lunette, qui permet de surveiller la cuisson et de tirer des montres.

MOUFLES A FLAMMES  
RENVERSÉES.

En général ces appareils sont formés de demi-moufles AA accouplés et l'on fait circuler la flamme, soit de l'intérieur vers l'extérieur, soit de l'extérieur vers l'intérieur. Le moufle, dont la figure 79 donne le dessin, a le retour de flammes vers l'intérieur. Le combustible est brûlé sur les

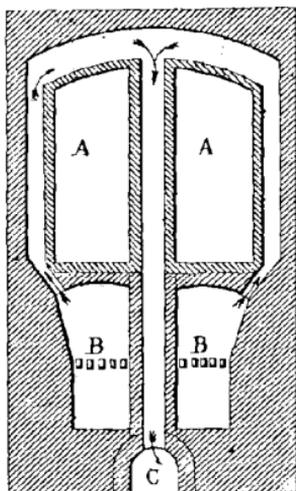


Fig 81. — Moufle à flammes renversées.

grilles B et les flammes suivent le chemin indiqué par les flèches avant de s'en retourner au carreau C, qui est en communication avec une cheminée.

### MOUFLES A CUISSON CONTINUE A CHAMBRE UNIQUE

Nous décrirons, parmi les nombreux systèmes imaginés, le système Furbringer (1).

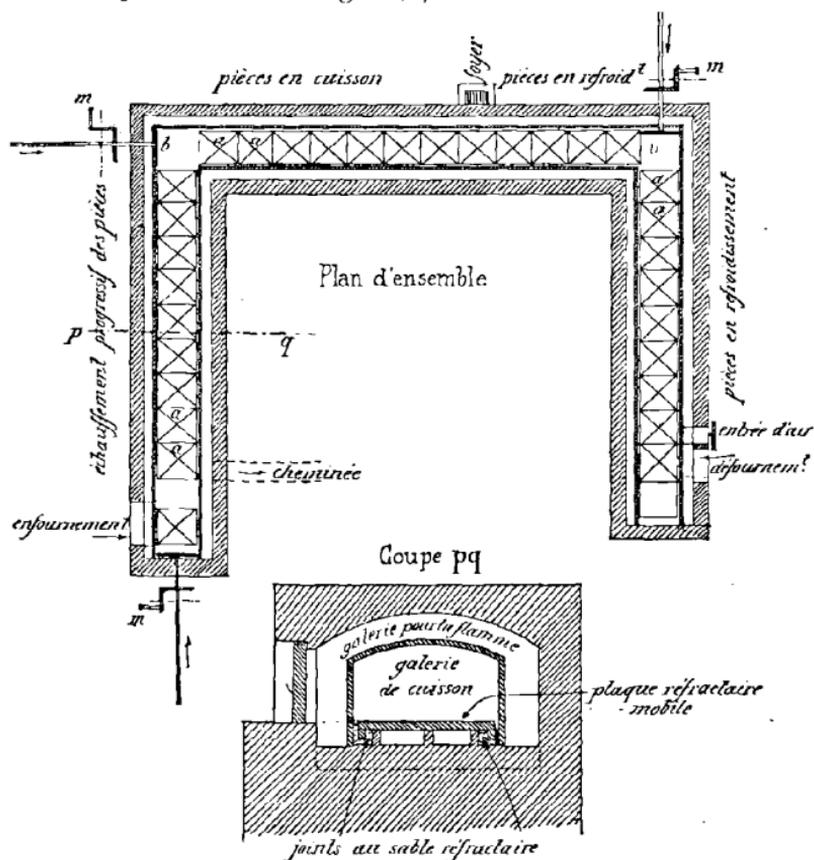


Fig. 82. — Moufle Furbringer.

*aa*, plaques réfractaires portant les pièces à cuire; *mm* manivelle actionnant les bouchiers *bb*.

(1) Coffignal, *Verres et émaux*.

Les moufles sont formés par une galerie voûtée à double

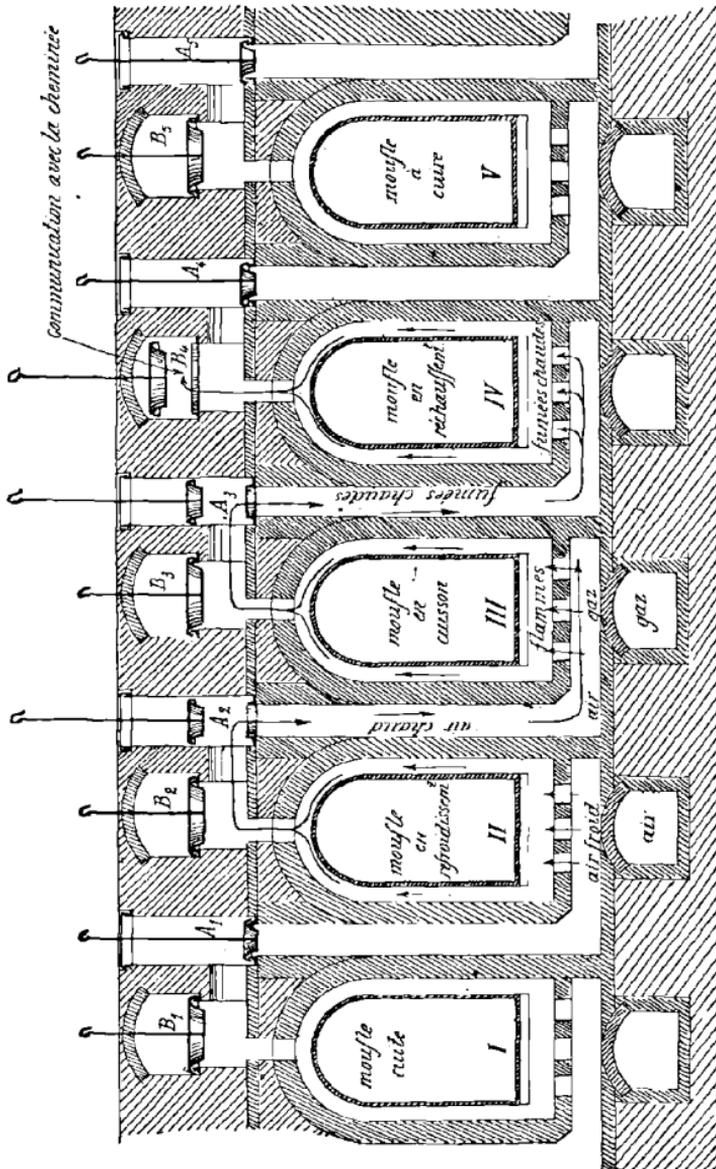


Fig. 83. — Moufle continu à gaz, système Mendheim.

paroi, constituée par un carneau où les gaz peuvent circuler.

ler autour de la galerie, en décrivant un chemin hélicoïdal pour se rendre à la cheminée. Le foyer est un alandier chauffé au bois, un foyer au charbon ou un brûleur à gaz. L'air comburant s'échauffe en circulant de la porte de défournement jusqu'au foyer.

Les pièces à cuire sont disposées sur des plaques réfractaires, que l'on fait avancer en les poussant au moyen de boucliers actionnés par des manivelles.

La marche de cet appareil est continue.

#### MOUFLES A CUISSON CONTINUE A CHAMBRES MULTIPLES

La figure 83 représente le système Mendheim, appliqué aujourd'hui dans l'industrie de la porcelaine, et fait comprendre facilement le mécanisme de ce système.

Trois chambres sont en prise pendant la cuisson d'un moufle et le chauffage au gaz se fait par le moyen des clapets.

Si l'on veut faire cuire la moufle n° 3, la manœuvre sera la suivante :

Moufle II en refroidissement	{ clapet B2 fermé } { — A2 levé }	} Pair s'échauffe
Moufle III en cuisson	{ clapet B3 fermé } { — A3 levé }	
Moufle IV se réchauffe	{ clapet B4 levé } { — A4 fermé }	

C'est donc l'air échauffé par son passage en II, qui brûle les gaz sous les moufles III.

## CHAPITRE X

## FOURS D'ESSAIS

Les céramistes obligés sans cesse d'améliorer leur fabrication, d'essayer de nouvelles matières, ne peuvent pas

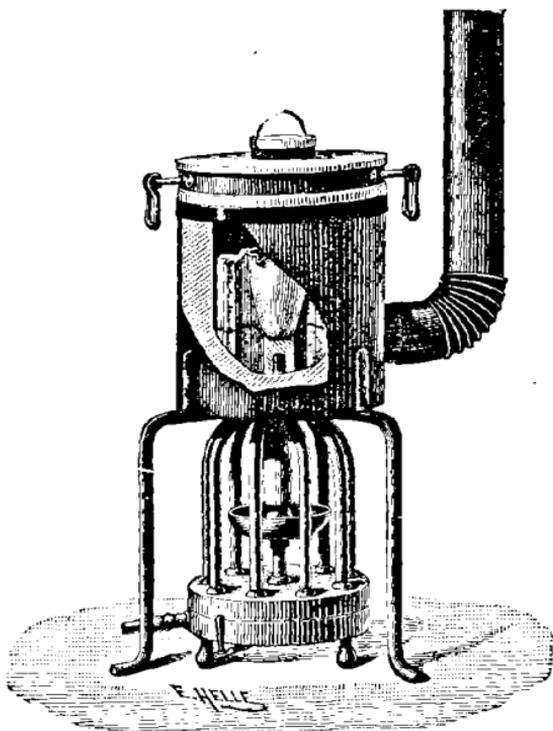


Fig. 84. — Four Perrot (*Adnet, à Paris*).

attendre les résultats des fours, surtout de fours intermittents pour éprouver les couleurs, les pâtes, les terres à cazettes, etc. Ils sont tenus de se servir de fours d'essais.

Le four au gaz d'éclairage système Perrot et le four aux huiles lourdes de Sainte-Claire-Deville, qui cuisent en quelques heures et dont le refroidissement est rapide, permettent de faire des essais répétés.

Le four Perrot (fig. 84) produit autour d'un creuset dans lequel se trouve l'échantillon à cuire, une température élevée, mais avec règlement assez difficile de l'atmosphère.

On se sert surtout aujourd'hui du four intensif du professeur Seger, directeur de la manufacture de Charlottenbourg (fig. 85).

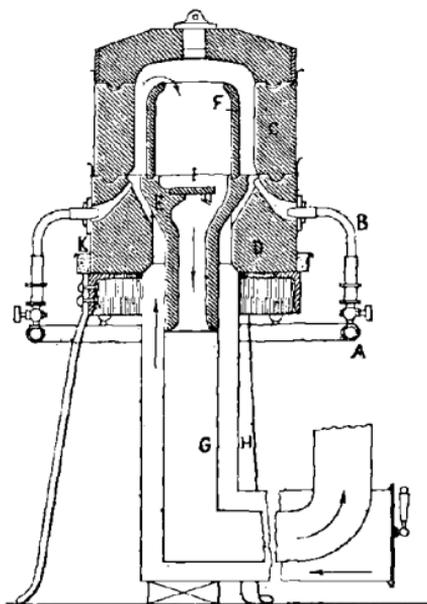


Fig. 85. — Coupe du four Seger.

Cet appareil se compose d'un cylindre en terre réfractaire CD, serré dans une tôle d'acier et fermé en haut par un couvercle en forme de coupole, qui repose sur une couche de sable et présente un regard destiné à observer la flamme; la partie inférieure D est conique et s'appuie sur un support K garni de sable; l'obturation est ainsi

complète. Le cylindre est percé latéralement d'une série d'ouvertures de formes spéciales, destinées à laisser pénétrer le gaz provenant de becs Bunsen B, disposés sur une rampe circulaire A. La partie inférieure du cylindre supporte un cône évidé en terre réfractaire E. Ce cône se continue par un tuyau de tôle G, deux fois recourbé à angle droit; ce dernier est destiné à conduire à la cheminée les gaz de la combustion. Autour de ce tuyau de tôle, on en dispose un autre H plus large, qui l'enveloppe sur une grande longueur, qui amène l'air destiné à la combustion en le réchauffant au contact de la paroi du conduit central. La récupération peut même se faire dans une sorte de poêle à côté du fourneau. L'extrémité froide du récupérateur peut être ouverte ou fermée au moyen d'une virole, l'autre extrémité aboutit au-dessous du cylindre et se fixe au support annulaire.

Le cône mobile et évidé supporte une cazette cylindrique qui s'élève jusqu'à une distance de quelques centimètres au-dessous du couvercle et dans laquelle seront placés les objets destinés à être chauffés.

Entre ce cône et la paroi intérieure du cylindre, sont ménagées des ouvertures aboutissant juste au-dessous de celles qui correspondent aux becs Bunsen, pour amener l'air extérieur ayant passé dans le récupérateur.

Le four doit être adapté à une cheminée pourvue d'un fort tirage. On peut obtenir à volonté l'atmosphère oxydante ou réductrice. L'opérateur a toujours tendance à laisser pénétrer trop de gaz, qui brûlera alors incomplètement, il faut réduire la consommation pour obtenir le maximum de température avec le maximum d'économie.

Pour chauffer en flamme oxydante, on brûle le moins de gaz possible, en laissant ouvertes les viroles des becs Bunsen et l'extrémité du récupérateur; une fois le rouge atteint, la flamme est invisible. Si l'on veut obtenir un mélange réducteur, on aura avantage à fermer un peu les viroles des

Bunsen en laissant pénétrer tout l'air du récupérateur.

On peut évaluer à 600° au moins la température de l'air qui entre dans le four. En bonne marche, on ne doit entendre aucun ronflement.

Ce four très économique donne d'excellents résultats, qu'il faudra, lorsqu'ils seront définitifs, appliquer au four ou au moufle pour s'assurer de leur réalité industrielle.

Mais on obtiendra encore plus facilement des températures élevées, avec réglage commode de l'atmosphère, en employant le four à moufle de M. Damour, dont la chambre de chauffe est plus grande que celle des fours antérieurement décrits.

Pour permettre la combustion complète et sans excès d'air du gaz nécessaire à l'obtention de températures élevées, dans un espace aussi restreint que le périmètre d'un moufle de laboratoire, sans avoir besoin d'un tirage forcé par cheminée ou ventilateur; pour obtenir en même temps une température très égale, il existe deux dispositifs qui sont fondamentaux dans ce nouveau four et qui expliquent son bon fonctionnement : ce sont la cloison de renversement de la flamme et le chauffage symétrique.

La cloison de renversement de la flamme B située entre le moufle et la voûte a un rôle multiple : obligeant la flamme à contourner deux fois le moufle, elle en allonge le parcours et permet à la combustion de s'opérer plus lentement c'est-à-dire avec un moindre tirage. Placée entre deux portions de la flamme, elle forme contre le refroidissement une paroi isolante d'une efficacité d'autant plus grande que chauffée sur ses deux faces elle ne laisse passer que peu de chaleur par conductibilité; elle sert enfin de régulateur de chaleur et évitant le contact de la flamme avec le moufle pendant la période d'allumage, donne un échauffement régulier précieux pour les cuissons céramiques.

La symétrie des brûleurs est un autre facteur de la régularité de la chauffe, car les parois du moufle sont chauffées

de part et d'autre par des portions de la flamme identiques de même température.

La symétrie par rapport à un plan ne s'applique d'ailleurs pas seulement aux brûleurs, mais à tous les organes du four, la cloison de renversement est percée en haut et

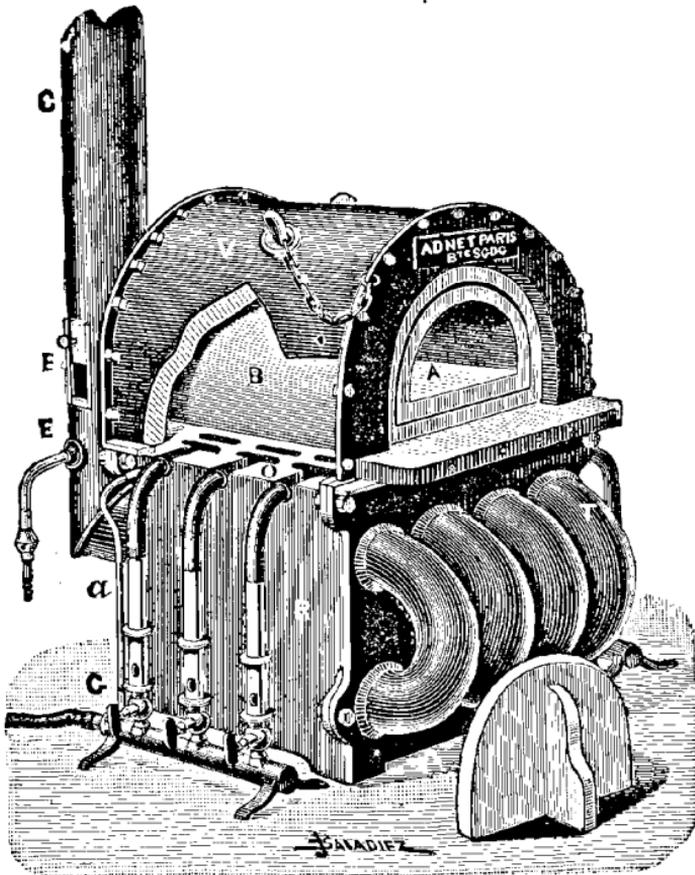


FIG. 86. — Four d'essai Damour (Adnet, à Paris).

en bas par les orifices d'entrée et de sortie de la flamme dans le plan de symétrie, la circulation de la flamme se fait par nappes parallèles à l'axe de symétrie jusque dans le

récupérateur : le récupérateur tout entier est symétrique par rapport à un plan. C'est une disposition fort avantageuse pour le chauffage des moufles, car elle permet de leur donner telle longueur que l'on juge convenable sans autre modification qu'un allongement du récupérateur et une augmentation du nombre des brûleurs.

Le four représenté par la fig. 86 se compose d'une boîte de récupération entièrement en fonte renfermant des tuyaux de fonte où circule l'air à chauffer et quelques cloisons en fonte destinées à diriger la circulation des fumées ; l'ensemble est combiné de telle sorte que les fumées circulent en nappes parallèles à l'axe du four symétriquement de part et d'autre, tandis que l'air chemine dans le serpentifère des tuyaux et se rend en dernier lieu dans une boîte à air chaud située immédiatement au-dessous des brûleurs et couverte par les pièces réfractaires O portant les arrivées d'air et de gaz. L'air, arrivant par ces pièces O, rencontre le gaz amené par les brûleurs, la flamme ainsi produite contourne la cloison de renversement B, enveloppe le moufle jusque sous la sole et s'échappe dans le récupérateur par une fente médiane dans le plan de symétrie.

Le récupérateur, dont la construction en fonte assure la résistance et la durée, est en outre construit de telle façon que toutes les parties peuvent être démontées et changées, il en est de même du moufle intérieur et du moufle de renversement.

CHAPITRE XI

MESURE DES HAUTES TEMPÉRATURES

La cuisson des poteries doit se faire à un degré qu'il importe de déterminer d'autant plus exactement qu'il s'agit d'une fabrication plus soignée et qu'on est plus proche du point de fusion. Il s'agit d'ailleurs moins de mesurer exactement cette température que de pouvoir reconnaître une température égale à celle qui a été, dans chaque cas particulier, reconnue bonne par la pratique. D'où l'emploi très fréquent des *pyroscopes*, qui permettent de résoudre ce dernier problème, et l'emploi exceptionnel des *pyromètres*, qui sont d'un maniement parfois difficile et souvent incompatible avec la pratique industrielle.

Le procédé le plus simple pour apprécier la température consiste à l'observer avec l'œil; c'est aussi le plus incertain, qui a surtout le défaut de donner des résultats variables suivant les observateurs. Les chiffres généralement adoptés pour l'appréciation des températures suivant la couleur sont résumés dans le tableau suivant dû à Pouillet :

Rouge naissant . . . . .	525° centigr.
Rouge sombre . . . . .	700 —
Cerise . . . . .	900 —
Cerise clair . . . . .	1,000 —
Orangé foncé . . . . .	1,100 —
Orangé clair . . . . .	1,200 —
Blanc . . . . .	1,300 —
Blanc éblouissant. . . . .	1,500 —

Les indications de ce tableau sont d'ailleurs généralement trop élevées.

Les *pyroscopes* ou *montres* donnent une estimation toujours plus exacte du feu et sont d'un usage très simple. Les montres consistent généralement en fragments de pote-

rie qu'on a recouverts de la glaçure qu'il s'agit de cuire ou de couleurs vitrifiables sensibles. On retire ces fragments à différents moments de la cuisson, et, suivant l'état de la glaçure ou de la couleur, on juge du degré de cuisson obtenu.

Pour la cuisson des pièces décorées, on fait toute une gamme de couleurs à base d'or qui permet d'obtenir une assez grande sensibilité.

Ces montres doivent être retirées du four pour qu'on puisse les observer et en tirer des conclusions : c'est là un assez grave inconvénient, que ne présentent pas les *montres fusibles*, celles-ci sont d'ailleurs susceptibles d'une plus grande précision.

Les montres fusibles les plus simples semblent devoir être constituées par des métaux purs ou alliés dont le point de fusion est bien défini ; nous donnons dans le tableau suivant les points de fusion des principaux métaux :

Etain. . . . .	233°	Or pur. . . . .	1,045°
Plomb . . . . .	335	Cuivre. . . . .	1,054
Zinc . . . . .	412	Or aux 900/1000	1,180
Antimoine . . . .	440	Fonte blanche .	1,220
Magnésium. . . .	750	Nickel. . . . .	1,400
Argent . . . . .	954	Platine . . . . .	1,775

En réalité l'emploi des métaux présente divers inconvénients, dont le principal est la formation, à la surface des montres, d'une couche d'oxyde provoquée par l'atmosphère du four et qui fait varier le point de fusion.

