

*Eléments de*

*Technologie*

**CÉRAMIQUE**

par

Claude BEUCARNOT — *Céramiste*  
*Directeur Général de la S<sup>e</sup> des Tuileries de l'Indochine*  
*Chargé de cours à l'École des Beaux-Arts de Hanoï*

Préface de M. A. THALAMAS  
*Recteur d'Académie* —  
*Directeur Général de l'Instruction publique*  
*en Indochine*

## PRÉFACE

Sous le titre vraiment trop modeste *d'Éléments de technologie céramique à l'usage des Ecoles d'art en Indochine*, l'ouvrage de M. Claude Beaucarnot n'est que la première partie d'un travail d'ensemble dont le second volume (en préparation) dressera pour l'Indochine entière l'inventaire complet de toutes les matières utilisables dans l'industrie céramique.

Cet effort considérable constituera pour l'Indochine la première documentation d'ensemble d'une science appliquée et répond ainsi pleinement au but sur lequel portent principalement aujourd'hui les désirs du Conseil des Recherches scientifiques. Les travaux de M. Claude Beaucarnot se présentent ainsi comme un exemple tant au point de vue pédagogique et technique qu'au point de vue du répertoire des richesses naturelles indochinoises utilisables ici pour l'industrie céramique. Ils sont aussi un acte de foi en l'avenir de cette industrie, notamment au Tonkin. *« Jusqu'à présent les fabricants n'ont fait que chercher leur voie faute des matières premières indispensables. Maintenant que nous avons la certitude de trouver ici les éléments nécessaires pour composer toutes les pâtes céramiques possibles, nous devons résolument progresser en abordant les nouvelles fabrications qui permettront à l'Indochine de s'affranchir du lourd tribut qu'elle paie à l'importation. »*

Cette certitude désormais indiscutable n'a d'ailleurs été acquise qu'au prix de dévouements, de risques, de difficultés et de dangers de tout ordre, insoupçonnés du grand public, même à la colonie, et grâce à une admirable phalange de pionniers de colonisation aussi modestes et précieux qu'ignorés et dont on est heureux de retrouver dans l'ouvrage de M. Claude Beaucarnot les noms et les œuvres. Après ce livre, il ne sera plus permis d'oublier : ni les prospecteurs, ni les collectionneurs avisés comme d'Argence, les chimistes sûrs et habiles comme Dupouy et Removille du laboratoire du service des

Mines, Pic de la Minière et Métallurgique ni surtout les industriels hardis et éclairés comme Henri Bourgouin, Henri Tirard, A. R. Marty et leurs dignes collaborateurs et continuateurs : R. Fournier qui construisit en Indochine les premiers fours à moufles, Barbotin le rénovateur des grès de Bat Trang, Nguyen - Ba-Chinh qui adapta au milieu indochinois les fours à flammes renversées, Madame Ballick qui fit de même pour les fours chinois et introduisit la méthode de dégraissage des pâtes par la chamotte, les Bernadet et les Beaucarnot qui apportèrent au Tonkin la science, les enseignements et les procédés céramiques de Larchevêque, professeur à l'École nationale de Vierzon.

Du livre de M. Claude Beaucarnot il ressort nettement que c'est l'influence française qui a provoqué et développera de plus en plus une renaissance originale de l'art céramique en Indochine. Sans doute il y a eu jadis des tentatives chinoises dont certaines, comme celles de Bat Trang près de Hanoi, ont eu au XVI<sup>e</sup> siècle un réel éclat et dont d'autres, comme celle de Cay-Mai-Cholon, vivent encore et ont servi de point de départ à nos réalisations de Bien-Hoa. Mais à notre arrivée on ne se trouvait plus partout en présence que d'une routine qui avait conduit à une indiscutable décadence. C'est au début du XX<sup>e</sup> siècle, avant la Grande Guerre, que des initiatives trop oubliées ont commencé le relèvement et c'est au Tonkin notamment que furent tentés, surtout grâce à M.M. Bourgouin, Barbotin et Henri Tirard des essais de rénovation soit avec l'aide d'artistes japonais, à Mao-Khé (1913) soit par sélection d'artisans annamites qui conservaient plus ou moins bien les traditions chinoises, à Bat-Trang (1912) soit par appel à des faïenciers français, à Hanoi (1905). A la veille de la Grande Guerre deux livres fondamentaux pour l'histoire de cette période parurent : celui de Barbotin, fondateur d'une section de céramique à l'École professionnelle de Hanoi, créée par lui, sur « la Poterie indigène au Tonkin » (1912) et celui de Dupouy « Etudes minéralogiques sur l'Indochine Française (1913).