L'emploi d'alliages formés des trois métaux or, argent, platine, donne lieu au phénomène de la *liquation*, c'est-à-dire à la séparation de l'alliage en ses constituants, d'où résulte une perturbation complète des points de fusion. Leur prix élevé constitue aussi un grave inconvénient.

Aussi l'emploi des montres fusibles, fait avec des mélanges de matières céramiques convenablement dosées, a-

t-il marqué un progrès considérable dans l'industrie céramique. C'est à Sèvres sous la direction de M. Lauth que l'emploi en a été fait d'abord ; leur étude a été poursuivie ensuite par M. Seger, qui a publié une série de compositions de montres fusibles, espacées de 25° en 25°, et allant de 600 à 1800° (1).

Les mélanges, délayés dans de l'eau contenant un peu de gomme adragante, sont moulés dans des moules en laiton qui donnent des pyramides à base triangulaire de 15 millimètres de côté et de 50 mm. de hauteur. Dès que le point de fusion est atteint, la montre s'infléchit, puis tombe. On les dispose dans le four en des points d'où on peut les apercevoir facilement par des regards.

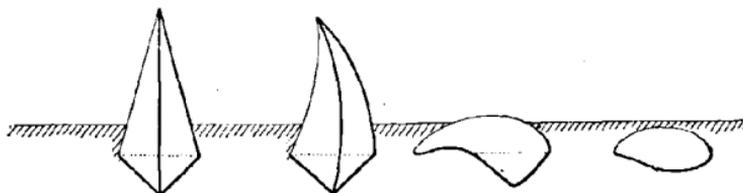


Fig. 87. — Aspect que prennent les montres fusibles en fondant.

Les matières premières entrant dans la composition des montres fusibles le plus généralement employées sont :

- Le feldspath pur de Suède ;
- Le marbre ;
- Le quartz ;
- Le kaolin.

L'oxyde de fer, l'oxyde de plomb, le carbonate de soude et l'acide borique ont été aussi employés par Seger pour des montres très fusibles.

Les montres fusibles les plus employées sont faites avec les mélanges, dont nous indiquons ci-dessous la composition, ainsi que les températures de fusion.

(1) Seger, *Thonindustrie Zeitung*, 1885, p. 125 ; 1886, p. 135 et 229.

COMPOSITION ET POINT DE FUSION DES MONTRES FUSIBLES

Numéros des montres . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Point de fusion (degrés centigrades).	4.150	4.179	4.208	4.237	4.266	4.295	4.323	4.352	4.381	4.410
COMPOSITION DES MONTRES										
Feldspath . . . . .	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5
Marbre . . . . .	35	35	35	33	35	35	35	35	35	35
Quartz . . . . .	66	60	57	54	84	108	132	156	180	204
Kaolin . . . . .	»	12,95	19,43	25,9	25,9	38,35	51,8	64,75	77,7	90,65
Oxyde de fer . . . . .	16	8	4	»	»	»	»	»	»	»
Numéros des montres . . . . .	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Point de fusion (degrés centigrades)..	4.439	4.468	4.497	4.526	4.555	4.584	4.613	4.648	4.670	4.700
COMPOSITION DES MONTRES										
Feldspath . . . . .	83,5	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35
Marbre . . . . .	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Quartz . . . . .	252	300	348	396	468	540	612	708	804	900
Kaolin . . . . .	116,55	142,5	168,3	194,2	233,4	271,0	310,8	362	444,4	466,2
Oxyde de fer . . . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

L'emploi des montres fusibles permet d'être averti du moment où une température déterminée est atteinte, mais il ne permet pas de suivre les variations du four et de s'assurer que la température désirée se maintient constante. C'est le problème que permettent de résoudre, d'une façon plus ou moins satisfaisante, les divers pyromètres.

Ces instruments sont en assez grand nombre, et basés sur des propriétés physiques diverses. Nous nous occuperons seulement des principaux, de ceux qui sont susceptibles d'applications étendues.

*Pyromètre de Wedgwood.* — Le plus ancien des pyromètres employés est celui de Wedgwood, basé sur le retrait de l'argile. Ce n'est à vrai dire qu'un pyroscope d'une sensibilité d'ailleurs assez médiocre, et qui aujourd'hui est surtout du domaine de l'histoire. Cet instrument a néanmoins rendu de grands services pendant de longues années. Le modèle construit par l'illustre potier anglais consistait en une sorte de jauge formée de deux parois inclinées portant des graduations ; on introduisait dans la jauge un cylindre d'argile qui avait subi son retrait ; le point de la jauge correspondant à sa dimension indiquait la température.

Une modification de cet appareil consiste dans l'emploi d'un levier coudé portant une aiguille qui se déplace sur un cadran gradué.

On emploie une baguette d'argile, dont la longueur est mesurée avant son entrée au four ; on règle l'instrument de manière que lorsque le petit bras du levier coudé appuie sur l'extrémité de la baguette d'argile, la pointe de l'aiguille soit au zéro de la graduation. Après cuisson, on amène à nouveau le petit bras du levier au contact d'une extrémité de la baguette d'argile, l'autre extrémité étant à un repère fixe ; l'aiguille indique alors une division du cadran qui marque le retrait.

Les divisions du cadran qui sont égales ne correspon-

dent pas à des écarts égaux de température ; le retrait des baguettes d'argiles n'est comparable qu'à condition d'employer une matière toujours identique ; c'est en somme un procédé fort imparfait.

*Pyromètre à circulation d'eau.* — Le pyromètre à circulation d'eau de Boulier et de Saintignon est un instrument beaucoup plus précis. Il se compose d'un tube de fer placé dans le four où on veut mesurer la température, et dans lequel circule un courant d'eau dont la vitesse et la pression sont convenablement réglées et bien constantes. La différence de température de l'eau, à la sortie et à l'entrée du four, augmente avec la température du four et permet de déterminer celle-ci avec une assez grande approximation.

*Pyromètres électriques.* — Les phénomènes électriques permettent de mesurer avec une très grande exactitude les hautes températures ; mais les appareils basés sur ces phénomènes sont généralement d'un emploi délicat, qui en restreint considérablement l'emploi.

Le *pyromètre de Siemens*, particulièrement précis, est fondé sur la variation de résistance électrique d'un fil de platine avec la température à laquelle il est soumis.

Le *pyromètre thermo-électrique de M. Le Châtelier* est fondé sur le principe suivant : quand on chauffe la soudure de deux métaux, à une température donnée, on y développe une force électro-motrice qui ne dépend que de cette température.

Les deux métaux soudés qui constituent ce qu'on appelle le *couple thermo-électrique* sont généralement le platine et un alliage formé de platine avec 10 % de rhodium ou d'iridium ; on les emploie sous forme de fils de petites dimensions. On peut placer la soudure en n'importe quel point du four, dont on veut déterminer la température. Une installation électrique des plus simples consistant surtout en un galvanomètre très sensible, géné-

ralement de Desprez et d'Arsonval, suffit à la mesure. La graduation s'effectue à l'aide de bains de métaux, dont le point de fusion est connu. Il est nécessaire de la vérifier assez souvent, car le séjour prolongé du couple thermo-électrique à une température élevée, modifiant les propriétés physiques des métaux, fait varier la force électro-motrice que le couple développe. L'instrument étant réglé, une simple lecture de l'échelle du galvanomètre indique la température du four.

*Pyromètres optiques.* — Différents procédés optiques ont été utilisés pour la construction de pyromètres. La méthode optique présente, d'une manière générale, l'avantage d'être appliquée avec des appareils indépendants du four et ne nécessitant pas d'installation.

Le *pyromètre optique de M. Le Châtelier* (fig. 88) est celui de ces instruments qui donne les meilleurs résultats. Il est basé sur la comparaison de l'intensité lumineuse émise par un corps à la température qu'on veut mesurer avec l'intensité émise par une source lumineuse prise comme terme de comparaison. C'est en somme un photomètre.

Il est essentiellement formé par une lunette, avec laquelle on vise la partie du four à étudier ; perpendiculairement est soudé un tube, par lequel arrivent les rayons lumineux émis par une lampe qui sert d'étalon. On interpose des verres plus ou moins foncés de manière à égaliser les deux images juxtaposées.

Pour le réglage de l'appareil, c'est-à-dire la détermination de la température correspondant aux verres fumés interposés, on a recours à l'emploi d'une petite sphère de palladium, chauffée sur la soudure d'un couple thermo-électrique jusqu'à ce qu'il y ait égalité d'intensité lumineuse. La méthode indiquée plus haut permet de déterminer très exactement la série de températures.

La *lunette de MM. Mesuré et Nouel* est basée sur les

phénomènes de polarisation rotatoire ; nous n'insisterons pas sur sa description.

Il est important de noter que les fumées du foyer, qui

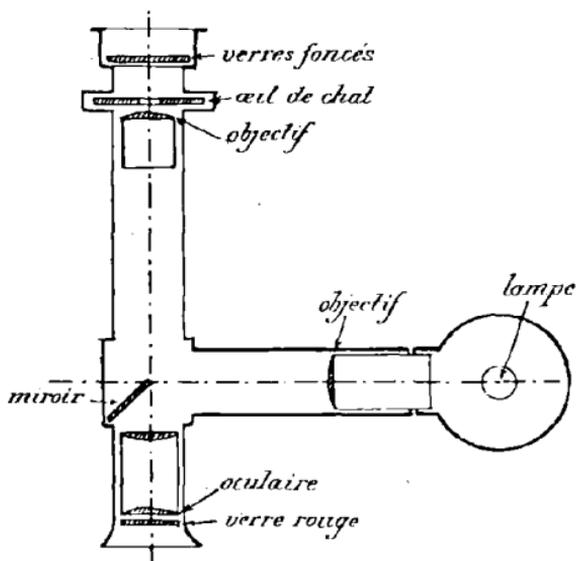


Fig. 88. — Pyromètre optique de M. Le Châtelier.

circulent dans le four, peuvent fausser les indications données par les instruments optiques. On se met à l'abri de cette cause d'erreur en visant, au lieu d'un objet du four, le fond d'un tube de fer fermé à un bout et dont l'extrémité ouverte est au dehors du four.

## CHAPITRE XII

## QUALITÉS ET DÉFAUTS DES CÉRAMIQUES

On comprend facilement que les qualités que l'on exige d'une brique et celles que doit posséder une porcelaine fine sont bien différentes.

Il y a néanmoins certaines règles qui doivent guider le potier.

Tout d'abord les produits doivent avoir des dimensions définies ; s'il s'agit de briques, elles doivent pouvoir s'assembler régulièrement ; pour des assiettes, elles doivent s'empiler mathématiquement.

La résistance des matériaux jouera un grand rôle pour tous les produits qui serviront à l'architecte ou à l'ingénieur ; c'est ainsi que les briques, les tuiles, les tuyaux de grès sont essayés par les diverses administrations qui les emploient dans le but de constater la résistance à la charge ou à la pression.

La porosité devra être également l'objet de recherches attentives, de même que la gélivité, surtout lorsqu'il s'agira de matériaux comme les tuiles qui doivent précisément protéger les habitations contre l'action des pluies, des gelées, des neiges.

Une coloration uniforme est un indice de fabrication régulière et devra être l'objet de l'attention du potier qui n'ignore pas que cette coloration est fonction de la manière dont le feu est conduit.

Que les poteries soient ou non recouvertes d'un vernis, elles doivent être autant que possible inattaquables à l'eau, à l'eau chargée d'acide acétique chaud surtout, car les produits qui laissent attaquer et dissoudre leurs vernis se

détérioreront avec une extrême rapidité et peuvent provoquer des accidents surtout lorsqu'ils contiennent du plomb.

On sait que les faïences grossières de pays sont produites, encore en certaines localités, en saupoudrant à la surface de la terre de l'alquifoux (sulfure de plomb) ou du minium. La silice de la terre forme, avec ces sels de plomb, un cristal plombeux extrêmement facile à dissoudre dans le vinaigre chaud et qui a souvent occasionné de graves empoisonnements.

Nous avons déjà parlé de l'accord qu'il doit y avoir entre les pâtes et les couvertes (p. 62).

Les couvertes doivent être étudiées au point de vue de la fusibilité, de la vitrification et de la dilatation.

Ces enduits vitreux sont posés à la surface des poteries, pour les rendre imperméables ; si leur dilatation n'est pas parfaitement étudiée, la couche de pâte ou de terre, et la couche d'enduit vitreux ne s'accorderont pas ensemble, et suivant que l'une de ces deux couches se dilatera plus que l'autre, nous aurons deux sortes d'accidents, la *tressailure* ou l'*écaillage*.

Si l'on pouvait obtenir des pâtes et des couvertes possédant le même coefficient de dilatation, ces accidents ne seraient pas à craindre.

Ils se produiront même pour une poterie déterminée si le feu est trop faible, car alors la contraction relative des deux couches n'est plus la même ; ils pourront se reproduire si le feu est trop fort.

L'intérêt du potier sera donc de chercher une couverture aussi élastique que possible, permettant d'avoir des produits non tressaillés ni écaillés, avec un feu un peu trop faible ou trop fort.

Souvent, même pour des poteries qui présentent un mauvais accord entre les pâtes et les émaux, et qui semblent bien cuites, il se produit quelques mois, quelques

années après le défournement, sous l'influence d'un choc ou d'une vibration, comme lors d'un passage à un feu de décoration, des tressaillures qui n'existaient pas à la sortie du four.

Si la pâte a un coefficient de dilatation plus faible que la couverte, lorsque le refroidissement se produira, elle se contractera moins que la couche de couverte qui sera tendue et tressaillera.

Les *tressaillures* sont constituées par des lignes fines, tantôt formant des réseaux parallèles, tantôt des quadrillages, qui traversent la couche de couverte et vont jusqu'à la pâte,

Les Chinois, qui ont su préparer des couvertes de dilatations différentes, ont décoré des vases en les recouvrant de bandes présentant des réseaux ou quadrillages de dilatation différente; la décoration de ces produits, dits *craquelés*, est rehaussée par l'introduction, après cuisson, à l'intérieur de ces craquelures d'encre de Chine qui forme des lignes noires.

Les tressaillures peuvent, lorsque la couche de couverte est épaisse, gagner la pâte et provoquer la casse. C'est ce qui a lieu non seulement quand les couvertes n'ont pas la dilatation voulue, mais encore lorsque les pièces sont mal cuites.

L'*écaillage* se produit lorsque la pâte a un coefficient de dilatation plus grand que la couverte; alors ce sera la couche de couverte qui sera comprimée et s'en ira en éclats.

Ainsi que nous l'avons dit, une même glaçure sur une même pâte peut ou non donner des accidents de ce genre, suivant le degré du feu, mais il faut aussi tenir compte de la durée du feu. Avec un feu trop faible, par exemple, une porcelaine tressaillera; si l'on maintient le feu au point voulu, la tressaillure ne se produira plus. Mais si l'on continue de chauffer sans dépasser la température nécessaire, il se produira une réaction de la couverte sur

la pâte, la couverte sera plus terne et il se produira des craquelures.

Si la couche de couverte est trop épaisse, il y aura aussi craquelure, parce que la réaction de la couverte sur la pâte ne sera plus complète, sauf si l'on prolonge le feu longtemps.

Les poteries craquelées, surtout celles dont la pâte est poreuse (faïences), présentent, au point de vue hygiénique, un grand inconvénient, car les liquides pénètrent et fermentent dans ces tressaillures, et les aliments que l'on voudra cuire pourront être altérés ou modifiés par les liquides ou les germes contenus dans ces fêlures.

Une grande qualité des poteries est la *dureté*, qui semble liée partiellement à la porosité ; on reconnaît cette dureté par le choc de deux pièces l'une sur l'autre ; la *densité* doit aussi être étudiée avec soin.

Les expériences de Laurent, de Malaguti et de Salvétat ont montré que les briques, les pâtes de faïence de Paris, ont une densité plus grande que celle de la porcelaine dure ; pour la porcelaine dure, qu'à mesure qu'elle cuit, elle se contracte et diminue de volume d'un dixième, en même temps que de pesanteur spécifique, et ce, dans une proportion énorme.

C'est dans le rapport de 2,619 à 2,242, en passant au milieu de la cuisson, par celle de 2,440 que varie la densité d'une porcelaine durant sa cuisson. Ainsi, lorsque la pâte est cuite en dégourdi, c'est-à-dire lorsqu'elle a été chauffée pendant 10 heures à une température incandescente, de beaucoup supérieure à la fusion de l'argent, lorsqu'elle est encore poreuse et happante, elle présente, réduite en poudre, une pesanteur spécifique de 2,619 ; lorsqu'on la cuit au grand feu, mais seulement à moitié, la couverte n'étant qu'adhérente mais glacée, sa pesanteur a été réduite à 2,440 ; lorsque enfin, elle est parfaitement cuite, cette pesanteur est descendue à 2,242.

Brongniart(1) déduit de ces expériences que la pesanteur spécifique est, en raison inverse du degré de cuisson des poteries ou, ce qui revient au même, que la densité de la poudre de ces pâtes est d'autant moindre que la pâte est plus cuite.

La *tenacité* est une propriété importante pour les pièces destinées à résister au choc ou aux variations de température ; cette tenacité n'a rien à faire avec leur texture.

En effet, les porcelaines tendres résistent bien mieux au choc que les porcelaines dures ou les grès.

On sait aussi que certaines porcelaines éclatent aussitôt qu'on leur fait subir brusquement un changement de température, alors que d'autres sont employées journellement dans les usages culinaires et dans les laboratoires sans casser.

Ce résultat s'obtient par le fait de pâtes et d'émaux dont les coefficients de dilatation sont avoisinants pour une grande étendue. Avant la connaissance des lois physiques qui président à la fabrication des porcelaines et faïences allant au feu, on employait de préférence certaines matières argileuses (argile d'Épieu, argile d'Aue, etc.), qui communiquaient aux pâtes, par la nature de leurs composants, cette précieuse propriété.

Il arrive souvent que le façonnage ait été mal fait, avec des pâtes mal raffermies ou battues, irrégulièrement malaxées, grossièrement moulées ou coulées ; toutes ces malfaçons se traduisent au feu par des gerçures de pâte, des ondulations, du vissage.

Lorsque le séchage a été mal fait, trop vite ou irrégulièrement, surtout lorsque le cœur de la pâte n'est pas desséché, il se produit des éclatements et des fêlures.

Mais lorsqu'il s'agit de pâtes fusibles, comme les porcelaines et les grès, si les supports ne sont pas suffisants et

(1) Brongniart, *Traité des arts céramiques*.

bien compris, si le feu est un peu trop fort, on défournera des pièces déformées, déjetées, quelquefois entièrement affaissées.

Avec les couvertes, on pourra, si l'on néglige les précautions de fabrication ou de cuisson que nous avons indiquées, obtenir des couvertes ondulées, posées irrégulièrement; d'autres fois, ce seront des couvertes bulleuses, pleines de sortes de bulles de gaz, ou coque d'œuf, qui recouvriront des pièces fines et leur enlèveront toute valeur. Dans certains cas même, la couverte, au lieu d'être brillante, restera mate et sans glacé. Ce genre d'accident, qui enlève aux poteries toute leur limpidité, est aujourd'hui considéré, par un grand nombre de céramistes, non comme un défaut, mais comme une qualité qu'ils s'efforcent, à tort suivant nous, de développer.

Les uns obtiendront cette qualité négative par la nature même des émaux ou des couvertes, d'autres par des réactions au cours de la cuisson ou par la lenteur du feu; d'autres enfin se contentent d'attaquer les couvertes par l'acide fluorhydrique pour les mater; à moins qu'ils ne projettent à la surface du sable entraîné par de l'air ou de la vapeur d'eau.

Dans certains vernis colorés, une cuisson mauvaise, et en atmosphère défectueuse, provoquera une véritable ébullition, qui, après le défournement, donnera des pièces *grésillées*. Cet accident, lorsqu'il se présente pour des vernis plombeux et stannifères, donne lieu à des taches noires et pustuleuses.

L'irrégularité d'atmosphère durant la cuisson provoquera des variations de coloration extrêmement préjudiciables.

Mais il y a un certain nombre de défauts qui résultent, non plus des conditions de composition des pâtes, de leur façonnage, de leur émaillage et de l'atmosphère du four, mais bien du four lui-même.

*Grains.* — Qu'il s'agisse d'encastage en échappade ou en cazettes, les pièces peuvent être souvent saupoudrées après la sortie du four de grains de sable, ou de débris des cazettes éclatés par l'action du feu ; ces grains viennent s'imprimer dans l'émail en fusion et devront être enlevés et polis après cuisson.

Quoique l'on s'efforce d'avoir des encastages bien faits, il y a toujours des grains et leur polissage doit être soigneusement fait.

On se sert pour cela de tours ayant assez de vitesse pour vaincre sans ralentissement la résistance que lui oppose le frottement rude qui résulte de l'application d'un morceau de grès sur une porcelaine ou sur une faïence. L'axe horizontal du *tour à user les grains* (voir fig. 89) est susceptible de recevoir des meules de matières qui usent d'abord et polissent ensuite ; on se sert de roues en grès, en porcelaine, en liège. La roue en grès enlève le grain ; la roue en porcelaine garnie d'émeri efface les stries que le grès a faites ; les roues de liège enduites de tripoli, de ponce ou de pegmatite broyée finissent le polissage.

Toutes les pièces céramiques cuisent sur un support en terre, sur lequel certaines sont quelquefois rendues adhérentes par les gouttes de couvertes qui ont coulé ; souvent même les pièces cuisent à *boucheton* comme les bols, et leurs bords sortent naturellement du four biscuités et non émaillés. Il s'agira donc de polir et d'user les bords et les pieds des pièces, et cette opération se fera sur des tours à axe vertical, où l'on fixe solidement la pièce, de façon à ce que la force centrifuge qu'acquiert sa circonférence, et surtout celle du mandrin dans lequel elle est enchâssée, ne puisse projeter le mandrin et la pièce.

Le tour doit avoir une vitesse de 1200 tours au moins. On polit d'abord avec des grès artificiels (formés de sables de Fontainebleau et de pâte à porcelaine en très petite quantité, 5 à 10 0/0, que l'on malaxe et que l'on cuit au

232 QUALITÉS ET DÉFAUTS DES CÉRAMIQUES .  
grand feu de porcelaine), puis avec de la couverte de por-

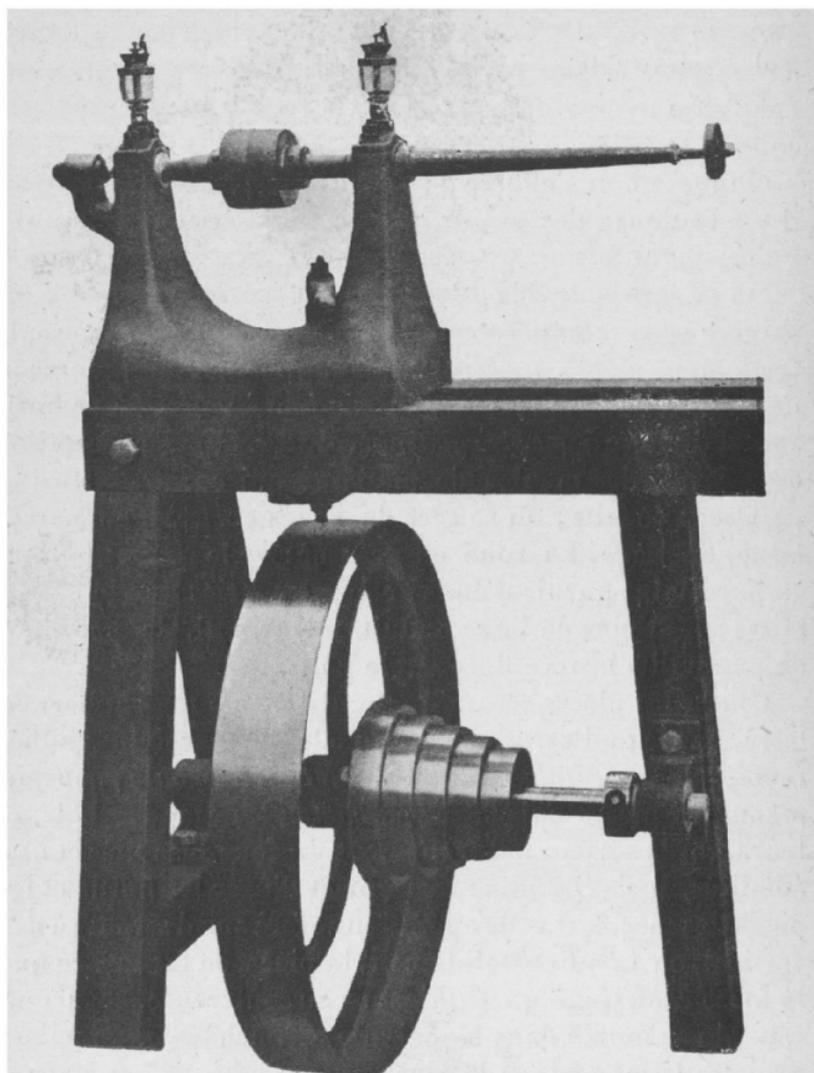


Fig. 89. — Tour à user les grains (*Faure, à Limoges*).

celaine dure (pegmatite); on finit ensuite avec du bois blanc et de la potée d'étain.

Lorsqu'il s'agit d'enlever les coulures d'émail qui se produisent au pied des vases, on pourra user la base du vase en la présentant contre une table horizontale de fonte tournant autour d'un axe vertical mû par une transmission inférieure. On interpose du sable de Fontainebleau entre la table de fonte et le vase.

Pour scier la porcelaine on fera tourner la pièce autour d'un axe vertical ou horizontal, on lui présentera un outil en tôle que l'on fera avancer progressivement; au point où la tôle mord la porcelaine, on fait arriver un jet continu de sable.

On peut se servir, pour certaines applications du polissage, de projection par le sable qui enlèvera certains défauts et dépolira, si on le veut, certaines parties de la couverture.

### CHAPITRE XIII

## DÉCORATION DES POTERIES

Les poteries peuvent se décorer de mille manières différentes, et il est souvent difficile, même à un praticien, de se rendre compte exactement du procédé qui a servi à la décoration d'une poterie.

### PROCÉDÉS DE DÉCORATION

C'est que, sans tenir compte de la décoration par la forme, par le profil, la poterie peut être colorée dans sa masse, dans ses glaçures, recouverte elle-même d'émaux, de couleurs, de lustres, de métaux.

Les couvertes et émaux peuvent se superposer à des feux divers pour provoquer des effets de coloration par transparence.

On peut encore, comme le fait la manufacture royale de Copenhague avec tant de maestria, provoquer, à l'intérieur ou à la superficie de la couverte, des effets de cristallisation qui donnent un aspect précieux à certains vases de porcelaine à la condition qu'ils soient de petite dimension.

### DÉCORATION PAR LA MATIÈRE ELLE-MÊME

Les matières céramiques, qu'elles soient émaillées ou non, peuvent être décorées soit par des stries, des cannelures, des rayures obtenues par moulage, par gravure directe à la main, par godronnage mécanique. De cette façon, que l'émail soit incolore ou coloré, on obtiendra des jeux de lumière qui feront valoir la matière du dessous.

Si l'on considère que ce procédé est celui qui doit toujours le plus séduire le potier, car il permettra de traduire les pensées les plus diverses et de créer les effets les plus variés, mais qu'il ne répond pas aux vœux du public qui préfère des matières décorées de couleurs et de dorures souvent peu en rapport avec l'objet des poteries, il sera bon de connaître les divers procédés de décoration, qui pourront s'appliquer soit sur la matière crue ou faiblement cuite et cuire en même temps que la pièce ; ce sont les procédés de *décors de grand feu* ; ils pourront aussi s'appliquer sur la matière déjà cuite et prendront alors le nom de *décors au feu de moufle*.

Voici la classification des décors de grand feu et celle des décors de feu de moufle.

## DÉCORS DE GRAND FEU

**A. — Décors sous la couverte transparente.**

- a) *Couleurs sous couverte.*
- b) *Engobes.*
- c) *Pâtes colorées.*
- d) *Incrustations.*
- e) *Pâtes teintées.*

**B. — Décors par la couverte.**

- f) *Couvertes colorées.*

**C. — Décors sur la couverte transparente.**

- g) *Par couvertes colorées.*
- h) *Par pâtes sur couvertes.*
- i) *Par cristallisations.*

**D — Décors sur la couverte opaque**

- j) *Par peinture.*
- k) *Par peinture recouverte de couverte transparente.*

## DÉCORS AU FEU DE MOUFLE

**E. — Décors sur biscuit.**

- l) *Peinture sous couverte de moufle.*
- m) *Décors recouverts de fonds d'émaux colorés.*

**F. — Décors sur couverte.**

- n) *Peinture avec des couleurs.*
- o) *Peinture avec des émaux.*
- p) *Dorures et lustres.*

**DÉCORS DE GRAND FEU****A. — DÉCORS SOUS LA COUVERTE TRANSPARENTE**

a) **Couleurs sous couverte.** — La technique de ce genre de décors s'appliquera également pour des poteries sans couverte; c'est ainsi qu'en recouvrant des terres cuites, de terres plus riches en fer ou en manganèse, on aura à leur surface des parties plus rouges ou plus brunes. Mais ce procédé, qui est un des plus généralement employés, est surtout caractérisé par l'emploi de couleurs céramiques de grand feu composées de façon à être peintes ou imprimées sur la pièce crue ou sur la pièce qui a subi un commencement de cuisson (dégourdi) qui permet les façons ultérieures.

Ces couleurs séchées à la surface des pièces après leur emploi, sont recouvertes de couverte soit par trempage, soit par insufflation.

Pour bien fixer les idées, décrivons la fabrication d'une pièce de porcelaine de Chine décorée en bleu sous couverte.

Sans entrer dans le détail de la composition de la couleur, qui sera étudiée en son temps et lieu, mais qui doit avoir une infusibilité telle que, tout en colorant la glaçure qui l'imprégnera, elle ne provoquera pas de coulures ou de bavures de couleur, disons que cette couleur n'a pas en cru la coloration qu'elle aura une fois cuite et qu'il faut

dra, au céramiste qui l'emploiera, une grande connaissance de son métier afin d'obtenir l'épaisseur convenable qui donnera l'effet voulu. En général, ce sont, en Chine, des minerais additionnés de pâte à porcelaine qui servent à former ces couleurs qui sont employées au pinceau. Lorsque ces couleurs sont sèches, on procédera à l'émaillage par insufflation et l'on cuira au grand feu.

On pourra procéder de même sur dégourdi et, dans ce cas, par impression; c'est ainsi qu'on a pu faire, à Limoges, des services de table imprimés en 2, 3 ou 4 couleurs de grand feu sous couverte (fabrication de porcelaine de M. Théodore Haviland).

Il est bien entendu que le nombre des colorants possibles varie avec le point de cuisson de la poterie; au fur et à mesure que la température nécessaire pour la cuisson d'une poterie est plus élevée, les colorants sont moins nombreux.

b) *Engobes*. — Lorsque la pâte est bise ou sale, irrégulière ou de façonnage grossier, on interpose entre la pâte et la couverte une couche d'engobe blanche ou colorée.

Cette couche de pâte peut être posée par trempage, par insufflation ou à l'éponge.

L'engobe doit être un peu moins plastique que la pâte, d'un retrait égal, d'une fusibilité un peu supérieure à celle de la pâte, d'une dilatabilité intermédiaire entre celles de la pâte et de l'émail. On peut additionner à cette engobe des matières colorantes (cobalt, chrome, etc.) pour la teinter.

Comme exemple nous citerons, d'après Th. Deck (1), la fabrication de l'engobe qui sert à recouvrir les faïences d'art ou faïences siliceuses. Comme, malgré la blancheur de la terre et pour avoir plus de finesse dans les colorations ainsi qu'une harmonie plus grande, il faut annoblir

(1) Th. Deck, *La Faïence*.

la partie terreuse de la pâte, on recouvre celle-ci, par cuisson, d'une engobe alcaline ; l'engobe, par sa composition chimique, communique aux couleurs plus de pureté et le fond blanc est plus translucide ; étant aussi moins absorbant, il permet d'étendre, avec plus d'égalité, les couleurs et les fonds de la décoration.

Cette opération est dispendieuse, mais la supériorité du produit est augmentée. L'engobe de Th. Deck se compose d'une fritte alcaline, d'émail stannifère et de terre, c'est un intermédiaire, comme composition, entre la pâte et la couverte.

c) *Pâtes colorées.* — Si l'on recouvre une pâte à porcelaine blanche d'une pâte à porcelaine colorée en vert par de l'oxyde de chrome broyé dans la masse et si, par-dessus cette pâte verdâtre (ou céladon), on vient à déposer des couches de barbotine de porcelaine blanche, on obtiendra ainsi des effets de transparence absolument identiques à ceux des camées.

Ce procédé, qui a été très en usage pendant plus d'un demi-siècle à Sèvres pour la décoration des porcelaines de grand feu, présente l'inconvénient de transformer la nature des pâtes des porcelaines lorsque l'on colorie toute la masse au moyen d'oxydes.

Un autre inconvénient réside dans la difficulté de donner un retrait et une dilatation égale à toutes les pâtes colorées d'une même palette ; il faut enfin, pour l'emploi de ces pâtes colorées, avoir des pâtes de plasticités décroissantes lorsqu'on les superpose. Un exemple de ce genre de décoration que je signalerai est celui qui consiste à mouler séparément des ornements en blanc que l'on appliquera comme s'il s'agissait d'un garnissage sur une pièce de pâte colorée, ou bien de mouler dans le même moule avec une pâte blanche dans les creux et une pâte colorée partout ailleurs ; c'est ainsi que l'on obtient

les biscuits (de porcelaine tendre) bleus, jaunes, verdâtres et blancs appelés Wedgwood du nom de leur inventeur. Ces biscuits ou grès ne sont pas émaillés.

d) *Incrustations de pâtes*. — On peut décorer aussi les poteries par incrustation. L'incrustation comprend deux termes; durant le premier on imprime la pâte molle ou on grave la pâte sèche au moyen d'outils spéciaux; durant le second on remplit l'entaille ainsi produite avec une pâte colorée.

Les faïences d'Oiron, qui datent du temps d'Henri II, étaient décorées par impression sur terre molle au moyen de fers analogues à ceux dont se servent les relieurs, les creux étant ensuite remplis de terres colorées. Th. Deck (1) indique un procédé plus industriel: on fait un modèle en plâtre de la forme voulue, on grave sur ce modèle les ornements et filets dont on veut orner la pièce; on moule ce modèle et la gravure se présente alors en lignes saillantes sur le moule. On place sur ce moule entre toutes les lignes de l'ornement qu'on réserve, une mince couche de pâte blanche ou de toute autre couleur constituant le fond général de la pièce.

On enlève et on rend net, avec une boulette de terre, tout ce qui dépasse ces lignes saillantes.

On place alors sur les ornements une pâte colorée de la couleur unique ou des couleurs diverses dont la décoration doit se composer. On étend ensuite, par moulage à la croûte (voir p. 144) et par tamponnage, la couche de pâte de faïence qui doit former le corps de la pièce. On démoule et on a l'ornement cerné par des contours qui sont maintenant en creux. On remplit les creux avec une barbotine, soit noire, soit brune, très limpide, au moyen d'un pinceau. On recommence à plusieurs reprises, toujours en épais-

(1) Th. Deck, *La Faïence*.

sant la barbotine, jusqu'à ce que le tout soit recouvert; on laisse sécher, on enlève l'excédent de manière à mettre de niveau et la pièce est prête à cuire.

Si les incrustations ne se composent que de traits, la pâte colorée devra être plus fusible que la pâte du dessous; si, au contraire, l'incrustation comprend des parties d'une certaine étendue, il sera bon, tout comme pour une engobe, de mesurer le retrait et la dilatation de ces pâtes incrustantes.

Pour ce qui a trait à la fabrication des carreaux de grès dits *grès incrustés*, nous renvoyons le lecteur, pour ce cas spécial, au chapitre qui traitera des carreaux de grès (1).

e) *Pâtes teintées*. — Au lieu de colorier les pâtes en les mélangeant et broyant avec des oxydes ou colorants métalliques, on peut se servir, soit pour la coloration de pièces entières, soit de parties de ces pièces, de solutions de métaux colorants. Ainsi, le nitrate de cobalt donnera du bleu, le chlorure de platine du gris ou du noir, le chlorure d'or du rose.

On peut poser ces couleurs liquides par immersion, mais alors il sera bon de garnir l'intérieur des pièces et les parties destinées à rester blanches d'une matière qui rendra la pâte non absorbante; on se servira ainsi du suif ou de toute autre matière grasse pour faire ces réserves. Mais, par le fait des immersions successives, le titre des solutions salines se modifie, ce qui cause des variations de teintes dans les séries de pièces fabriquées. On se servira, avec avantage, pour poser ces couleurs, du procédé de l'insufflation qui conservera le titre des solutions tout en permettant l'emploi des réserves.

Les réserves étant constituées de matières grasses, un

(1) Auscher et Quillard, *Les Industries céramiques*, Paris, 1901 (*Encyclopédie industrielle*).

feu de dégourdi est nécessaire pour l'enlèvement de ces corps en même temps que pour combiner l'oxyde colorant à la pâte et rendre la mise en couverte possible.

Les pâtes colorées que l'on emploie (voir § c) peuvent être composées en mélangeant des pâtes avec des solutions des métaux colorants et en calcinant avant broyage.

### B. — DÉCORS PAR LA COUVERTE

f) *Couvertes colorées.* — Ce procédé de décor se confond souvent avec celui que nous avons décrit sous le nom de *décor par la matière elle-même* (voir p. 234).

Il n'en diffère que par l'introduction à l'intérieur de la couverte d'éléments métalliques colorants. Suivant le degré de cuisson de la poterie, on aura des effets de coloration d'autant plus riches et plus nombreux que le point de cuisson est moins élevé.

Ainsi, la porcelaine dure de Sèvres a un point de cuisson élevé et une pâte si peu élastique, qu'industriellement, le bleu de cobalt seul peut donner une couverte colorée, et qu'exceptionnellement, on obtiendra la réussite avec le manganèse (écaille), le manganèse et le cobalt (écaille verte), et quelques autres oxydes rares. Avec des pâtes cuisant un peu plus bas, comme la porcelaine de Limoges ou la porcelaine chinoise, on obtiendra des variations dans la nature du bleu, les colorations du cuivre (rouge, vert, brun, orange), du fer (céladons), etc. En général, les exemples les plus beaux de cette fabrication se rencontrent parmi les porcelaines de Chine.

C'est à ce groupe de décors que l'on peut rattacher les bleus fouettés ou bleus noirs (cobalts très manganésifères), bleu de ciel après la pluie (cobalt peu manganésifère et titanifère), les rouges flambés (cuivre seul ou cuivre et plomb), etc. ; toutes ces couvertes sont peu teintées, em-

ployées épaisses, et font vibrer la lumière et valoir les décors en creux ou en relief de la porcelaine.

Ce procédé est très employé pour recouvrir certains grès de colorations plus ou moins brillantes.

On peut poser ces couvertes colorées soit par trempage du vase dans un bain de couverte, soit mieux par insufflation. C'est de cette dernière façon que procèdent les Chinois.

### C. — DÉCORS SUR LA COUVERTE TRANSPARENTE

g) *Par couvertes colorées.* — Ce procédé peut être employé sur la couverte crue ou sur la couverte cuite.

Sur la couverte crue, on pourra peindre et décorer, à la condition d'avoir une couverte suffisamment plastique et d'opérer sur déglourdi. Mais le plus souvent on agira sur la couverte déjà cuite ; c'est ainsi que se font les bleus de pâte dure à Sèvres et à Limoges. La pièce est cuite et on la recouvre d'une série de couches de couvertes colorées, posées au moyen d'essence de térébenthine ou de tout autre plastifiant.

Après chaque pose de couche, on procède au séchage ; après dessiccation de toutes les couches posées, on calcine, pour enlever l'essence de térébenthine, avant de passer au grand feu.

La couverte colorée est composée de couverte blanche, où l'on introduit plus ou moins d'oxyde colorant suivant l'intensité que l'on veut obtenir. Si nous prenons comme type la fabrication du bleu de Sèvres, nous verrons qu'on calcinera de la couverte blanche de porcelaine avec 12 0/0 de cobalt exempt d'arsenic et de nickel. L'arsenic provoque des taches métalliques et le nickel traverse les pâtes et colorie les intérieurs en brun sale. Le mélange de cobalt et de couverte est fritté ou calciné au grand feu et broyé.

La couverte broyée peut aussi être tamisée sur une couche

d'essence de térébenthine posée au putois sur la pièce ; on préfère généralement mélanger la couverte à l'essence de térébenthine que l'on pose au pinceau sur la pièce et que l'on putoise ensuite pour arriver à régulariser. Le séchage de chaque couche est fait à 120° ; le grillage à 850° environ dans un moufle.

On variera le ton du bleu et on obtiendra d'autres colorations en incorporant du manganèse, du fer, du titane, du tungstène, du cuivre dans la couverte.

Au moyen de réserves, on peut décorer des pièces de plusieurs de ces couleurs et peindre avec ces émaux pour obtenir des colorations tantôt très nettes, tantôt bien fondues (porcelaine dure de Copenhague).

On comprend que l'on pourra disposer, sur des couches de couverte de couleur foncée, des couches de couverte incolore, contenant des éléments blancs opaques obtenus par l'addition d'acide borique, d'étain, de zinc, d'argent ; on obtiendra ainsi des effets de couleurs très recherchés des amateurs de grand feu de porcelaine et de grès.

h) *Par pâtes sur couvertes.* — Les couvertes colorées des Chinois étant plastiques, on peut toujours y appliquer, au pinceau, des pâtes colorées ou blanches, qui sont elles-mêmes recouvertes d'une mince couche de couverte blanche. La couche de pâte interposée ainsi entre deux couches de couverte fait vibrer la lumière d'une façon charmante (1). Ce procédé, reproduit sur quelques pièces de porcelaine nouvelle de Sèvres, n'a pas encore eu d'applications industrielles ou artistiques en Europe.

i) *Par cristallisations.* — L'introduction du titane dans la décoration des porcelaines et des grès provoque des effets de cristallisation dans la masse ou à la surface

(1) Auscher, *Les Céramiques cuisant à haute température.*

des couvertes ; mais ce corps modifie beaucoup la dilatabilité et surtout la fusibilité des couvertes où l'on est obligé d'introduire des éléments tels que l'acide borique ou l'oxyde de zinc pour compenser ces effets.