Après la guerre et surtout de 1922 à 1931 naquirent l'exploration technique de l'Indochine au point de vue céramique et des

entreprises industrielles modernes. Les dernières découvertes de M. Beaucarnot après celles des kaolins de Yenbay et Trai-Hutt (Fleuve-Rouge) ont été celles des feldspaths et pegmatites céramiques dits : « cailloux à émail » mis à l'essai en 1930 à notre école de Bien-Hoa. Les principaux centres de progrès ont été en Cochinchine l'École de Bien-Hoa sous l'action de Madame Ballick et des traditions de notre manufacture nationale de Sèvres et au Tonkin les usines céramiques de la S. A. T. I. C. sous l'action de M. Beaucarnot et des traditions de l'École nationale de Vierzon. Madame Ballick a trouvé dans l'administration locale et notamment chez le Résident de sa province M. Marty, des soutiens éclairés et son Ecole a été aidée par la réorganisation de l'artisanat cochinchinois d'art accomplie en 1927 par la Direction Générale de l'Instruction Publique et dirigée par le grand artiste Besson, ancien prix de l'Indochine et ancien professeur à l'École des Beaux-Arts de Hanoi. L'exposition de Vincennes a brillamment sanctionné les résultats obtenus. Au Tonkin M. Tardieu et moi avions espéré qu'en confiant à M. Claude Beaucarnot à l'École des Beaux-Arts de Hanoi un enseignement de céramique qui devait ressusciter sous une forme supérieure l'ancienne section de céramique de M. Barbotin, supprimée jadis par l'administration locale, nous arriverions à créer rapidement, en particulier pour les faïences fines les grès fins et les porcelaines, un centre d'études, d'expériences et de rayonnement artisanal qui, comme cela a été déjà fait pour l'éducation générale sous la forme d'humanités extrême orientales, synthétiserait les progrès scientifiques de l'Occident et les meilleures traditions des arts anciens de Chine et du Japon. Pourquoi faut-il que le panbêtisme lamentable de certains milieux ait arrêté momentanément cette tentative en refusant, sous prétexte d'une économie de 7000 piastres, la construction du four à céramiques indispensable pour passer de l'enseignement technologique général si brillamment donné par M. Claude Beaucarnot à la formation professionnelle et technique qui en était la continuation nécessaire.

Au moins nos efforts auront-ils procuré à la jeunesse artisanale

et à l'avenir de l'industrie céramique indochinoise le beau livre de M. Claude Beaucarnot qui restera un document excellent de pédagogie précise, presque souriante parfois, comme l'est le chapitre VI, et dont les dernières pages constituent un véritable programme et guide pratique de l'enseignement en cette délicate matière.

Au moins aussi cette regrettable erreur, qui devra être réparée au plus tôt, a-t-elle fourni à M. Claude Beaucarnot l'occasion de donner une fois de plus la preuve de sa fermeté et de sa générosité d'esprit. Lorsque je lui ai offert de continuer pour l'année scolaire 1932-1933 son cours général de technologie céramique il a répondu en ces termes: " Le but que vous aviez envisagé en créant cette section, c'est-à-dire la formation d'artistes et artisans céramistes, ne saurait être atteint par un simple cours théorique de trois heures par semaine. J'attendrai donc la décision de l'Administration compétente au sujet de l'installation prévue du four et atelier".

Je suis convaincu qu'après la lecture du livre de M. Claude Beaucarnot il ne se trouvera plus personne qui ose s'opposer à l'achèvement de l'œuvre entreprise.

En tout cas c'est la joie et le réconfort du Recteur d'Académie, Directeur Général de l'Instruction Publique, que d'avoir rencontré en Indochine des collaborateurs comme M. Claude Beaucarnot. Ce sont les gens de sa trempe et de son cœur qui sont à la base de la colonisation française en Indochine.

A. THALAMAS

*Eléments de*

*Technologie*

**CÉRAMIQUE**

à l'usage des Sections de Céramique  
des Ecoles d'Art en Indochine

Notre vénéré Maître et ami Marc LARCHEVEQUE. Professeur de céramique à l'Ecole Nationale de Vierzon, a bien voulu s'intéresser à notre modeste ouvrage et nous a autorisé à puiser dans son remarquable cours sur la « Fabrication de la porcelaine dure » les principaux chapitres ayant trait à la constitution, préparation et mise en œuvre des matières premières.

Nous le prions de trouver ici, avec l'expression de notre reconnaissance, le témoignage de notre admiration pour l'œuvre si complète et si féconde qu'il a su réaliser dans l'enseignement pratique de la céramique.