#### D. — DÉCORS SUR LA COUVERTE OPAQUE

j) **Par peinture** (ou par peinture au grand feu sur émail cru). — Ce procédé est celui qui a surtout servi à la décoration des faïences stannifères. On sait que l'étain a pour raison d'être dans les couvertes, de provoquer l'opacité rendue souvent indispensable par la coloration peu agréable de la pâte. Les faïences de Nevers, de Rouen, etc. ont été décorées par ce procédé. Il demande une certaine dextérité et exige que l'étude du décor soit faite sur un modèle en plâtre sur lequel on tirera des poncifs sur papier que l'on reportera, au moyen de décalques, sur l'émail cru. On se sert de pinceaux longs et pointus en poil d'oreille de vache ; on évitera en travaillant de toucher l'émail et pour cela on prendra un point d'appui extérieurement. Les couleurs sont délayées dans l'eau ou dans un mélange d'eau et de glycérine qui sèche moins vite. Lorsque la pièce est terminée, le décor cuit en même temps que la couverte stannifère.

k) **Par peinture recouverte de couverte transparente**. — C'est là le moyen employé par les Italiens pour la fabrication de leurs majoliques. Après avoir peint sur émail stannifère, comme il est dit ci-dessus, et avoir fixé les couleurs, à un petit feu de moufle, on glace ensuite au moyen d'un vernis plumbeux très transparent. Les couleurs employées sont le vert, le jaune, le bleu, le noir.

Le même procédé a été et est encore employé à Delft pour la fabrication des faïences, mais la couverte transparente ou *kwaart* est alcalino-plombeuse.

## DÉCORS AU FEU DE MOUFLE

Ce genre de décors est celui qui a pour objet de décorer la pièce biscuitée ou émaillée, et, ayant, par suite, acquis le plus grand feu nécessaire.

Tous les feux qui serviront à recouvrir une poterie décorée par les procédés qui vont suivre se feront à un feu inférieur à celui qui a cuit la poterie elle-même. Ces décors peuvent se faire par les procédés suivants :

## E. — DÉCORS SUR BISCUIT

1) *Peinture sous couverte de moufle.* — Ce procédé est, certes, un des plus employés, tant pour les faïences fines imprimées que pour certaines porcelaines.

Pour les faïences fines par exemple, le biscuit, après sa cuisson, est décoré à la main, ou plutôt par le moyen de l'impression, de couleurs qui sont séchées après leur pose ; puis, la couverte est posée et cuite à un feu inférieur au feu de biscuit. Ce mode de décoration est aussi employé en Chine pour recouvrir des vases de biscuit de couleurs que l'on ne peut obtenir au feu de four. On est parti de ce fait pour rechercher à Sèvres pour le biscuit de porcelaine nouvelle (matière assez voisine de la porcelaine chinoise) des émaux au feu de moufle à base de plomb, d'alcali et de borax, sous lesquels on pût peindre sur biscuit.

La porcelaine cuite en biscuit est peinte au moyen des couleurs les plus variées, la peinture est séchée, et le vernis plombifère posé en recouvrant la pièce d'un putoisage d'essence de térébenthine, sur lequel on tamise des couches successives d'émail blanc.

Sous le prétexte que cette couverte n'est pas de grand feu et qu'elle n'a point l'éclat et la beauté des couvertes de

grand feu, elle a trouvé peu d'applications. C'est un tort, car, au point de vue industriel, elle permettrait de fabriquer et de décorer économiquement les porcelaines.

La fabrique de Roosenburg en Hollande a produit, pendant ces dernières années, des pièces de ce genre qui ont été très appréciées par les amateurs.

m) *Décors recouverts de fonds d'émaux colorés.*

— Ce procédé est identique au précédent, mais l'émail blanc est remplacé par un émail coloré transparent. Souvent même le décor fait défaut et l'émail coloré au feu de moufle produit le décor.

C'est ainsi que sont obtenus les fonds de turquoise, d'aubergine, de jaune foncé, que l'on ne pourrait obtenir autrement et sous lesquels se trouvent généralement les décors de peinture bleue, brune ou noire.

Il est appliqué pour les faïences, les porcelaines dures et tendres.

Quelquefois on pose la couche de couverte colorée sur une couche de couverte blanche.

Très souvent (faïence siliceuse), on décore la pièce de cloisons en pâte qui maintiendront l'émail dans sa cloison et l'empêcheront de couler dans la cloison voisine.

C'est par ce procédé qu'on obtient les faïences de Deck, de couleurs vives, qui seront décrites à propos de leur fabrication.

F. — DÉCORS SUR COUVERTE.

n) *Peinture avec des couleurs.* — Nous avons décrit les conditions que doivent remplir les pâtes et les couvertes en indiquant les qualités et défauts de ces matières. Les couleurs si employées en céramique doivent être fusibles à une température donnée (les céramistes disent à un *feu donné*); on ne peut donc les composer d'aucune matière

volatile ou organique ; elles doivent adhérer fortement sur la couverte sur laquelle on les cuit, conserver un aspect vitreux après la cuisson, ne pas être attaquées par l'air, l'eau et les aliments (exception faite pour certaines peintures décoratives).

Comme pour les couvertes et les émaux, on se préoccupera dans chaque cas de la dilatation de la couleur et de celle de son support, car, faute d'accord entre ces dilata-tions, on obtiendrait des tressaillures ou de l'écaillage, qui provoqueraient l'usure et l'enlèvement rapide des couleurs pour les objets d'usage domestique.

De même que les émaux et les couvertes, les couleurs sont formées d'une partie incolore, appelée *fondant*, dans lequel on incorpore le colorant.

Suivant le point de feu que l'on peut atteindre, étant donné la nature de la poterie et de la couverte, et l'effet à obtenir, on aura généralement deux palettes de couleurs de moufle.

La palette *de couleurs de moufle tendres* cuisant vers 800° est formée de fondants fusibles, et donnera les colorations les plus riches et les plus variées. Les fondants seront, suivant les couleurs, mélangés aux colorants, frittés avec eux ou même fondus. On ne fondra pas, par exemple, les couleurs à base de pourpre de Cassius, qui s'altéreraient au feu ; on fondra les verts de cuivre, les bleus de cobalt, les jaunes d'antimoine ; on frittera les couleurs qui n'ont pas leur ton à l'emploi, de façon à rendre cet emploi plus facile.

Ces couleurs prennent le nom *de couleur de reverbère*, dans l'industrie de la faïence.

Elles sont peu adhérentes généralement et ne peuvent supporter aucune autre couleur, ni aucun métal en superposition.

Aussi a-t-on établi une palette *de couleurs de demi-grand feu* ou couleurs de moufle dures, cuisant à la tem-

pérature d'environ 950°, qui glacent mieux, dont les tons sont plus variés et qui permettent de recevoir les dorures dont on veut les rehausser.

Ce sont des couleurs ordinaires, durcies par l'addition d'une quantité déterminée expérimentalement de l'oxyde ou des oxydes colorants.

On peut se servir de ces couleurs, pour faire des fonds de diverses couleurs (porcelaine, faïence, etc.).

o) **Peinture avec des émaux.** — Comme souvent ces couleurs glacent mal, se soulèvent et ont un aspect peu artistique, on préférera composer la porcelaine, la faïence ou le grès, de façon à pouvoir les décorer d'émaux de moufle, c'est-à-dire de touches de verres ou cristaux transparents ou opaques, qui doivent s'adapter exactement à la couverte, sans la soulever comme sans craqueler. Une céramique pourra supporter des émaux d'autant plus riches et plus brillants qu'elle sera plus siliceuse, plus alcaline et moins alumineuse. Ces émaux sont à peu près identiques, en général, à ceux qui servent aux fonds d'émaux colorés (voir page 242).

On dessine le décor ou trait avec du noir; on sèche, puis on remplit avec des touches colorées. C'est ainsi que sont décorées les faïences de Haguenau et de Marseille (décors d'émaux au reverbère), les porcelaines chinoises (pièces des familles rose et verte); certaines porcelaines de Limoges, peu alumineuses, peuvent recevoir des émaux en mince épaisseur; la porcelaine nouvelle de Sèvres a permis, de 1884 à 1889, la production de vases décorés d'émaux de ce genre de toutes colorations.

p) **Dorures et lustres.** — On s'est servi beaucoup en Europe, surtout vers la fin du xviii<sup>e</sup> siècle et la première moitié du xix<sup>e</sup> siècle, de l'or et des métaux pour décorer et enrichir les porcelaines et les faïences.

Les maîtres orientaux, chinois et japonais, qui connaissaient de tout temps la dorure, n'en ont point abusé, comme on l'a fait en France.

On se sert, pour obtenir des ors gras et épais, *d'or au miel*, dont le secret a été vendu à Sèvres, vers 1756, par le frère Philippe. L'or en feuille est broyé avec du miel, posé sur la porcelaine tendre, puis cuit au feu d'or. Ce procédé a été utilisé à Saint-Clément (Meurthe-et-Moselle) pour des faïences.

Pour l'or ordinaire, on se sert d'or précipité de ses dissolutions par du sulfate ferreux en présence d'un grand excès d'eau. La poudre d'or obtenue est mélangée à un fondant, qui n'est autre que l'oxyde de bismuth fusible à basse température. Cet or est poli ou bruni à la sortie du feu au moyen de pierres dures (agates ou sanguines).

On s'est servi aussi de platine pour décorer les poteries ; on dissout ce métal pur par de l'eau régale, on précipite la dissolution par le chlorhydrate d'ammoniaque, on obtient une poudre jaune insoluble dans l'alcool ; on broie, puis on calcine ce produit dans un creuset où l'on obtient une mousse de platine noire, que l'on divise et que l'on broie ; l'emploi se fait, comme pour l'or, avec le même fondant.

On emploie beaucoup dans le commerce l'or brillant de Nassau très économique, car il nécessite bien moins de métal précieux et évite à peu près le brunissage ; cet or brillant est un baume de soufre térébenthiné, dans lequel on incorpore des sels d'or, d'étain et d'antimoine (brevets Dutertre). Tributaires longtemps de l'Allemagne pour cette matière indispensable pour donner une apparence de richesse aux porcelaines courantes, les chimistes français ont réussi récemment à établir cette fabrication.

*Les lustres*, qui ont servi à décorer les faïences hispano-moresques et les majoliques, peuvent s'appliquer sur toutes les poteries. On couvre l'émail déjà cuit d'un mélange d'ocre et d'oxydes de cuivre, d'argent, ou de divers autres

métaux précieux et l'on chauffe au moufle, au rouge sombre, en atmosphère réductrice. Après défournement, on lave la couche creuse, et, si le feu est bien conduit, les reflets métalliques apparaissent sur la pièce. Il est même facile de juxtaposer des reflets de diverses colorations. Un grand nombre de potiers de Vallauris décorent par ce procédé, d'un emploi maintenant courant, des faïences et des majoliques. On applique également cette manière de faire à la porcelaine.

#### OUTILLAGE NÉCESSAIRE POUR LA DÉCORATION

La plupart des procédés de décoration ne nécessitent point, à part les tournettes et les pinceaux, d'autre matériel que celui de l'émailleur.

Il en sera autrement lorsqu'il faudra préparer les couleurs et les émaux en vue de procédés de peinture ou d'impression spéciaux.

*Triturage des couleurs.* — Les couleurs préparées suivant la formule, et broyées au moulin de porcelaine à l'eau, ou au moulin à boulets, doivent avant l'emploi subir une opération qui exige du soin ; il faut rebroyer la couleur au moment de l'emploi, sur une glace bien propre, sans bulles, plane et dépolie, au moyen de molettes en verre dur ou en porcelaine. Pendant le broyage, qui se fait au moyen d'une petite quantité d'eau, il est utile, pour atteindre toutes les parties, de les ramener sans cesse vers le milieu de la glace au moyen de couteaux à palette en acier, en corne ou en ivoire.

On laisse ensuite sécher la couleur complètement sur la glace en verre.

Pour appliquer la couleur sur la porcelaine, on ne saurait se servir d'eau, qui, une fois évaporée, ne fixerait plus d'une manière suffisante la couleur : on emploie le plus généralement de l'essence de térébenthine additionnée

d'un peu d'essence grasse. Il faut se servir d'essence distillée deux fois et ne contenant pas de résine.

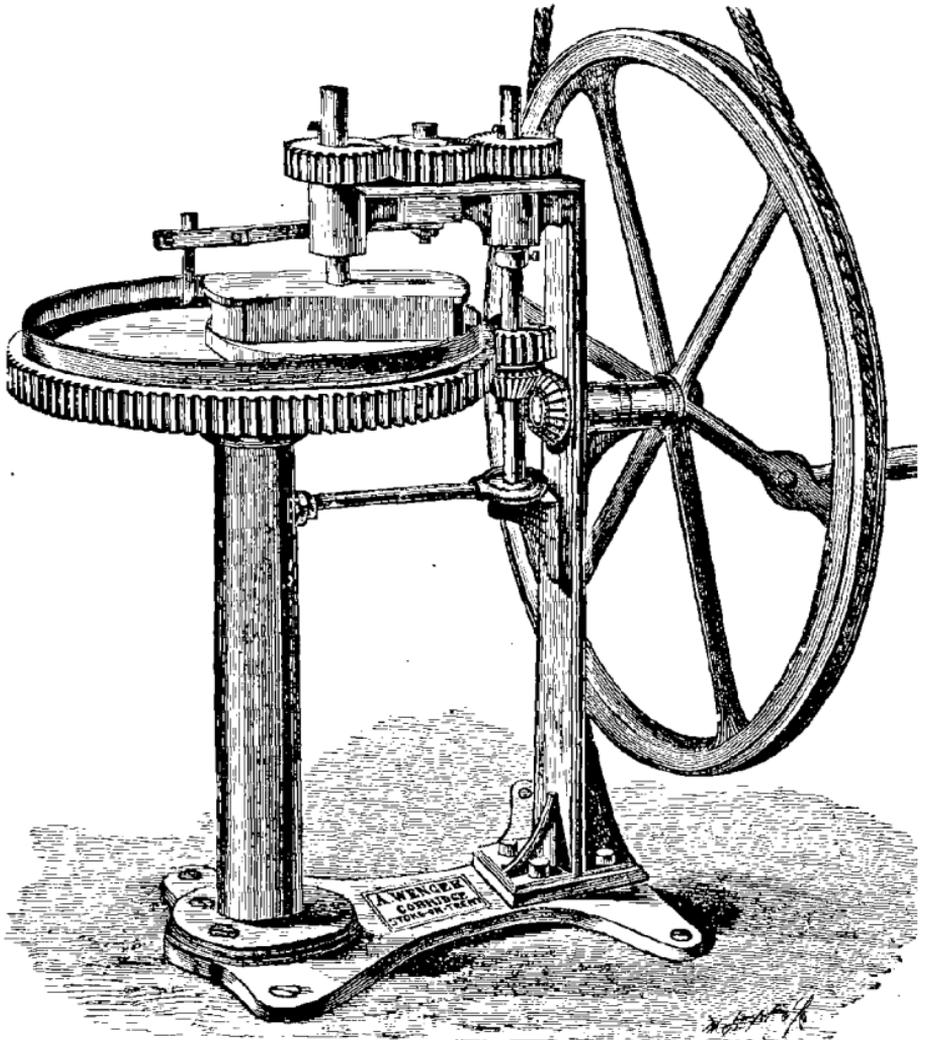


Fig. 90. — Machine à broyer les couleurs avec l'essence  
(Wenger, à Hanley).

L'essence grasse s'obtient en exposant à l'air de l'essence

de térébenthine distillée, mise en minces couches dans des vases plats en verre. Cette essence se dissout en toutes proportions dans l'essence de térébenthine ; néanmoins on ne met que juste la quantité d'essence grasse dans le mélange pour arriver à le plastifier.

On étend les petites parties au pinceau, les grandes surfaces au putois, en évitant que les raccords soient secs au moment où l'on y revient ; si la surface est très grande, on additionnera un peu d'essence de lavande. Pour poser des fonds sur biscuit, on se servira d'huile de lin ou de noix cuite additionnées pendant la cuisson d'un peu de litharge, pour les rendre plus siccatives. On étend au pinceau et on putoise, si l'on veut un fond uni.

Dans les fabriques, où l'on emploie de grandes quantités de couleur, et où le broyage à la main serait trop coûteux, on fera le broyage mécaniquement au moyen de la machine à broyer avec plateau en verre (fig. 90). Le plateau et la molette sont en verre dépoli et tournent en sens inverse, de façon que les matières à broyer soient toutes prises par la molette, puis ramenées vers le centre. Ce broyeur donne un grain régulier et une grande économie de main-d'œuvre.

### PROCÉDÉS D'IMPRESSION

On peut imprimer sur le biscuit (ou le *dégourdi*), ou bien sur couverte cuite ; quoique les moyens ne soient pas identiques dans les deux cas, nous traiterons la question de l'impression en indiquant à quel de ces deux procédés de fabrication s'adapte de préférence le moyen décrit.

L'impression a pour but de reporter un très grand nombre de fois sur du papier un dessin en une ou plusieurs couleurs que l'on imprimera ensuite sur le biscuit ou sur la couverte. C'est le procédé employé pour le décor des services de table et objets de toilette.

On peut imprimer au moyen de planches métalliques gravées en taille douce, au moyen de pierres lithographiques, au moyen de blocs, au moyen de caoutchoucs.

### **Impression en taille douce.**

Cette méthode est la plus ancienne et la plus usitée ; les planches sont faites en cuivre, en acier ou en zinc ; les procédés de galvanoplastie permettent aujourd'hui de reproduire un grand nombre de fois la même planche ; la gravure doit être nette, creuse, de façon à laisser à une certaine quantité de couleur la possibilité d'y pénétrer.

L'usure des planches dépendra surtout de la façon dont l'ouvrier fera son travail ; avec un ouvrier habile on pourra tirer 20.000 épreuves d'une planche en acier sans l'avoir abîmée.

La couleur est employée mélangée de moitié son poids d'une huile spéciale, composée de 10 parties d'huile de lin, que l'on fait bouillir deux heures avec une partie d'huile de navets ; on laisse refroidir et on ajoute une partie de goudron de bois (1).

Ce mélange de couleur et d'huile doit être fait à chaud et le travail à la main est pénible et difficile. On le remplace par un travail mécanique. La machine Wenger, qui sert pour cela, est composée d'une cuvette dont les parois sont chauffées à la vapeur (voir fig. 91) et dont le mécanisme met en mouvement un pilon en forme de poire, jusqu'à ce que le malaxage soit complet ; on abaisse ensuite la cuvette pour écouler l'huile. Comme on le voit, cette machine est facile à nettoyer ; son rendement est bon.

Quand on veut tirer une épreuve, on met une certaine quantité de ce mélange au milieu de la planche, on l'étend ensuite soigneusement sur toute la gravure avec un

(1) Lambert, *Faïences fines et autres poteries en Angleterre*.  
АУСЧЕР, Technologie de la Céramique.

tampon en bois, pour faire entrer la couleur dans les traits, puis on râcle la gravure avec un couteau à palette pour en-

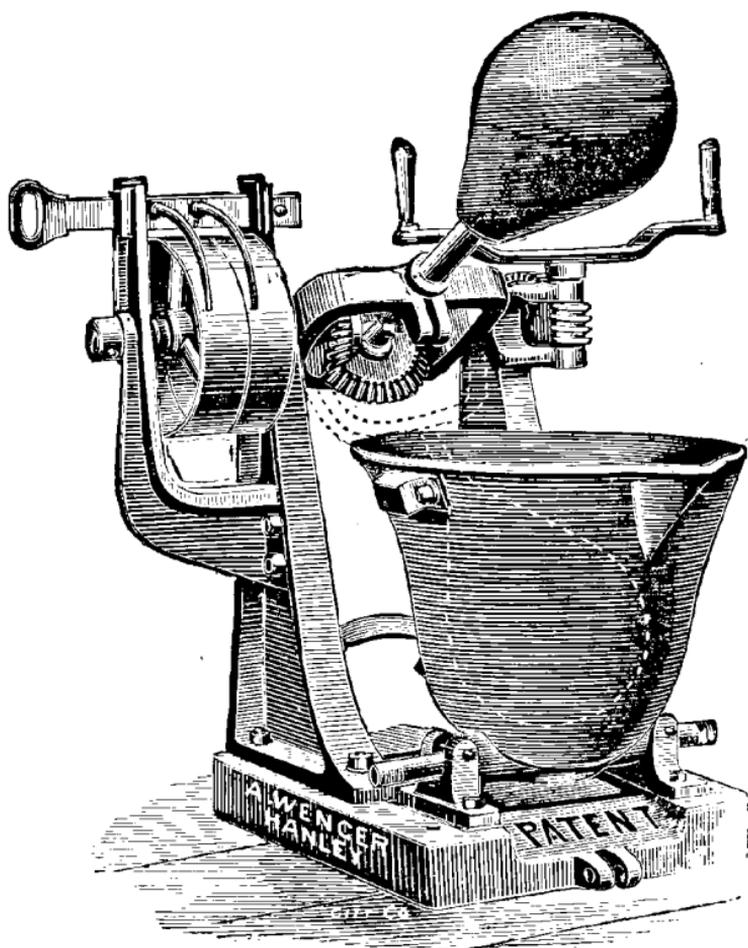


Fig. 91. — Mélange des couleurs d'impression (*Wenger, à Hanley*).

lever la couleur superflue, et on nettoie la planche avec un tampon de velours. Cette action d'enlever la couleur avec un couteau à palette a une grande importance pour la

rapidité d'usure de la planche ; il faut que l'ouvrier évite de rayer la planche avec le couteau.

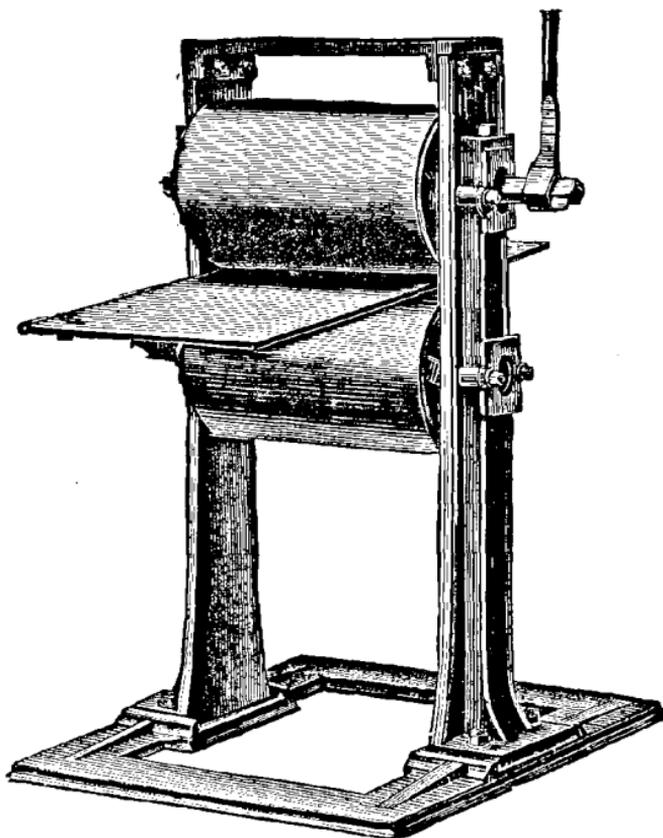


Fig. 92. — Presse pour l'impression en taille douce (*Wenger*). 

La planche ainsi encreée et chauffée, soit par un foyer, soit par un courant de vapeur, on pose à sa surface une feuille de papier mouillée avec de l'eau de savon noir et de carbonate de soude, ce qui facilitera le détachement ; on fait alors passer la planche recouverte du papier entre les rouleaux de la presse représentée fig. 92, dont le supérieur est recouvert de feutre ou de flanelle. Le mouvement d'im-

pression s'obtient par un double coup de levier. Le papier spécial doit être solide, fin et non collé.

L'imprimeur pose la planche recouverte du papier sur

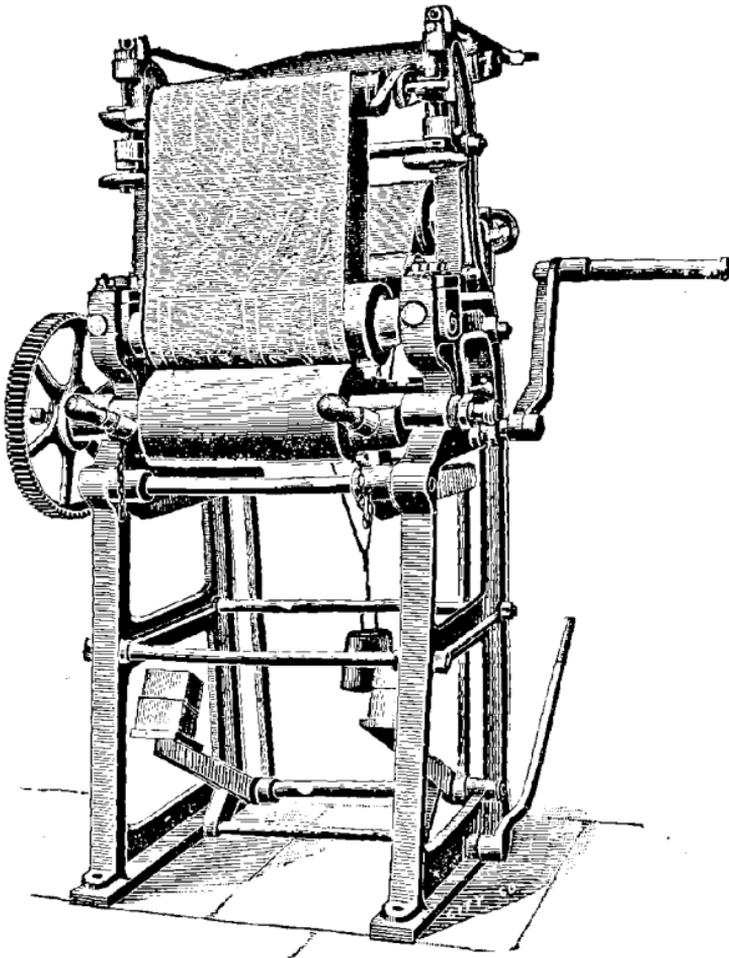


Fig. 93. — Impression continue (*Wenger, à Hanley*).

la plaque à vapeur ou sur le foyer ; l'épreuve sèche elle-même, puis est enlevée d'un seul coup.

. On découpe alors le papier imprimé et on le décalque

en le frottant sur le biscuit, sur lequel il est posé avec un tampon de flanelle imbibé de savon noir.

Quelques heures après, on trempe les pièces dans un baquet d'eau et au bout de peu de temps on peut enlever le papier du biscuit sur lequel l'impression est restée nette.

Si l'on veut imprimer en plusieurs couleurs, on aura une planche gravée spéciale pour chaque couleur et les épreuves seront repérées les unes sur les autres ; on séchera après chaque décalque.

Ensuite on dégraisse, c'est-à-dire qu'on fait passer les objets imprimés au rouge sombre, pour brûler l'encre mélangée à la couleur, ce qui permettra d'émailler.

La presse, représentée fig. 92, est souvent remplacée par des *cylindres gravés donnant une impression continue* (voir fig. 93). Cette machine est mise en mouvement par le moyen d'une manivelle qu'il faut éviter de faire aller à contre-sens, ce qui ferait râcler la gravure par le nettoyeur. Un jet de vapeur sous pression passe par le cylindre gravé et empêche la couleur et l'huile de durcir. Le cylindre est encre et nettoyé automatiquement par le nettoyeur, lame d'acier flexible et bien tranchante, serrée contre le cylindre par des contrepoids.

Le papier est en rouleaux sans fin et l'impression se développe pendant qu'on tourne. Cette machine produit autant d'épreuves que vingt presses ordinaires et les donne plus régulières.

Pour imprimer sur émail cuit, le même procédé peut servir ; mais il faut recouvrir la pièce d'un vernis ou mordant (à base d'huile cuite ou d'essence), sur lequel on décalque l'épreuve.

### **Impression lithographique**

C'est un système qui peut s'adapter pour une seule couleur, mais surtout pour plusieurs colorations.

Si l'on a un décor à exécuter qui comprenne quatre couleurs, on décomposera ce décor en quatre autres, chacun monochrome.

Chacun de ces décors sera dessiné sur pierre, puis on tirera sur papier gommé à la gomme arabique une épreuve au vernis de la première pierre, et on la poudrera avec la première couleur. Cette première couleur sèche, on tire sur la seconde pierre une seconde impression au vernis, que l'on poudre avec la seconde couleur et ainsi de suite ; finalement on aura une épreuve en quatre couleurs, que l'on pourra employer une fois sèche et conserver aussi longtemps qu'on le voudra.

Pour décalquer, et ce procédé est à peu près le plus employé sur couverte, on recouvre la feuille d'une très mince couche de copal et on applique sur la pièce, en frottant avec des roulettes de flanelle.

On enlève le papier avec de l'eau tiède.

Comme le papier avait été préalablement recouvert sur la face qui a reçu le vernis, d'une dissolution de gomme arabique isolatrice, l'eau tiède enlève la couche gommeuse et le mélange de vernis et de couleur adhère sur la pièce.

Ce procédé donnant des tons plutôt pâles par suite de la minceur de la couche obtenue par saupoudrage, on pourra encrer les pierres avec des vernis mêlés de couleur, que l'on saupoudrera ensuite ; on a ainsi une intensité plus forte.

### **Impression au moyen de blocs.**

On utilise des plaques de zinc gravées en relief, sur lesquelles on étend la couleur au moyen de rouleaux en gélatine. On tire les épreuves, comme s'il s'agissait d'impression typographique, sur papier spécial et pour chaque couleur séparément.

Le décalque se fait comme pour la taille douce.

Ce procédé est très usité pour l'impression sous couverture des carreaux de revêtement.

### **Impression au moyen de caoutchoucs**

On décore sur émail cru de faïence et de grès, au moyen de dessins en caoutchouc, que l'on trempe dans des couleurs très broyées et que l'on imprime à même sur l'émail.

On s'est servi aussi pour le même usage d'éponges comprimées découpées, qui permettent d'imprimer à la surface de poteries grossières des décors primitifs.

## **CHAPITRE XIV**

### **COLORANTS CÉRAMIQUES**

Les oxydes d'un certain nombre de métaux se dissolvent à la température de fusion dans les silicates, aluminates, et borates qui constituent les couvertes céramiques, ainsi que dans l'oxyde d'étain qui opacifie les couvertes stannifères, en communiquant à ces corps des colorations variées qui constituent les couleurs vitrifiables, ressource principale de la décoration céramique.

On sait que certains métaux sont susceptibles de donner plusieurs oxydes différant par la proportion relative de métal et d'oxygène ; à chaque oxyde correspond un silicate possédant une coloration propre. C'est ainsi que l'oxyde cuivreux  $\text{Cu}^2\text{O}$  se dissout dans les silicates, en donnant une coloration rouge, tandis que l'oxyde cuivrique  $\text{CuO}$  se dissout, en donnant des composés de couleur verte.

Nous verrons l'importance de cette considération à propos de la cuisson des couleurs.

D'autre part les oxydes métalliques peuvent réagir les uns sur les autres, faisant fonction les uns de base, les autres d'acide, et donner naissance à des sels métalliques ayant des colorations particulières ; ces composés sont solubles dans les éléments des couvertes et permettent d'obtenir des couleurs différentes de celles que donne chacun des oxydes.

Les principes généraux que nous avons indiqués pour l'accord des pâtes et des couvertes s'appliquent dans leur intégralité en ce qui concerne l'accord des émaux et des couleurs avec les pâtes et avec les couvertes.

Cependant il y a lieu de remarquer que des modifications parfois très considérables dans la fusibilité et la dilatation des mélanges peuvent se produire par l'introduction en faible quantité de certains colorants ; il en résulte la nécessité de modifier la composition des mélanges pour compenser cette perturbation.

**Oxyde de cobalt.** — L'oxyde de cobalt est le colorant céramique par excellence, grâce à son grand pouvoir colorant et à la facilité de son emploi. Il est susceptible de donner des colorations bleues d'une grande richesse, à peu près indépendantes de la composition de l'atmosphère du four ; il donne, employé seul avec des silicates alcalins, une coloration d'un bleu violacé ; cette nuance peut se modifier en présence de certaines substances ajoutées à la couverte.

Les minerais de cobalt les plus employés sont la *smaltine*, arséniure de cobalt et la *cobaltine*, arsénio-sulfure, abondants en Suède, en Norvège et en Saxe ; mais les minerais aujourd'hui les plus importants sont les minerais oxydés, parfois ne contenant pas d'autre métal, comme l'*hétérogénite*  $\text{Co}^5\text{H}^{13}\text{O}^{12}$  ; souvent contenant l'oxyde de co-

balt mélangé au manganèse, comme l'*asbolane* ou *wad*, qui provient de la Nouvelle-Calédonie.

Pour obtenir un produit donnant une coloration bleue très franche, il est nécessaire d'effectuer une séparation complète de l'oxyde de cobalt des oxydes des autres métaux qui l'accompagnent, ce qui est parfois difficile notamment pour l'oxyde de nickel, qui s'y trouve fréquemment associé. La présence de l'oxyde de manganèse donne souvent une modification violette de la teinte, qui est recherchée.

Le produit le plus pur que livre le commerce est le protoxyde  $\text{CoO}$ , poudre d'un gris foncé, qui a généralement subi une purification presque complète.

La composition des gaz du four, oxydante ou réductrice, ne joue pas un rôle très important dans le développement de la coloration (1). Il n'en est pas de même pour les gaz sulfurés, qui ont au contraire une influence fâcheuse très marquée et détruisent les composés à base de cobalt.

**Oxydes de fer.** — Les oxydes de fer peuvent être néfastes dans les produits où on désirerait obtenir une absence de coloration, ce que la présence habituelle du fer rend souvent difficile à réaliser; d'autre part, ils sont l'objet d'emplois nombreux pour l'obtention de colorations très variées.

C'est l'oxyde ferrique qui est le plus souvent introduit dans les couleurs vitrifiables; il communique aux silicates une coloration jaune rougeâtre. L'oxyde ferreux, communiquant une coloration verte, est moins employé en céramique, à cause de sa facile transformation sous l'influence des oxydants.

L'oxyde ferrique s'obtient très pur par calcination du sulfate de fer. Il porte le nom de *rouge d'Angleterre*.

C'est surtout associé à d'autres oxydes métalliques que

(1) Emilie Damour, *Bull. Soc. d'Encouragement*, mars 1897.

l'oxyde ferrique est employé dans la préparation des couleurs vitrifiables.

On emploie souvent, au lieu d'oxyde ferrique pur préparé comme nous venons de l'indiquer, des produits naturels dans lesquels cet oxyde se trouve associé à diverses substances dont la principale est l'argile et qu'on appelle *ocres*. Telles sont la *terre de Sienne*, le *bol d'Arménie*, la *Pierre de Thiviers*, etc. Nous avons vu d'ailleurs que l'oxyde de fer accompagne un grand nombre d'argiles.

L'introduction d'oxyde de fer, sous forme d'ocres, présente l'avantage de l'économie, mais par contre le manque de constance dans la composition des ocres ou terres ocreuses employées peut être un inconvénient.

L'atmosphère du four a une grande influence sur les résultats obtenus avec les matières contenant de l'oxyde de fer. La présence de gaz réducteurs transforme les composés ferriques en composés ferreux ; ceux-ci sont verdâtres, et sous cette forme, le fer a un pouvoir colorant beaucoup moins considérable que sous la forme plus oxydée. Il en résulte, dans le cas des couvertes contenant une faible quantité d'oxyde de fer, une décoloration qui peut être précieuse. Lorsque le fer est en plus grande quantité il peut être la cause d'une belle coloration, comme c'est le cas dans la couleur dite *céladon chinois*, qui exige d'ailleurs une composition convenable de la couverture pour se développer.

Lorsque l'atmosphère du four est essentiellement réductrice, il se produit une teinte grise, due sans doute à la présence du fer réduit.

**Oxyde de chrome.** — Les composés du chrome, ainsi que ce métal lui-même, sont extraits d'un minéral appelé *fer chromé*, qu'on exploite en diverses régions, notamment en Nouvelle-Calédonie, dans l'Oural et en Turquie d'Asie. Parmi les nombreux produits qu'offre l'industrie, c'est au

*bichromate de potasse*, qui se présente en gros cristaux rouges, dont la composition est  $\text{Cr}^2\text{K}^2\text{O}^7$ , qu'on a recours pour préparer l'oxyde de chrome ou pour l'introduire directement dans les mélanges. L'oxyde de chrome se présente habituellement sous forme d'une poudre verte:

Les composés du chrome sont d'un grand secours dans la décoration céramique, parce qu'ils donnent des colorations très riches et résistant aux températures les plus élevées. Les couleurs à base de chrome sont d'ailleurs assez difficiles à obtenir, par suite de l'influence très considérable qu'exercent sur elles les moindres quantités de substances étrangères notamment de fer et aussi du fait de l'action de l'atmosphère du four où on les cuit.

Le chrome est en effet susceptible de donner des composés à divers degrés d'oxydation ; la belle coloration verte, pour laquelle il est employé dans les silicates neutres, correspond au sesquioxyde. L'oxydation ou la réduction modifient la composition donnant des teintes jaunâtres dues à la formation d'acide chromique ou des teintes brunes dues au protoxyde.

La présence des alcalis dans la couverte facilite la production de la coloration jaune.

En dehors de la belle couleur verte, résistant au grand feu et employée si fréquemment dans la céramique moderne, le chrome donne encore par association avec d'autres substances des colorations très variées et d'un grand intérêt, qui d'ailleurs ne résistent généralement pas au grand feu. C'est ainsi qu'avec l'oxyde de plomb on obtient des jaunes orangés ; et, avec le plomb et les borates, des jaunes verdâtres d'un emploi fréquent. L'acide chromique, associé à l'acide stannique et à la chaux, donne une série de couleurs vitrifiables, allant du rose au pourpre ; le chrome n'y est d'ailleurs qu'en faible proportion.

**Oxyde de manganèse.** — Le minerai ordinaire du man-

ganèse est le bioxyde  $MnO^2$  ou *pyrolusite* ; c'est une substance noire exploitée en quantités énormes pour l'industrie des produits chimiques.

Le minéral, tel qu'on le trouve dans la nature, entre dans certaines préparations céramiques ainsi qu'en verrerie où il joue un assez grand rôle ; mais le plus souvent, pour la décoration céramique, on a recours à l'oxyde purifié par un traitement chimique.

L'oxyde de manganèse donne avec les silicates alcalins une coloration rose violacée. C'est en somme un colorant peu intense, mais la couleur qu'il donne est sensiblement complémentaire de la couleur verte inhérente aux produits vitrifiés ferrugineux, qu'on veut corriger. De là l'emploi habituel de cette substance pour blanchir certaines couvertes.

Le manganèse est un élément extrêmement répandu dans les minéraux ; beaucoup de matériaux céramiques en contiennent de faibles quantités, ce qui présente souvent l'inconvénient de donner aux produits faits avec ces matériaux une coloration grise.

Le manganèse, en dehors de son emploi pour la production des tons rose violacés, présente un grand intérêt par les couleurs qu'il est susceptible de donner avec d'autres oxydes métalliques principalement avec l'oxyde de fer. C'est ainsi qu'il entre pour une très grande part dans la composition du *brun écaillé*, couleur très éclatante.

Il joue aussi un certain rôle, même en très faible proportion, dans les différentes couleurs que les oxydes de fer sont susceptibles de donner, notamment dans les céladons.

**Oxydes de cuivre.** — Quand on chauffe une lame de cuivre à l'air, on observe d'abord qu'elle prend une coloration pourpre. Celle-ci est due à la formation d'*oxyde cuivreux*  $Cu^2O$  ; en continuant l'action de la chaleur et de

l'oxygène de l'air, on observe que le métal se recouvre d'une couche noire ; elle est formée d'oxyde cuivrique  $\text{CuO}$ . Ces deux combinaisons du cuivre avec l'oxygène sont utilisées pour la production de couleurs vitrifiables, grâce auxquelles on obtient les effets décoratifs les plus recherchés.

L'oxyde cuivreux ou oxydule est une matière rouge pulvérulente. On le prépare de la manière suivante. On fait une solution de sulfate de cuivre, à laquelle on ajoute du tartrate de potasse. On obtient ainsi une solution qui possède une belle coloration violette ; si, en chauffant cette liqueur à l'ébullition, on y fait tomber une solution de glucose, on voit immédiatement se former un précipité rouge d'oxyde cuivreux. On le prépare encore en fondant du sulfate de cuivre avec du carbonate de soude et de la limaille de cuivre. Quand le creuset dans lequel a été faite la fusion est refroidi, on en lave le contenu dans l'eau, il reste de l'oxyde cuivreux insoluble.

L'oxyde cuivreux communique aux silicates une très belle coloration rouge, le rouge de cuivre ou rouge chinois. Cette couleur ne résiste pas au grand feu comme celles qui sont dues aux oxydes de cobalt ou de chrome ; le métal se volatilise à température très élevée ; lorsqu'on atteint la température limite où cette volatilisation commence à se produire, on obtient les effets si recherchés appelés *flammés* ou *flambés*, qui ont fait l'objet des efforts d'un très grand nombre de céramistes occidentaux, pour reproduire ce que les Chinois font couramment depuis très longtemps.

Le rouge de cuivre ne présente jamais une teinte uniforme ; sa composition est en réalité très incertaine. Tantôt il semble formé par le cuivre métallique précipité dans la glaçure, comme cela arrive pour certaines couleurs d'or ou de platine ; la coloration est alors très vive ; tantôt il paraît dû à l'existence de l'oxydule en suspension ou en

dissolution ; il est alors plus terne, violacé, allant même jusqu'au bleu.

La première forme est plus difficile à obtenir et ne se trouve jamais uniformément sur toute la surface de l'objet. Elle est obtenue au four par l'emploi d'une atmosphère d'abord réductrice, puis neutre ou même légèrement oxydante au moment du coup de feu final.

L'oxyde cuivrique s'obtient par la calcination du métal ou d'un de ses sels.

Introduit dans les mélanges vitrifiables, il donne un beau vert. Cette coloration n'est obtenue que dans une atmosphère oxydante.

L'oxyde cuivrique est aussi employé avec l'oxyde de fer, l'oxyde de chrome et l'oxyde de cobalt, pour obtenir des noirs.

**Oxydes divers.** — *L'oxyde de nickel* permet l'obtention de teintes grises ou brunes d'un assez bel effet ; mais, en général, il n'est pas employé seul et est introduit dans des mélanges contenant surtout de l'oxyde de fer et destinés à donner des bruns.

*L'oxyde d'urane* joue un certain rôle dans la décoration céramique. Il s'extrait d'un minéral appelé *pechblende*, abondant en Bohême, formé surtout de sesquioxide  $U_2O_3$ .

Il est aussi employé sous forme d'uranate d'ammoniaque.

Les composés d'urane entrent dans la composition de belles couleurs jaunes.