C. B.

## INTRODUCTION

L'enseignement de la Céramique comprend deux parties distinctes : la partie artistique et la partie technologique, qui sont nécessaires l'une et l'autre à la formation complète d'un céramiste d'art. La première partie comprend l'étude des productions anciennes et modernes des divers pays d'après les documents, l'étude artistique des formes, couleurs, et tout ce qui concerne la composition décorative.

La partie technologique, dont nous nous occuperons exclusivement dans ce manuel, comprend l'étude des matières premières, du façonnage, de la technique du décor et de la cuisson.

Nous nous sommes appliqué à composer un cours très simplifié d'où nous avons exclu tout ce qui n'était pas strictement indispensable à l'exercice du métier tel qu'on peut le concevoir en Indochine pendant de longues années encore. Dans le même ordre d'idée, nous n'avons cité que des exemples indochinois connus : d'argiles, pâtes, combustibles et fours. D'autre part, comme nous nous adressons à de jeunes élèves qui n'ont pas encore abordé l'étude de la chimie, nous avons dû exposer le plus clairement et simplement possible les notions fondamentales de cette science en sept leçons préliminaires.

*La technologie céramique.* — La technologie céramique s'enseigne à l'atelier ou au laboratoire car il est indispensable que le maître puisse toujours trouver à portée de sa main le matériel nécessaire aux démonstrations.

Nous conseillons de faire alterner un cours oral d'une heure avec un cours pratique de trois heures pendant lequel les élèves exécuteront sous la surveillance d'un maître-ouvrier indochinois tous les travaux manuels qu'exigent les diverses et si nombreuses opérations de la fabrication, décor et cuisson.

On sait que dans la genèse d'une œuvre céramique, il y a deux actions coopérantes qu'animent deux esprits différents : celui de l'artiste et celui du technicien.

Toutefois, c'est une erreur de croire qu'il y a forcément incompatibilité entre ces deux mentalités : En étudiant à l'atelier la technique de la céramique, l'artiste acquiert peu à peu une idée nette des moyens pratiques que lui offre cette technique en vue des effets à obtenir. Composant sur des données sûres, il ne verra pas son inspiration brisée par des impossibilités matérielles qui finiraient par le décourager et l'éloigner d'un art pour lequel il peut avoir, latentes, de réelles dispositions. D'autre part l'artiste technicien a la possibilité de créer sa palette. Il peut également créer sa pâte, ce qui contribuera à dégager sa personnalité.

Au contraire, l'artiste ignorant la technique de la terre et du feu ne sera jamais un céramiste. Il ne pourra même pas utiliser certains genres de décoration dus à des effets de cuisson tels que les irisations, glaçures flammées cristallisées, etc. . . Car si ces effets sont en partie l'œuvre du hasard, le technicien, qui les comprend, peut du moins les diriger approximativement et il est capable en tout cas de les reproduire à volonté sous réserve d'une certaine marge d'imprévu.

Pour ces raisons, on conçoit qu'il ne saurait être question d'antagonisme entre l'enseignement artistique et la technologie, et qu'en fait, si la matière conditionne sa propre forme et l'emprisonne entre des limites assez étroites, le technicien travaille précisément à l'élargissement de ces limites afin de livrer un champ d'action de plus en plus vaste au génie créateur de l'artiste.

Notre Manufacture de Sèvres n'aurait jamais produit ses chefs d'œuvre si une suite ininterrompue de techniciens n'avait travaillé sans relâche, depuis sa fondation, au perfectionnement des pâtes et des couleurs. Une belle pâte de por-

celaine possède en effet une valeur intrinsèque que rien ne peut remplacer, et dans tout produit, la beauté de la facture doit aller de pair avec la beauté de la matière. La technique des pâtes est donc une question extrêmement importante, qui est à la base de l'art céramique.

*Les pâtes céramiques.* — Avec quels éléments compose-t-on les belles pâtes céramiques et notamment les grès et porcelaines ?

L'analyse chimique nous indique : Silice + Alumine + Alcalis comme constituants essentiels. (1) Le plus souvent, les pâtes blanches vitrifiées sont composées de kaolin, de feldspath, de quartz et d'argile halloysitique, avec ou sans addition de chaux. Là où l'on a trouvé ces matières premières, les fabrications ont vu le jour. La découverte du kaolin de Saint Yriex par Madame Darnet, en 1767 a été le point de départ de la porcelaine dure française de Limoges et Sèvres, comme cinquante ans auparavant, la découverte de kaolin feldspathique en Saxe par Boettger, avait marqué le début de la fabrication de la porcelaine dure européenne,

*La porcelaine chinoise.* — Les Chinois connaissaient l'art des pâtes translucides depuis la dynastie des Ming et leur immense pays abondait en matières premières de choix dont les gisements sont encore considérés de nos jours comme inépuisables. Longtemps ils travaillèrent à perfectionner leurs procédés qu'ils tinrent jalousement secrets.