Les mélanges contenant de *l'oxyde de titane* donnent en atmosphère oxydante une belle coloration jaune, facile à obtenir. Dès que l'atmosphère cesse d'être oxydante, la teinte noircit ; on utilise cette propriété pour déterminer l'allure oxydante ou réductrice du four, car ce changement de couleur est très sensible.

L'emploi de *noir d'urane*, avec l'oxyde pur ou l'oxyde mélangé à l'oxyde de fer, est aussi très répandu.

Le *titane* joue, depuis une époque relativement récente, un assez grand rôle dans la décoration céramique, moins par son pouvoir colorant propre, qui est assez faible, que par la propriété que possède son oxyde de former des silico-titanates que de faibles quantités d'autres oxydes colorent différemment et qui ont la propriété de donner aisément des couvertes cristallisées, qui sont fort recherchées actuellement.

En atmosphère oxydante, on obtient une faible coloration jaune et, en atmosphère réductrice, un très beau bleu. C'est sous forme du minéral, appelé *rutile* ou *acide titanique* ou encore sous forme de *titanate de fer*, qu'on emploie cet oxyde.

Enfin un certain nombre de métaux rares, le *vanadium*, le *molybdène*, le *tungstène* donnent des oxydes susceptibles de quelques emplois céramiques. Ce dernier métal semble à ce point de vue le plus intéressant jusqu'ici (1) pour modifier les colorations des autres oxydes.

**Pourpres de Cassius.** — Ces corps qui sont composés d'or métallique, d'étain et d'oxygène, se préparent en ajoutant du chlorure stanneux ou stannique à une solution de trichlorure d'or ; on obtient un précipité d'un beau pourpre.

Ce pourpre servira à obtenir des émaux ou couleurs roses ou carminées au feu de moufle ; par mélange avec d'autres colorants, il permettra d'obtenir de beaux tons violacés.

(1) A. Granger, *Production d'un bleu de tungstène par réduction des tungstates au feu de cuisson de porcelaine.*



## TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉFACE . . . . .	5
CHAPITRE PREMIER. — Classification des poteries. . . . .	7
CHAPITRE II. — Considérations générales sur les compositions céramiques . . . . .	14
CHAPITRE III. — Etude des éléments qui constituent les pâtes céramiques au point de vue minéralogique et géologique . . . . .	15
a) <i>Les argiles.</i> . . . . .	15
b) <i>Les feldspaths</i> . . . . .	20
c) <i>Les kaolins</i> . . . . .	22
d) <i>Les quartz et sables.</i> . . . . .	25
e) <i>La craie et la marne</i> . . . . .	27
CHAPITRE IV. — Etude de ces éléments au point de vue chimique et physique . . . . .	27
a) <i>Les argiles.</i> . . . . .	27
Impuretés, 28. — Composition des argiles, 28. — Plasticité des argiles, 31. — Retrait des argiles, 33. — Infusibilité des argiles, 34. — Dilatation, 35. — Analyse des argiles, 35. — Essais des argiles. . . . .	36
b) <i>Les feldspaths.</i> . . . . .	38
Composition chimique des feldspaths, 38. — Nature des micas . . . . .	40
c) <i>Les kaolins</i> . . . . .	42
Kaolins d'origine pegmatitique, 42. — Kaolins	

d'origine granitique, 44. — Kaolins d'origine stratifiée . . . . .	46
d) <i>Les Quartz et sables</i> . . . . .	46
Variétés de quartz, 46. — Propriétés physiques, 48. — Calcination des quartz . . . . .	50
e) <i>La craie et la marne</i> . . . . .	51
<b>CHAPITRE V. — Propriétés physiques et chimiques des pâtes céramiques.</b> . . . .	52
Plasticité, 53. — Retrait . . . . .	54
<b>CHAPITRE VI. — Etude des éléments qui constituent les couvertes incolores</b> . . . . .	55
L'acide borique, 56. — Le borax, 56. — Le sel marin, 57. — Le carbonate et le sulfate de soude, 57. — Le carbonate de potasse, 58. — L'azotate de potasse, 58. — Les oxydes de plomb, 59. — Le phosphate de chaux, 60. — L'oxyde d'étain .	60
<b>CHAPITRE VII. — Etude physique des couvertes et de leur rapport avec les pâtes</b> . . . . .	62
<b>CHAPITRE VIII. — Outillage céramique</b> . . . . .	72
1° <i>Outils servant à la préparation des pâtes.</i> . . . .	74
A. Lavage. . . . .	76
B. Broyage, 82 — Broyage à sec, 86. — Broyage à l'eau . . . . .	91
C. Mélange des éléments. . . . .	96
2° <i>Outils servant au façonnage des pièces</i> . . . . .	108
A. Façonnage des pâtes sèches, 108. — Presse à pistons, 109. — Presses hydrauliques . . . . .	109
B. Façonnage des pâtes fermes et molles, 110. — Tournage, 110. — Tournassage, 115. — Calibrage, 120. — Calibrage des assiettes à Sèvres, 120. — Calibrage mécanique P. Faure, 121. — Moulage à la housse, 127. — Moulage à la housse et calibrage combinés, 131. — Moulage, 133. — Des modèles, 135. — Des moules, 136. — Dé-	

tails de la fabrication des moules en plâtre, 139.	
— Moulage à la balle, 141. — Moulage à la balle fait mécaniquement, 142. — Moulage à la croûte, 144. — Fabrication mécanique des grandes croûtes, 145. — Moulage par filières, 147. — Propulsion par cylindre, 148. — Propulsion par hélices, 150. — Propulsion par pistons . . . . .	151
C. Façonnage des barbotines, 151. — Coulage, 152. — Coulage par l'air comprimé, 157. — Coulage par le vide. . . . .	158
Garnissage . . . . .	159
3 <sup>o</sup> <i>Outils servant à la préparation des couvertes et émaux</i> . . . . .	159
Fabrication des frites et verres, 159. — Fours à creusets, 159. — Fours à cuvettes, 159. — Fours à faïence, 160. — Broyage des émaux. . . . .	160
4 <sup>o</sup> <i>Outils servant à l'émaillage</i> . . . . .	163
CHAPITRE IX. — <b>Séchage et cuisson des poteries</b> . . . . .	166
Séchage, 168. — Chauffage des séchoirs, 169. — Séchoirs continus . . . . .	171
<i>Cuisson</i> . . . . .	171
Précautions à prendre pour protéger les objets durant la cuisson . . . . .	172
<i>Encastage</i> . . . . .	172
Encastage des pâtes non ramollissables, 172. — Encastage des pâtes ramollissables, 174. — Fabrication des cazettes, 175. — Machines à faire des cazettes, 177. — Des divers encastages . . . . .	178
<i>Enfournement</i> . . . . .	180
Les combustibles utilisés en céramique . . . . .	182
Atmosphère des fours . . . . .	186
<i>Fours céramiques</i> . . . . .	186

<i>Famille I. Fours sans foyer . . . . .</i>	188
Classe A. Four flamand. . . . .	188
Classe B. Four continu . . . . .	189
<i>2<sup>e</sup> famille. — Fours à foyers. . . . .</i>	191
Classe C. Fours découverts sans cheminée . . . . .	191
Classe D. Fours voûtés à axe horizontal . . . . .	192
Classe E. Fours voûtés à axe vertical à flammes directes. . . . .	193
Classe F. Fours voûtés à axe vertical à flammes renversées. . . . .	193
<i>3<sup>e</sup> famille. — Fours à gazogènes . . . . .</i>	196
Classe G. Fours à gazogènes . . . . .	196
Foyers . . . . .	198
Foyers au bois ou alandiers, 198. — Foyers au charbon, 199 — Foyer gazogène, 201. — Gazogènes, 202. — Fours à gazogènes sans cloisons, 203. — Fours à cloisons ou à chambres . . . . .	206
<i>Moufles. . . . .</i>	207
Moufles à flammes directes, 207. — Moufles à flammes renversées, 207. — Moufles à cuisson continue à chambre unique, 208. — Moufles à cuisson continue à chambres multiples . . . . .	210
<b>CHAPITRE X. — Fours d'essais . . . . .</b>	211
<b>CHAPITRE XI. — Mesure des hautes températures . . . . .</b>	217
<b>CHAPITRE XII. — Qualités et défauts des céramiques . . . . .</b>	223
<b>CHAPITRE XIII. — Décoration des poteries . . . . .</b>	233
Procédés de décoration, 233. — Décoration par la matière elle-même. . . . .	234
Classification des procédés de décoration . . . . .	235
<i>Décors de grand feu . . . . .</i>	236
A. Décors sous la couverte transparente . . . . .	236
a) Couleurs sous couverte . . . . .	236
b) Engobes. . . . .	237
c) Pâtes colorées. . . . .	238

d) Incrustations de pâtes . . . . .	239
e) Pâtes teintées . . . . .	240
B. Décors par la couverte . . . . .	241
f) Couvertes colorées . . . . .	241
C. Décors sur la couverte transparente. . . . .	242
g) Par couvertes colorées. . . . .	242
h) Par pâtes sur couvertes . . . . .	243
i) Par cristallisations . . . . .	243
D. Décors sur la couverte opaque. . . . .	244
j) Par peinture . . . . .	244
k) Par peinture recouverte de couverte transpa- rente . . . . .	244
<i>Décors au feu de moufle</i> . . . . .	245
E. Décors sur biscuit . . . . .	245
l) Peinture sous couverte de moufle . . . . .	245
m) Décors recouverts de fonds d'émaux colorés . . . . .	246
F. Décors sur couverte . . . . .	246
n) Peinture avec des couleurs . . . . .	246
o) Peinture avec des émaux . . . . .	248
p) Dorures et lustres . . . . .	248
<i>Outillage nécessaire pour la décoration</i> . . . . .	250
<i>Procédés d'impression</i> . . . . .	252
Impression en taille douce, 253. — Impression litho- graphique, 257. — Impression au moyen de blocs, 258. — Impression au moyen de caoutchoucs. . . . .	259
CHAPITRE XIV. — <b>Colorants céramiques.</b> . . . .	259
Oxyde de cobalt, 260. — Oxyde de fer, 261. — Oxyde de chrome, 262. — Oxyde de manganèse, 263 — Oxydes de cuivre, 264. — Oxydes divers, 265. — Pourpres de Cassius . . . . .	267



# Encyclopédie Industrielle

à 5 francs le volume cartonné

Collection de volumes in-16 de 400 pages environ, avec figures

- |  |   |
|--|---|
| <p><b>Auscher (E.-S.)</b>. La céramique.<br/>— Grès, faïences, porcelaines.</p> <p><b>Bailly (A.)</b>. L'industrie du blanchissage.</p> <p><b>Barni (E.) et Montpellier</b>. Le monteur électricien.</p> <p><b>Bouant (E.)</b>. La galvanoplastie.<br/>— Le tabac.</p> <p><b>Boutroux (L.)</b>. Le pain et la panification.</p> <p><b>Busquet (R.)</b>. Traité d'électricité industrielle.</p> <p><b>Charabot (E.)</b>. Les parfums artificiels.</p> <p><b>Coffignal (L.)</b>. Verres et émaux.</p> <p><b>Convert (F.)</b>. L'industrie agricole.</p> <p><b>Coreil (F.)</b>. L'eau potable.</p> <p><b>Gain (E.)</b>. Précis de chimie agricole.</p> <p><b>Girard</b>. Cours de marchandises.</p> <p><b>Guichard (P.)</b>. Chimie du distillateur.<br/>— Précis de chimie industrielle.<br/>— L'industrie de la distillation.<br/>— L'eau dans l'industrie.<br/>— Microbiologie du distillateur.</p> <p><b>Guinochet (E.)</b>. Les eaux d'alimentation.</p> | <p><b>Haller</b>. L'industrie chimique.</p> <p><b>Halphen (G.)</b>. Couleurs et vernis.<br/>— L'industrie de la soude.</p> <p><b>Horsin-Déon (P.)</b>. Le sucre et l'industrie sucrière.</p> <p><b>Joulin (G.)</b>. L'industrie et le commerce des tissus.</p> <p><b>Knab</b>. Les minéraux utiles.</p> <p><b>Launay (L. de)</b>. L'argent.</p> <p><b>Lefèvre (J.)</b>. L'acétylène.<br/>— Savons et bougies.</p> <p><b>Lejeal (A.)</b>. L'aluminium.</p> <p><b>Leroux (G.) et Revel</b>. La traction mécanique.</p> <p><b>Pêcheux (H.)</b>. Précis de physique industrielle.</p> <p><b>Petit (P.)</b>. La bière et l'industrie de la brasserie.</p> <p><b>Riche (A.)</b>. Le pétrole.</p> <p><b>Trillat (A.)</b>. L'industrie chimique en Allemagne.<br/>— Les produits chimiques employés en médecine.</p> <p><b>Vivier (A.)</b>. Analyse et essais des matières agricoles.</p> <p><b>Voinesson de Lavelines (H.)</b>. Cuirs et faux.</p> <p><b>Weil (L.)</b>. L'or.</p> <p><b>Weiss (P.)</b>. Le cuivre.</p> |
|--|---|

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

## Bibliothèque des Connaissances Utiles

à 4 francs le volume cartonné

Collection de volumes in-16 illustrés d'environ 400 pages

- Anscher.** *L'art de découvrir les sources.*  
**Aygalliers (P. d'). *L'olivier et l'huile d'olive.*  
**Barré.** *Manuel de génie sanitaire, 2 vol.*  
**Baudouin (A.).** *Les eaux-de-vie et le cognac.*  
**Bachelet.** *Conseils aux mères,*  
**Beauvisage.** *Les matières grasses.*  
**Bel (J.).** *Les maladies de la vigne.*  
**Bellaïr (G.).** *Les arbres fruitiers.*  
**Berger (E.).** *Les plantes potagères.*  
**Blanchon.** *Canards, oies, cygnes.*  
 — *L'art de détruire les animaux nuisibles.*  
 — *L'industrie des fleurs artificielles.*  
**Bois (D.).** *Les orchidées.*  
 — *Les plantes d'appartements et de fenêtres.*  
 — *Le petit jardin.*  
**Bourrier.** *Les industries des abattoirs.*  
**Brévans (de).** *La fabrication des liqueurs.*  
 — *Les conserves alimentaires.*  
 — *Les légumes et les fruits,*  
 — *Le pain et la viande,*  
**Brunel.** *Les nouveautés photographiques.*  
 — *Carnet-Agenda du Photographe.*  
**Buchard (J.).** *Le matériel agricole.*  
 — *Les constructions agricoles.*  
**Cambon (V.).** *Le vin et l'art de la vinification.*  
**Champetier.** *Les maladies du jeune cheval.*  
**Coupin (H.).** *L'aquarium d'eau douce.*  
 — *L'amateur de coléoptères.*  
 — *L'amateur de papillons.*  
**Cuyer.** *Le dessin et la peinture.*  
**Dalton.** *Physiologie et hygiène des écoles.*  
**Denaille.** *La culture fourragère.*  
**Donné.** *Conseils aux mères.*  
**Dujardin.** *L'essai commercial des vins.*  
**Durand (E.).** *Manuel de Viticulture.*  
**Dussuc (E.).** *Les ennemis de la vigne.*  
**Espanet (A.).** *La pratique de l'homéopathie.*  
**Ferrand (E.).** *Premiers secours en cas d'accidents.*  
**Ferville (E.).** *L'industrie laitière.*  
**Fontan.** *La santé des animaux.*  
**Fitz James.** *La pratique de la viticulture.*  
**Gallier.** *Le cheval Anglo-Normand.*  
**Girard.** *Manuel d'apiculture.*  
**Gouin (A.).** *La pisciculture en eaux douces.*  
 — *La pisciculture en eaux salées.*  
**Gourret.** *Les pêcheries de la Méditerranée.*  
**Graffigny (H. de).** *Les industries d'amateurs*  
**Gunther.** *Médecine vétérinaire homœopathique.*  
**Guyot (E.).** *Les animaux de la ferme.*  
**Halphen (G.).** *La pratique des essais commerciaux, 2 vol.*  
**Héraud.** *Les secrets de la science et de l'industrie.*  
 — *Les secrets de l'alimentation.*  
 — *Les secrets de l'économie domestique.*  
 — *Jeux et récréations scientifiques.*  
**Lacroix-Danhard.** *La plume des oiseaux.*  
 — *Le poil des animaux et fourrures.*  
**Larhalétrier (A.).** *Les engrais.*  
**Leblond et Bouvier.** *La gymnastique.*  
**Lefèvre (J.).** *Les nouveautés électriques.*  
 — *Le chauffage.*  
 — *Les moteurs.*  
**Locard.** *Manuel d'ostréiculture.*  
 — *La pêche et les poissons d'eau douce.*  
**Londe (A.).** *Aide-mémoire de Photographie.*  
**Montillot (L.).** *L'éclairage électrique.*  
 — *L'amateur d'insectes.*  
 — *Les insectes nuisibles.*  
**Montserrat et Brissac.** *Le gaz.*  
**Moreau (H.).** *Les oiseaux de volière.*  
**Moquin-Tandon.** *Botanique médicale.*  
**Piessé (L.).** *Histoire des parfums.*  
 — *Chimie des parfums et essences.*  
**Pertus (J.).** *Le chien.*  
**Poutiers.** *La menuiserie.*  
**Riche (A.).** *L'art de l'essayeur.*  
 — *Monnaies, médailles et bijoux.*  
**Rémy Saint-Loup.** *Les oiseaux de parcs.*  
 — *Les oiseaux de basse-cour.*  
**Relier (L.).** *Guide pratique de l'élevage du cheval.*  
**Sohribaux et Nanot.** *Botanique agricole.*  
**Sauvaux (E.).** *Les cultures Méditerranéennes.*  
**Saint-Vincent (D. de).** *Médecine des familles.*  
**Tassart.** *L'industrie de la teinture.*  
 — *Les matières colorantes.*  
**Thierry.** *Les vaches laitières.*  
**Vignon (L.).** *La soie.*  
**Vilmorin (Ph. de).** *Manuel de floriculture.*  
**Witz (A.).** *La machine à vapeur.***

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

# Encyclopédie Industrielle

Collection de volumes in-16 illustrés de figures  
à 5 et 6 francs le volume cartonné

**L'Industrie chimique en Allemagne, son organisation scientifique, commerciale, économique, par A. TRILLAT.**  
1900. 1 vol. in-16 de 500 pages, avec fig., cartonné..... 5 fr.

*La situation générale de l'Allemagne, au point de vue commercial, économique et géographique, description et situation présente des Industries chimiques, charbon, métallurgie et salines, la grande industrie chimique: acides, alcalis et dérivés, acide sulfurique, soude, potasse, etc.; l'industrie des produits chimiques de la pharmacie et de la droguerie; l'industrie des couleurs organiques et minérales; engrais, sels ammoniacaux, explosifs, industries sucrières, gélatine, céramique, porcelaine, verrerie, etc.; industries électrochimiques et électrometallurgiques. L'organisation économique et institutions patronales. L'organisation scientifique et l'enseignement de la chimie appliquée; causes qui ont contribué au progrès des industries en Allemagne, rôle des chambres de commerce et des associations professionnelles, protection des brevets, etc.*

**L'Industrie chimique, par A. HALLER, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, correspondant de l'Institut. 1895,**  
1 vol. in-16 de 324 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

*L'industrie et l'enseignement chimique en France et à l'étranger, les produits de la grande industrie chimique, les fabriques et les perfectionnements récents, les produits chimiques et pharmaceutiques, les fabriques de produits nouveaux ou peu connus, les matières colorantes artificielles, les matières premières pour la parfumerie.*

**Précis de Chimie industrielle, Notation atomique,**  
par P. GUICHARD, 1894, 1 vol. in-16 de 422 pages, avec 68 figures, cartonné..... 5 fr.

*M. Guichard a adopté la notation atomique et a indiqué les noms des corps d'après les principes de la nomenclature chimique internationale. Il s'est attaché exclusivement aux applications pratiques. Embrassant à la fois la Chimie minérale et organique, il a passé en revue les différents éléments et leurs dérivés, en suivant méthodiquement la classification atomique, et en insistant sur les questions industrielles.*

**Cours de Marchandises, Les Matières premières, commerciales et industrielles, par GIRARD, professeur à l'École pratique de commerce et d'industrie de Nîmes. 1900. 1 vol. in-16 de 412 pages, avec 246 figures, cartonné..... 5 fr.**

*Tous les produits sont étudiés au point de vue de leur origine, de leurs caractères distinctifs, de leurs qualités, de leurs variétés.*

*Métaux, produits chimiques, matériaux de construction, produits de la dépeuille, aliments et médicaments, textiles, papier, matières colorantes.*

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

**L'Industrie agricole**, par F. CONVERT, professeur à l'Institut agronomique. 1901. 1 vol. in-16 de 443 pages, cart. 5 fr.

*Climat, sol, population de la France.*

*Les céréales et la pomme de terre.* — Le blé. — Pays exportateurs. — Législation. — La farine, le pain, le son. — Le seigle, l'avoine, l'orge, le maïs. — La pomme de terre, les légumineuses alimentaires.

*Les plantes industrielles.* — Les betteraves à sucre et l'industrie de la sucrerie. — La betterave de distillation et l'alcool. — Les plantes oléagineuses et textiles. — Le houblon, la chicorée à café, le tabac. — La viticulture. — Les vins étrangers, les vins de raisins secs. — L'olivier.

*Le bétail et ses produits.* — Les espèces chevaline, bovine, ovine, porcine. — Le lait, le beurre et le fromage. — La viande de boucherie. — Le commerce extérieur du bétail. — La laine et la soie. — La production agricole de la France.

**Précis de Chimie agricole**, par EDOUARD GAIN, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Nancy, 1895, 1 vol. in 16 de 436 pages, avec 93 figures, cartonné ..... 5 fr.

Après avoir étudié le principe général de la nutrition des végétaux, l'auteur trace rapidement l'histoire des différentes doctrines relatives à l'alimentation des plantes. Abordant ensuite la physiologie générale de la nutrition, il passe en revue les rapports de la plante avec le sol et l'atmosphère, les fonctions de nutrition, le chimisme dynamique et le développement des végétaux. La deuxième partie traite de la composition chimique des plantes. La troisième est consacrée à la fertilisation du sol par les engrais et les amendements. La quatrième comprend la chimie des produits agricoles.

**Analyse et Essais des Matières agricoles**,

par A. VIVIER, directeur de la Station agronomique et du Laboratoire départemental de Melun. 1897, 1 vol. in-16 de 470 pages, avec 88 figures, cartonné ..... 5 fr.

L'auteur indique les méthodes générales de séparation et de dosage des éléments les plus importants dans les engrais, dans les sols et dans les plantes.

Il étudie l'analyse des engrais et des amendements, et à propos des engrais commerciaux, des exigences des plantes, ainsi que des conditions d'emploi des engrais dans les différents sols et pour les différentes cultures. Vient ensuite l'analyse au sol et celle des roches. L'analyse des eaux, les méthodes générales applicables à l'analyse des matières végétales et animales. Enfin, M. Vivier indique l'application de ces méthodes aux cas particuliers, fourrages, matières premières végétales des industries agricoles, produits et sous-produits de ces industries, etc.

**Le Pain et la Panification**, chimie et technologie de

la boulangerie et de la meunerie, par L. BOUTROUX, professeur de chimie à la Faculté des Sciences de Besançon, 1897, 1 vol. in-16 de 358 pages, avec 57 figures, cartonné ..... 5 fr.

Dans une première partie, M. Boutroux étudie la farine. La seconde partie est consacrée à la transformation de la farine en pain. Etude théorique de la fermentation panaire, opérations pratiques de la panification usuelle, procédés de panification employés en France ou à l'étranger. Composition chimique du pain et opérations par lesquelles le chimiste peut en apprécier la qualité ou y déceler les fraudes. Au point de vue de l'hygiène, valeur nutritive du pain en général et des diverses sortes de pain.

**Le Tabac**, culture et industrie, par ÉMILE BOUANT, agrégé des Sciences physiques. 1901, 1 vol. in-16, 347 pages, avec 104 figures, cartonné ..... 5 fr.

Historique. — Culture. — Technologie. — Matières premières. — Fabrication des scarifiatis. — Cigarettes. — Cigares. — De la poudre. — Des tabacs à mâcher. — Économie politique et hygiène.

J.-B. HAILLIÈRE ET FILS, 19, RUE HAUTEFENILLE A PARIS

**Les Produits chimiques** employés en médecine, *chimie analytique et fabrication industrielle*, par A. TRILLAT. Introduction par P. SCHUTZENBERGER, de l'Institut, 1894, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 67 figures, cartonné..... 5 fr.

Quatre chapitres sont consacrés à la classification des *antiseptiques*, à leur constitution chimique, à leurs procédés de préparation et à la détermination de la valeur d'un produit médicinal. Vient ensuite une classification rationnelle des produits médicaux, dérivés de la *série grasse* et de la *série aromatique*. Pour chaque substance on trouve : la constitution chimique, les procédés de préparation, les propriétés physiques, chimiques et physiologiques et la forme sous laquelle elle est employée.

**L'Acétylène**, par J. LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes, 1897, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec figures, cartonné..... 5 fr.

Le carbure de calcium, préparation et fabrication industrielle, propriétés, rendement. Préparation de l'acétylène. Générateurs divers. Acétylène liquide, dissous. Impuretés et purification. Propriétés chimiques. Éclairage : brûleurs, lampes, etc. Chauffage et force motrice. Applications chimiques. Inconvénients : toxicité, explosibilité. Règlements.

**Le Pétrole**, exploitation, raffinage, éclairage, chauffage, force motrice, par A. RICHE, directeur des essais à la Monnaie et G. HALPHEN, chimiste du Ministère du commerce, 1896, 1 vol. in-16 de 484 pages, avec 114 figures, cartonné..... 5 fr.

Gisements et méthode d'extraction de raffinage, procédés suivis en Amérique, en Russie, en France et en Autriche-Hongrie, pour la séparation et la purification des essences, huiles lampantes, huiles lourdes, paraffines et vaselines.

Applications : éclairage et chauffage ; production d'énergie mécanique ; lubrification. Qualités des différentes huiles et méthodes d'essai.

**Verres et Émaux**, par L. COFFIGNAL, ingénieur des Arts et Manufactures. 1 vol. in-16 de 332 pages, avec 120 figures, cartonné..... 5 fr.

La première partie du livre de M. Coffignal est consacrée aux *Verres*. Composition, propriétés physiques et chimiques et analyse des verres, des fours de fusion, produits réactifs et préparation des pâtes, procédés de façonnage du verre, produits spéciaux et compositions vitrifiables : verres solubles, verres de Bohême, cristal, verres d'optique, décoration du verre.

La deuxième partie consacrée aux *Émaux et glaçures*. Composition, matières premières et propriétés des glaçures, fabrication et pose des glaçures, emploi des émaux.

**La Céramique**, par E.-S. AUSCHER, ingénieur des Arts et Manufactures, 1901, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec fig., cart. 5 fr.

**Grès, Faïences, Porcelaines**, par E.-S. AUSCHER, 1901. 1 vol. in-16 de 400 pages, cartonné..... 5 fr.

Histoire de la céramique. — Poteries non vernissées poreuses. — Terres cuites. — Briques. — Tuiles. — Tuyaux. — Jarres. — Cuviers. — Alcarazzas. — Pots à fleurs. — Pipes en terre. — Filtres. — Carreaux. — Poteries vernissées à pâte poreuse. — Poteries lustrées. — Faïences stannifères. — Majoliques. — Faïences à vernis transparents. — Couvertes. — Faïences fines. — Poteries vernissées à pâte non poreuse. — Grès. — Porcelaines. — Porcelaines dures. — Porcelaines de Sèvres. — Porcelaine ordinaires. — Porcelaines orientales. — Porcelaines tendres. — Poteries non vernissées à pâte non poreuses. — Biscuits.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

## La Bière et l'Industrie de la Brasserie,

par PAUL PETIT, professeur à la Faculté des Sciences, directeur de l'École de brasserie de Nancy, 1895, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 74 figures, cartonné..... 5 fr.

Matières premières : Maltage. — Etude de l'eau, du houblon, de la poix — Brassage : Cuisson et houblonnage, refroidissement et oxygénation des moûts. — Fermentation : Malades de la bière. — Contrôle de fabrication. — Consommation et valeur alimentaire de la bière. — Installation d'une brasserie. — Enseignement technique.

## Chimie du Distillateur, *matières premières et produits de fabrication*, par P. GUICHARD, ancien chimiste de distillerie, 1895, 1 vol. in-16 de 408 pages, avec 75 figures, cartonné.... 5 fr.

Ce volume a pour objet l'étude chimique des matières premières, et des produits de fabrication de la distillerie. M. Guichard étudie successivement les éléments chimiques de la distillerie, leur composition et leur essai industriel.

## Microbiologie du Distillateur, *ferments et fermentations*, par P. GUICHARD, 1895, 1 vol. in-16, de 392 pages, avec 106 figures et 28 tableaux, cartonné..... 5 fr.

Historique des fermentations; matières albuminoïdes; ferments solubles, diastases, zymases ou enzymes; ferments figurés et levures; fermentations; composition et analyse industrielle des matières fermentées, malt, moûts, drèches, etc. Tableaux de la force réelle, des spiritueux, du poids réel d'alcool pur, des richesses alcooliques, etc.

## L'Industrie de la Distillation, *levures et alcools*, par P. GUICHARD, 1897, 1 vol. in-16 de 415 pages, avec 138 figures, cartonné..... 5 fr.

Fabrication des liquides sucrés par le malt et par les acides. — Fermentation de grains, pommes de terre, mélasses, etc. — Industrie de la levûre de brasserie, de distillerie et levure pure. — Fabrication de l'alcool; grains, pommes de terre, mélasses. — Distillation et purification de l'alcool. — Applications: levûres, alcools, résidus.

Placé pendant longtemps à la tête du laboratoire d'une fabrique de levure, M. Guichard a pu apprécier les besoins de cette grande industrie, et le traité qu'il publie aujourd'hui y donne satisfaction, en mettant à la portée des industriels, sous une forme simple, quoique complète, les travaux les plus récents des savants français et étrangers.

## Le Sucre et l'Industrie sucrière, par PAUL HORSIN-DÉON, ingénieur-chimiste, 1895, 1 vol. in-16 de 495 pages, avec 83 figures, cartonné..... 5 fr.

Ce livre passe en revue tout le travail de la sucrerie, tant au point de vue pratique de l'usine, qu'au point de vue purement chimique du laboratoire; c'est un exposé au courant des plus récents perfectionnements. Voici le titre des différents chapitres:

La betterave et sa culture. — Travail de la betterave et extraction du jus par pression et par diffusion, travail du jus, des écumes et des jus troubles, filtration, évaporation cuite. — Appareils d'évaporation à effets multiples. — Turbinage. — Extraction du sucre de la mélasse. — Analyses. — Sucre de canne ou saccharose. — Glucose, levulose et sucre interverti. — Analyse de la betterave, des jus, des écumes, des sucres, des mélasses, etc. — Le sucre de canne, culture et fabrication. — Raffinages des sucres.

**Savons et Bougies**, par JULIEN LEFÈVRE, agrégé des

sciences physiques, professeur à l'École des sciences de Nantes, 1894, 1 vol. in-16 de 424 pages, avec 116 figures, cartonné ..... 5 fr.

M. Lefèvre expose d'abord les notions générales sur les corps gras neutres.

Il traite ensuite de la savonnerie et décrit les matières premières, les procédés de fabrication, les falsifications et les modes d'essai. La seconde partie contient la fabrication des chandelles, (moulage des bougies stéariques, fabrication des bougies colorées, creusées, enroulées, allumettes-bougies, etc.), fabrication de la glycérine.

Dans les deux industries, l'auteur s'est appliqué à faire connaître les méthodes et les appareils les plus récents et les plus perfectionnés.

**Couleurs et Vernis**, par G. HALPHEN, chimiste au Mi-

nistère du commerce, 1894, 1 vol. in-16 de 388 pages, avec 29 figures, cartonné ..... 5 fr.

Ce livre présente l'ensemble des connaissances générales relatives à la fabrication des couleurs et vernis, tant au point de vue technique que dans leurs rapports avec l'art, l'industrie et l'hygiène.

On trouvera réunis dans ce volume tous les renseignements qui peuvent guider l'artiste ou l'artisan dans le choix des substances qu'il veut employer et le fabricant dans les manipulations qu'entraîne leur préparation. Il a été suivi une marche uniforme à propos de chaque couleur: la synonymie, la composition chimique, la fabrication, les propriétés et les usages. L'auteur a pu recueillir auprès des industries un grand nombre de renseignements pratiques sur les procédés les plus employés.

**Les Parfums artificiels**, par Eug. CHARABOT, chimiste

industriel, professeur d'analyse chimique à l'École commerciale de Paris, 1899, 1 vol. in-16 de 300 pages, avec 25 figures, cartonné 5 fr.

Les parfums synthétiques qui, incontestablement, présentent le plus d'intérêt au point de vue de leurs applications sont: le terpinéol, la vanilline, l'héliotropine, l'ionone, le musc artificiel. Ce sont eux qui ont droit au plus grand développement.

Toutefois l'auteur étudie en outre plusieurs principes naturels à composition définie (linalol, bornéol, safrol) qui servent de matières premières pour la préparation de substances odorantes.

Ce livre rendra service aux chimistes, aux industriels, aux experts.

**Cuir et Peaux**, par H. VOINESSON DE LAVELINES, chi-

miste au Laboratoire municipal, 1894, 1 vol. in-16 de 451 pages, avec 88 figures, cartonné ..... 5 fr.

M. Voinesson de Lavelines passe d'abord en revue les peaux employées dans l'industrie des cuirs et peaux, puis les produits chimiques usités en hongroirie et mégisserie, les végétaux tannants et les matières tinctoriales pour les peaux et la maroquinerie.

Vient ensuite la préparation des peaux brutes pour cuirs forts, le tannage des cuirs forts et la fabrication des cuirs mous. Les chapitres suivants sont consacrés à l'industrie du corroyeur, qui donne aux peaux les qualités spéciales, nécessaires suivant les industries qui les emploient: cordonniers, bourreliers, selliers, carrossiers, relieurs, etc. L'art de vernir les cuirs, est décrit très complètement. Viennent ensuite la hongroirie, la mégisserie, la chamoiserie et la buffleterrie. L'ouvrage se termine par la maroquinerie, l'impression et la teinture sur cuir, la parcheminerie et la ganterie.

**L'industrie et le Commerce des Tissus**,

en France et dans les différents pays, par G. JOULIN, chimiste au Laboratoire municipal, 1895, 1 vol. in-16 de 346 pages, avec 76 fig., cartonné ..... 5 fr.

Après avoir décrit les opérations préliminaires du tissage et les opérations spéciales pour étoffes façonnées, M. Joulin consacre des chapitres distincts au coton (filature et tissus de cotons, tissus unis, croisés, façonnés, velours, bonneterie, etc.) au lin, au jute, au chanvre, à la ramie, et à la laine (filature, travail de la laine à cardes et à peigne, draperie, reps, étamine, alpaga, barège, mérinos, velours, peluche, tapis, passementerie, vêtement, etc.).

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

**L'Eau dans l'Industrie**, par P. GUICHARD, 1894, 1 vol. in-16 de 417 pages, avec 80 figures, cartonné..... 5 fr.

M. Guichard s'occupe d'abord de l'analyse chimique, microscopique et bactériologique de l'eau, puis de la purification des eaux naturelles, par les procédés physiques ou chimiques. Il passe en revue les différentes espèces d'eaux employées; puis il étudie la fabrication et l'emploi de la glace, et l'emploi de l'eau à l'état liquide dans les industries alimentaires, dans la teinturerie, la papeterie, les industries chimiques, etc. Il traite ensuite des eaux résiduaires et de leur purification.

**L'Eau potable**, par F. COREIL, directeur du laboratoire municipal de Toulon, 1896, 1 vol. in-16 de 359 pages, avec 136 figures, cartonné..... 5 fr.

Éléments et caractères de l'eau potable. Analyse chimique, prise d'échantillon, analyse qualitative et quantitative. Examen microscopique. Analyse bactériologique. Amélioration et stérilisation des eaux.

**Les Eaux d'Alimentation**, épuration, filtration, stérilisation, par Éd. GUINOCHET, pharmacien en chef de l'hôpital de la Charité, 1894, 1 vol. in-16 de 370 pages, avec 52 fig., cart. 5 fr.

I. *Filtration centrale*: Galeries filtrantes, filtres à sable, puits Lefort, procédés industriels. — II. *Filtration domestique*: Epuration par les substances chimiques, filtres domestiques. Nettoyage et stérilisation des filtres (Nettoyeur André, Expériences de M. Guinochet, stérilisation des bougies filtrantes). — III. *Stérilisation par la chaleur*: Action de la chaleur, appareils stérilisateurs.

**L'Industrie du Blanchissage** et les blanchisseries, par A. BAILLY, 1895, 1 vol. in-16 de 383 p., avec 106 fig., cart. 5 fr.

Ce livre est divisé en trois parties: 1° le blanchiment des tissus neufs, des fils et des cotons; 2° le blanchissage domestique du linge dans les familles; 3° le blanchissage industriel. L'ouvrage débute par une étude des matières premières employées dans cette industrie. A la fin sont groupés les renseignements sur les installations et l'exploitation moderne des usines de blanchisseries: on y trouvera décrite: 1° l'installation et l'organisation des lavoirs publics; 2° les blanchisseries spéciales du linge des hôpitaux, des restaurants, des hôtels à voyageurs, des établissements civils et militaires; 3° la manière d'établir la comptabilité du linge à blanchir; 4° les relations entre la direction des usines, leur personnel et leur clientèle.

**L'industrie de la Soude**, par G. HALPHEN, 1895, 1 vol. in-16 de 368 pages, avec 91 figures, cartonné..... 5 fr.

Cet ouvrage renferme: 1° L'exposé des propriétés et des modes d'extraction des matières premières; 2° L'étude des anciennes méthodes de fabrication de la soude; 3° Un examen détaillé des procédés actuellement en usage dans les soudières, ce qui a nécessité les études spéciales de la fabrication du sulfate de soude, de la condensation de l'acide chlorhydrique, de la régénération de l'ammoniaque et du chlore dans le procédé à l'ammoniaque, de celle du soufre dans les mares ou charrières de soude Leblanc; 4° Les notions relatives à la fabrication de la soude caustique; 5° Les principes généraux de fabrication de la soude par la cryolithe et les sulfures doubles.

## MÉTALLURGIE

**L'Or**, propriétés physiques et chimiques, gisements, extraction, applications, dosage, par L. WEILL, ingénieur des mines. Introduction par U. LE VERRIER, professeur de métallurgie au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École des mines, 1896, 1 vol. in-16 de 420 pages, avec 67 figures, cartonné..... 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques; dosage. Géologie; minerais, gisement. Métallurgie; voie sèche, amalgamation et lixiviation. Elaboration: alliages, frappe des monnaies. Orfèvrerie: argenture. Rôle économique: commerce, statistique, avenir.

**L'Argent**, géologie, métallurgie, rôle économique, par Louis DE LAUNAY, professeur à l'École des mines, 1896, 1 vol. in-16 de 382 pages, avec 80 figures, cartonné..... 5 fr.

Propriétés physiques et chimiques. — Gisements: Gisements filoniens; Gisements sédimentaires. — Alluvions aurifères. — Extraction. — Applications. — Orfèvrerie. — Médailles. — Monnaies. — Dosage. — Essai des minerais. — Essai des alliages.

**Le Cuivre**, par PAUL WEISS, 1893, 1 vol. in-16 de 344 pages, avec 86 figures, cartonné..... 5 fr.

M. P. Weiss résume en un volume portatif toutes les données actuelles sur les gisements, la métallurgie et les applications du cuivre.

Dans une première partie, M. Weiss passe en revue l'origine, les gisements, les propriétés et les alliages du cuivre. Dans la deuxième partie, il passe en revue le grillage des minerais, la fabrication de la matte bronze, la transformation de la matte bronze en cuivre noir, l'affinage du cuivre brut et le traitement des minerais de cuivre par la voie humide.

La troisième partie traite des applications du cuivre, de son marché, de son emploi, de la fabrication et de l'emploi des plaques de cuivre (chaudronnerie, etc.), de l'emploi du cuivre en électricité (tréfilerie, etc.), de la fonderie du cuivre et de ses alliages, enfin des bronzes et laitons.

**L'Aluminium**, par A. LEJEAL. Introduction par U. LE VERRIER, professeur à l'École des mines, 1894, 1 vol. in-16 de 357 pages, avec 36 figures, cartonné..... 5 fr.

Le volume débute par un exposé historique et économique. Vient ensuite l'étude des propriétés physiques et chimiques de l'aluminium et de ses sels, l'étude des minerais et de la fabrication des produits aluminiques. Les chapitres suivants sont consacrés à la métallurgie (procédés chimiques, électrothermiques et électrolytiques), aux alliages, aux emplois de l'aluminium, à l'analyse et à l'essai des produits aluminiques, enfin au mode de travail et aux usages de l'aluminium.

Le volume se termine par l'histoire des autres métaux terreux et alcalino-terreux: manganèse, baryum et strontium, calcium et magnésium.

**Les Minéraux utiles et l'Exploitation des Mines**, par KNAB, répétiteur à l'École centrale, 1894, 1 vol. in-16 de 392 pages, avec 76 figures, cartonné..... 5 fr.

Dans une première partie, *Gîte des minéraux utiles*, M. Knab expose les faits géologiques qui mènent à la connaissance du gisement des minéraux. Il décrit les gîtes minéraux, les combustibles minéraux, le sel gemme, les minerais, les mines de la France et des colonies et expose les principes qui doivent guider pour la reconnaissance des mines.

La seconde partie, *Exploitation des minéraux utiles*, traite de l'attaque de la masse terrestre (*abatage, voies de communication, exploitation*), et des transports de toute nature effectués dans le sein de la terre (*épauement, aérage, extraction*). L'*éclairage*, la *descente des hommes*, les *accidents des mines* forment sous le titre de *Services divers* un groupe à part. Enfin, sous le nom de *Préparation mécanique des minerais*, l'auteur suit les minerais au-delà de l'instant où ils ont été amenés au jour, en vue de les livrer aux usines dans un état mieux approprié aux opérations à subir.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

**Précis de Physique industrielle**, par H. PÉCHEUX, professeur à l'École pratique de commerce et d'industrie de Limoges. Introduction par M. PAUL JACQUEMART, inspecteur général de l'enseignement technique, 1899, 1 vol. in-16 de 570 pages, avec 646 figures, cartonné..... 6 fr.

Le livre de M. Pécheux, répondant exactement au programme de physique des Écoles pratiques de commerce et d'industrie, est appelé à rendre d'utiles services aux élèves des Écoles pratiques et à tous les jeunes gens qui se destinent à l'industrie et qui doivent se familiariser avec les grands phénomènes physiques qu'ils sont exposés à rencontrer, dans tous les ateliers, en même temps qu'à toute une catégorie de jeunes gens mis dans l'impossibilité de suivre leur enseignement.

**Traité d'Électricité industrielle**, par R. BUSQUET, professeur à l'École industrielle de Lyon, 1900, 2 vol. in-16 de 500 pages chacun, avec 400 figures cartonné..... 12 fr.

Il n'existait pas encore un véritable livre d'initiation qui perant d'abord les questions d'électricité industrielle sans avoir fait au préalable des études spéciales. C'est cette lacune que l'auteur s'est proposé de combler voulant exposer simplement et sans le secours des hautes mathématiques les phénomènes électriques, sans rien sacrifier toutefois des principes exacts qui servent de base à l'électricité industrielle.

**Le Monteur électricien**, par E. BARNI, ingénieur-électricien et A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de *l'Électricien*, 1900, 1 vol. in-16 de 590 pages, avec 120 figures, cartonné..... 5 fr.

Dynamos. — Lampes à arc et à incandescence. — Appareils auxiliaires. — Lignes aériennes et souterraines. — Canalisations intérieures. — Calculs et essais des conducteurs. — Accumulateurs. — Courant alternatif et courants polyphasés. — Distribution de l'énergie électrique. — Moteurs.

**La Galvanoplastie, le nickelage, l'argenture, la dorure, l'électrometallurgie et les applications chimiques de l'électrolyse**, par E. BOUANT, agrégé des sciences physiques, 1894, 1 vol. in-16 de 400 pages, avec 52 figures, cartonné..... 5 fr.

I. *Notions générales sur l'électrolyse*: Unités pratiques de mesure. Sources d'électricité employées dans les opérations électrolytiques. Piles, accumulateurs, machines électrolytiques. — II. *Galvanoplastie*: Moulage. Disposition des baigns, formation du dépôt, électrotype. — III. *Electrochimie*: Décapage, cuivrage, argenture, dorure. Dépôt de divers métaux, coloration et ornementation par les dépôts métalliques. — IV. *Electrometallurgie*. — V. *Applications chimiques de l'électrolyse*: Épuration des eaux, désinfection, blanchiment, fabrication du chlore, tannage, préparation de l'oxygène, etc.

**La Traction mécanique et les Voitures automobiles**, par G. LEROUX et A. REVEL, ingénieurs du service de la traction mécanique à la Compagnie générale des Omnibus, 1900, 1 vol. in-16 de 394 pages, avec 108 figures, cartonné. 5 fr.

Les auteurs ont d'abord consacré un chapitre spécial à l'examen des organes qui sont communs à tous les systèmes. Puis ils passent en revue les TRAMWAYS À VAPEUR, À AIR COMPRIMÉ ET À GAZ, les TRAMWAYS ÉLECTRIQUES et les TRAMWAYS FUNICULAIRES. Les trois derniers chapitres sont consacrés AUX VOITURES AUTOMOBILES, voitures à vapeur, voitures à essence de pétrole et voitures électriques, et à la description des principaux types d'automobiles.

ELECTRICITÉ

# Dictionnaire d'Électricité

COMPRENANT

les Applications aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie

Par JULIEN LEFÈVRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES, AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES  
PROFESSEUR AU LYCÉE DE NANTES

DEUXIÈME ÉDITION MISE AU COURANT DES NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES

*Introduction par E. BOUTY*

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

1895. 1 vol. gr. in-8 de 1150 pages à 2 colonnes avec 1250 fig. 30 fr.

Le *Dictionnaire d'Électricité* de M. J. LEFÈVRE est une véritable encyclopédie électrique où le lecteur trouvera un exposé complet des principes et des méthodes en usage aujourd'hui, ainsi que la description de toutes les applications scientifiques et industrielles.

Le *Dictionnaire d'Électricité* présente sous une forme claire et concise des renseignements sur la terminologie électrique, comme aussi l'exposé des connaissances actuelles en électricité.

C'est le seul ouvrage de ce genre qui soit au courant des découvertes les plus nouvelles et qui fasse connaître les appareils et les applications qui se sont produits récemment, tant en France qu'à l'Étranger.

On y trouvera, en fait de nouveautés, au point de vue théorique, l'étude des ondulations électromagnétiques, celle des courants de haute fréquence, et l'exposé de la découverte des champs tournants et des courants polyphasés. Au point de vue des applications, on trouvera dans cette nouvelle édition toutes les nouveautés relatives au chauffage électrique, à la traction et aux locomotives électriques, à l'éclairage, au théâtrophone, etc.

Pour faire un bon dictionnaire d'électricité, il ne suffisait pas d'être un *électricien* : il fallait avant tout faire œuvre de professeur et savoir trouver dans chaque article la matière d'une petite monographie, claire, concise, et le plus possible indépendante des autres. M. Julien LEFÈVRE, bien connu comme un chercheur consciencieux et un professeur intelligent, offrait à cet égard des garanties sérieuses, et se trouvait désigné, d'autre part, par son habitude de l'enseignement technique. Il a parfaitement réussi.

Toute la partie technique du *Dictionnaire* est traitée avec un soin scrupuleux et un grand luxe d'informations.

La multiplicité des gravures, leur choix, leur parfaite exécution contribueront pour une bonne part au succès de cet ouvrage, tant auprès du grand public que chez les hommes spéciaux auxquels il sera plus particulièrement indispensable.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS,

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 19, près du Boulevard Saint-Germain, PARIS

# Dictionnaire de l'Industrie

Illustré de nombreuses figures intercalées dans le texte

*Matières premières — Machines et Appareils*  
*Méthodes de fabrication — Procédés mécaniques — Opérations chimiques*  
*Produits manufacturés*

Par JULIEN LEFÈVRE

DOCTEUR ES SCIENCES, AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES  
PROFESSEUR AU LYCÉE DE NANTES

1899, 1 vol. gr. in-8 de 924 pages à 2 colonnes, avec 817 figures.

Broché sous couverture en simili-japon gaufré..... 25 fr.  
Relié demi-marroquin..... 30 fr.

L'industrie s'est profondément modifiée depuis 25 ans, grâce aux efforts constants et soutenus d'une élite d'hommes instruits, entrepreneurs et toujours à la recherche de perfectionnements nouveaux. La France, l'Allemagne et l'Angleterre se sont partagé jusqu'à présent les différents marchés du monde. Mais d'autres peuples, les États-Unis et la Russie, commencent à entrer en lice et, grâce à leurs richesses naturelles immenses, sont appelés à prendre une place prépondérante.

Pour assurer la vitalité de notre industrie nationale, il faut que les industriels se tiennent de plus en plus au courant de la science et spécialement de ses applications chimiques, mécaniques et électriques.

Ce Dictionnaire contient, sous une forme claire et concise, tout ce qui se rapporte à l'industrie : *matières premières* qu'elle utilise, *machines et appareils* qu'elle emploie pour les transformer, *méthodes de fabrication, procédés mécaniques ou opérations chimiques* auxquels elle doit avoir recours, enfin *produits manufacturés* que le commerçant lui demande pour la consommation nationale aussi bien que pour l'exportation.

L'industrie embrasse aujourd'hui un champ si vaste que l'auteur a dû compiler un grand nombre de traités et de journaux techniques, français et étrangers, souvent même recourir aux industriels pour obtenir les renseignements spéciaux sur chaque industrie.

M. J. Lefèvre était bien préparé à cette lourde tâche par les nombreux ouvrages scientifiques et industriels qu'il a déjà publiés.

**Précis d'Hygiène industrielle**, comprenant des notions de chimie et de mécanique, par le Dr FÉLIX BRÉMOND, inspecteur départemental du travail, membre de la Commission des logements insalubres. 1893, 1 vol. in-18 jésus de 384 pages, avec 122 fig. 5 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE MANDAT POSTAL

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

# Dictionnaire de Chimie

COMPRENANT :

*les Applications aux Sciences, aux Arts, à l'Agriculture et à l'Industrie,  
à l'usage des Chimistes, des Industriels,  
des Fabricants de produits Chimiques, des Laboratoires municipaux,  
de l'École Centrale, de l'École des Mines, des Écoles de Chimie, etc.*

Par E. BOUANT

AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES

Introduction par M. TROOST, Membre de l'Institut

4 vol. gr. in-8 de 1220 pages, avec 400 figures..... 25 fr.

Sous des dimensions relativement restreintes, le *Dictionnaire de Chimie* de M. BOUANT contient tous les faits de nature à intéresser les chimistes, les industriels, les fabricants de produits chimiques, les médecins, les pharmaciens, les étudiants.

Parmi les corps si nombreux que l'on sait aujourd'hui obtenir et que l'on étudie dans les laboratoires, on a insisté tout particulièrement sur ceux qui présentent des applications. Sans négliger l'exposition des théories générales, dont on ne saurait se passer pour comprendre et coordonner les faits, on s'est restreint cependant à rester le plus possible sur le terrain de la chimie pratique. Les préparations, les propriétés, l'analyse des corps usuels sont indiquées avec tous les développements nécessaires. Les fabrications industrielles sont décrites de façon à donner une idée précise des méthodes et des appareils.

A la fin de l'étude de chaque corps, une large place est accordée à l'examen de ses applications. On ne s'est pas contenté, sur ce point, d'une rapide énumération. On a donné des indications précises, et fréquemment même des recettes pratiques qu'on ne rencontre ordinairement que dans les ouvrages spéciaux.

Ainsi conçu, ce dictionnaire a sa place marquée dans les laboratoires de chimie appliquée, les laboratoires municipaux, les laboratoires agricoles. Il rendra également de grands services à tous ceux qui, sans être chimistes, ne peuvent cependant rester complètement étrangers à la chimie.

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS.

COMMERCE — INDUSTRIE

**COURS**

LES MATIÈRES PREMIÈRES  
COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES

**DE MARCHANDISES**

A L'USAGE

*de l'Enseignement Commercial*

Par **L. GIRARD**

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE DE COMMERCE ET D'INDUSTRIE DE NARBONNE

1899, 1 vol. in-16 de 400 pages avec figures, cartonné. 5 fr.

De nombreuses écoles, répondant aux besoins multiples et variés de l'enseignement technique, se sont élevées en France, au cours de ces dernières années. Parmi les plus intéressantes de ces créations, on remarque les écoles pratiques de commerce et d'industrie qui, fondées par les départements ou par les communes, relèvent du ministère du commerce et de l'industrie.

Pour ces écoles nouvelles, créées en vue de former des jeunes gens habiles et instruits, capables de gagner immédiatement un salaire rémunérateur soit comme ouvriers, soit comme employés de commerce, des programmes nouveaux, répondant au but poursuivi, ont dû être adoptés. Jusqu'à présent le développement de ces programmes ne se trouvait reproduit dans aucun livre; cette lacune est en voie d'être comblée; après plusieurs années d'expérience qui leur permirent de bien connaître la nature de ces programmes et l'esprit dans lequel ils doivent être compris, quelques professeurs d'écoles pratiques ont pensé rendre service à leurs élèves en publiant leurs leçons. C'est ainsi que M. Girard, professeur à l'école de Nîmes, vient de publier un *Cours de Marchandises*. On y trouvera un exposé clair et complet de toutes les notions indispensables sur les matières premières commerciales et industrielles : tous les produits sont étudiés au point de vue de leur origine, de leurs caractères distinctifs, de leurs qualités, de leurs variétés.

**Précis d'Hygiène industrielle**, comprenant des notions

de chimie et de mécanique, par le Dr **Félix Brémont**, inspecteur départemental du travail, membre de la Commission des logements insalubres. 1893, 1 vol. in-18 Jésus de 384 pages, avec 122 fig. 5 fr.

Le *Précis d'hygiène industrielle* a été rédigé pour répandre la connaissance des prescriptions nouvelles de la loi du 2 novembre 1892 et pour faciliter son exécution. Voici l'énumération des principales divisions de cet ouvrage : Usines, chantiers et ateliers : atmosphère du travail : gaz, vapeurs et poussières. Hygiène du milieu industriel : froid, chaleur, humidité. Maladies professionnelles : matières irritantes, toxiques et infectieuses. Outillage industriel : moteurs divers, organes dangereux et appareils protecteurs. Accidents des machines et des outils. Premiers secours. Documents législatifs et administratifs.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Bibliothèque des **Connaissances Utiles**

à 4 francs le volume cartonné

Collection de volumes in-16 illustrés d'environ 400 pages

- Aucher.** *L'art de découvrir les sources.*  
**Aygalliers (P. d'). *L'olivier et l'huile d'olive.*  
**Barré.** *Manuel de génie sanitaire, 2 vol.*  
**Baudoin (A.). *Les eaux-de-vie et le cognac.*  
**Bachelet.** *Conseils aux mères, Beauvisage. Les matières grasses.*  
**Bel (J.). *Les maladies de la vigne.*  
**Bellair (G.). *Les arbres fruitiers.*  
**Berger (E.). *Les plantes potagères.*  
**Blanchon.** *Canards, oies, cygnes.*  
 — *L'art de détruire les animaux nuisibles.*  
 — *L'industrie des fleurs artificielles.*  
**Bois. (D.).** *Les orchidées.*  
 — *Les plantes d'appartements et de fenêtres.*  
 — *Le petit jardin.*  
**Bourrier.** *Les industries des abattoirs.*  
**Brévans (de).** *La fabrication des liqueurs.*  
 — *Les conservés alimentaires.*  
 — *Les légumes et les fruits,*  
 — *Le pain et la viande.*  
**Brunel.** *Les nouveautés photographiques.*  
 — *Album-Agenda du Photographe.*  
**Buchard (J.).** *Le matériel agricole.*  
 — *Les constructions agricoles.*  
**Cambon (V.).** *Le vin et l'art de la vinification.*  
**Champetier.** *Les maladies du jeune cheval.*  
**Coupin (H.).** *L'aquarium d'eau douce.*  
 — *L'amateur de coléoptères.*  
 — *L'amateur de papillons.*  
**Cuyer.** *Le dessin et la peinture.*  
**Dalton.** *Physiologie et hygiène des écoles.*  
**Denaiffe.** *La culture fourragère.*  
**Donné.** *Conseils aux mères.*  
**Dorjard.** *L'essai commercial des vins.*  
**Durand (E.).** *Manuel de Viticulture.*  
**Dussac (E.).** *Les ennemis de la vigne.*  
**Espanet (A.).** *La pratique de l'homéopathie.*  
**Ferrand (E.).** *Premiers secours en cas d'accidents.*  
**Ferville (E.).** *L'industrie laitière.*  
**Fontan.** *La santé des animaux.*  
**Fitz-James.** *La pratique de la viticulture.*  
**Gallier.** *Le cheval Anglo-Normand.*  
**Girard.** *Manuel d'apiculture.*  
**Gobin (A.).** *La pisciculture en eaux douces.*  
 — *La pisciculture en eaux salées.*  
**Gourret.** *Les pêcheries de la Méditerranée.*  
**Gratignay (H. de).** *Les industries d'amateurs.*  
**Gunther.** *Médecine vétérinaire homœopathique.*  
**Guyot (E.).** *Les animaux de la ferme.*  
**Halphen (G.).** *La pratique des essais commerciaux, 2 vol.*  
**Héraud.** *Les secrets de la science et de l'industrie.*  
 — *Les secrets de l'alimentation.*  
 — *Les secrets de l'économie domestique.*  
 — *Jeux et récréations scientifiques.*  
**Lacroix-Danliard.** *La plume des oiseaux.*  
 — *Le poil des animaux et fourrures.*  
**Larbalétrier (A.).** *Les engrais.*  
**Leblond et Bouvier.** *La gymnastique.*  
**Lefèvre (J.).** *Les nouveautés électriques.*  
 — *Le chauffage.*  
 — *Les moteurs.*  
**Locard.** *Manuel d'ostréiculture.*  
 — *La pêche et les poissons d'eau douce.*  
**Londe (A.).** *Aide-mémoire de Photographie.*  
**Montillot (L.).** *L'éclairage électrique.*  
 — *L'amateur d'insectes.*  
 — *Les insectes nuisibles.*  
**Montserratt et Brissac.** *Le gaz.*  
**Moréau (H.).** *Les oiseaux de volière.*  
**Moquin-Tandon.** *Botanique médicale.*  
**Piesse (L.).** *Histoire des parfums.*  
 — *Chimie des parfums et essences.*  
**Pertus (J.).** *Le chien.*  
**Poutiers.** *La menuiserie.*  
**Relier (L.).** *Guide pratique de l'élevage du cheval.*  
**Riche (A.).** *L'art de l'essayeur.*  
 — *Monnaies, médailles et bijoux.*  
**Rémy Saint-Loup.** *Les oiseaux de parcs.*  
 — *Les oiseaux de basse-cour.*  
**Schribaux et Nanot.** *Botanique agricole.*  
**Sauvaigo (E.).** *Les cultures Méditerranéennes.*  
**Saint-Vincent (Dr de).** *Médecine des familles.*  
**Tassart.** *L'industrie de la teinture.*  
 — *Les matières colorantes.*  
**Thierry.** *Les vaches laitières.*  
**Vignon (L.).** *La soie.*  
**Vilmorin (Ph. de).** *Manuel de floriculture.*  
**Witz (A.).** *La machine à vapeur.***********

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

# Petite Bibliothèque Scientifique et Médicale

Collection de volumes in-16, de 160 à 200 pages, illustrés

à 2 francs le volume

- Angerstein. Gymnast. à la maison.  
— Gymnast. des demoiselles.  
Ball. Folie érotique.  
Eastide. Vins sophistiqués.  
Bel. La rose.  
Bergeret. Fraudes conjugales.  
Bernard. Secours aux blessés.  
Bernhard. Médicaments oubliés.  
Biérix. Le thé.  
Binet. Hyg. de la jeune mère.  
— Médecine maternelle.  
Boery. Plantes oléagineuses.  
Bramsen. Les dents de nos enfants.  
Brémond. Préjugés en médecine.  
— Les passions et la santé.  
Cauvet. Essai des farines.  
Claude. Homœopathie.  
Corfield. Maisons d'habitation.  
Corlieu. Prostitution.  
Corre. Chirurgie d'urgence.  
Coste. L'inconscient.  
Debierre. L'hermaphrodisme.  
Dechaux. La Femme stérile.  
Degoux. Maladies à la mode.  
— Hygiène de la toilette.  
— Hygiène de la table.  
Favre. Notions élémentaires d'hygiène.  
Fournier. Onanisme  
Galopeau. Manuel du pédicure.  
Garnier (Paul). Les Folicistes.  
Gautier. Fécondation artificielle.  
Gensse. La femme.  
Girard (Ch.). Margarine.  
Gros. Mémoires d'un estomac.  
Hoffmann. Homœopathie.  
Hubert. Le Cidre.  
Jacquemet. Mal. de la 1<sup>re</sup> enfance.  
Jolly. Tabac et absinthe.  
Lecanu. Géologie.  
Magne. Hygiène de la vue.  
Malapert du Peux. Le lait.  
Monavon. Coloration des vins.  
Monteuuis. Bains de mer.  
— Guide de la garde-malade.  
Nogier. Éducation des facultés.  
O'Followell. Bicyclette et organes génitaux.  
Osborn. Premiers secours.  
Passy. Arboriculture fruitière, 3 vol.  
Périer. Première enfance.  
— Seconde enfance.  
— Hygiène de l'adolescence.  
— L'art de soigner les enfants.  
Reclu. Manuel de l'herboriste.  
Saporta. Chimie des vins.  
— La vigne et le vin.  
Siebold. Art des accouchements.  
Sylvius. Santé, formes, beauté.  
Weber. La goutte.  
Zaborowski. Boissons hygiéniques.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT POSTAL

## Dictionnaire de l'Industrie

Illustré de nombreuses figures intercalées dans le texte

*Matières premières — Machines et Appareils — Méthodes de fabrication*  
*Procédés mécaniques — Opérations chimiques*  
*Produits manufacturés*

Par JULIEN LEFÈVRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES, AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES,  
PROFESSEUR AU LYCÉE DE NANTES

1899. 1 vol. gr. in-8 de 900 à 950 pages à 2 colonnes, avec environ  
800 figures..... 25 fr.

---

## Dictionnaire d'Électricité

COMPRENANT

Les Applications aux Sciences, aux Arts et à l'Industrie

Par JULIEN LEFÈVRE

DOCTEUR ÈS SCIENCES, AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES,  
PROFESSEUR AU LYCÉE DE NANTES

DEUXIÈME ÉDITION MISE AU COURANT DES NOUVEAUTÉS ÉLECTRIQUES

Introduction par E. BOUTY

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

1895, 1 vol. gr. in-8 de 1150 p. à 2 colonnes, avec 1250 fig.. 25 fr.

---

## Dictionnaire de Chimie

Par E. BOUANT, Agrégé des sciences physiques.

COMPRENANT

Les Applications aux Sciences, aux Arts, à l'Agriculture et à l'Industrie

A L'USAGE DES CHIMISTES, DES INDUSTRIELS,  
DES FABRICANTS DE PRODUITS CHIMIQUES, DES LABORATOIRES MUNICIPAUX,  
DE L'ÉCOLE CENTRALE, DE L'ÉCOLE DES MINES, DES ÉCOLES DE CHIMIE, ETC.

Introduction par M. TROOST, Membre de l'Institut

1 vol. gr. in-8 de 1220 pages, avec 400 figures..... 25 fr.  
Ouvrage recommandé par le Ministère de l'Instruction publique pour les bibliothèques des lycées.

---

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.