On raconte qu'au 16<sup>ème</sup> siècle des Anglais voulurent à tout prix apporter en Europe le procédé de fabrication de la porcelaine dure. Pour se débarrasser des importuns, les Chinois leur donnèrent une pâte toute préparée dans laquelle ils avaient intentionnellement mêlé une quantité exagérée de pétunzé (feldspath). Les Anglais fabriquèrent avec

(1) On a fabriqué en Italie des porcelaines dures à base de silicate de magnésie (stéatite) N. de l'A,

cette pâte des vases et objets qu'ils décorèrent artistement mais ils ne retirèrent du four que des masses informes, boursoufflées et affaissées. Quand longtemps après les Chinois apprirent le mécompte des Anglais, ils se mirent à rire :

« Ces diables d'Occident, dirent-ils prétendaient faire tenir debout des corps formés de chair sans os ».

Car en effet, tout le secret de la fabrication des pâtes vitrifiées se résume dans cette formule ; « Composer un mélange de « chair » et « d'os » tel que la pâte puisse se vitrifier au feu sans s'affaisser sous son propre poids »

Les Chinois appelaient « chair » l'élément fusible de leurs pâtes (pétunzé) et ils appelaient « os » l'élément réfractaire (kaolin) lequel constitue le squelette, ou charpente résistante des pâtes vitrifiées.

Toutefois, il ne faudrait pas considérer comme immuable et parfaitement définie la composition des porcelaines chinoises. On observe au contraire des différences notables d'une pâte à l'autre, différences qui s'expliquent par ce fait que les roches employées sont plus ou moins pures et aussi parce que les Chinois font varier intentionnellement les qualités de leurs pâtes afin de les adapter aux conditions requises par chaque fabrication. C'est ainsi que les analyses donnent des teneurs en alumine (représentatives de l'élément kaolin) variant de 18 à 26 %, avec des pourcentages en alcalis (représentatifs de l'élément feldspath) qui oscillent entre 4 et 6. Et l'on a remarqué, en confirmation de la théorie chinoise de la « chair » et des « os » que les grands vases et autres pièces lourdes étaient toujours fabriqués avec une pâte à base de kaolin alors que d'autres pièces de petites dimensions, telles que certaines vaisselles, étaient parfois manufacturées avec une pâte toute en « chair » c'est-à-dire constituée surtout avec des argiles feldspathiques et de la silice. (argiles feldspathiques dans le genre de celle du Dong-Trieu au Tonkin).

Comme on voit, les Chinois connaissent et comprennent parfaitement la technique des pâtes vitrifiées. et il ne faut pas trop s'étonner si, dans l'Art Céramique, ils se considèrent encore de nos jours comme les détenteurs d'un privilège céleste. Ils furent d'ailleurs confirmés dans cette idée par la grande richesse de leur pays en matières premières et cet état d'esprit nous fait comprendre pourquoi ils ont toujours exporté leurs marchandises sans jamais exporter leurs procédés, même chez leurs plus proches voisins.

Aussi bons commerçants que bons céramistes, ils vendirent en Extrême-Orient et même en Occident durant les 16ème, 17ème et 18ème siècles d'énormes quantités de magnifiques produits (Porcelaines Siamois, Persanes, de la Compagnie des Indes etc...) accommodées au goût de chaque clientèle. Malheureusement, il n'y a pas d'exemple de commerce aussi fructueux qui dure éternellement, et au début du 18ème siècle, la fatale concurrence intervint : on avait réinventé la porcelaine dure en Europe et l'on s'en servait pour fabriquer de fort belles pièces dans le goût oriental, avec décors chinois !

Pendant cette période de prospérité, les fabricants célestes, gâtés par de grosses demandes, avaient été amenés à sacrifier peu à peu la qualité à la quantité, d'autant mieux que les transports maritimes devenus faciles leur ouvraient un débouché plus étendu. C'est à cette époque que commence leur décadence artistique. La raréfaction de certains minerais, la facilité d'acheter à bon compte des oxydes colorants tout préparés de provenance japonaise ou américaine a hâté leur chute dans la banalité. On ne fait plus aujourd'hui ces « fonds » de grand feu tels que « vieux bleu », « foie de mulet », « rouge sang de bœuf », etc... difficilement imitables avec les produits chimiques purifiés de l'industrie moderne et qui étaient obtenus autrefois par des minerais complexes employés tels qu'ils sortaient du sol

*La céramique en Indochine.* — La décadence des productions céramiques d'Indochine a été beaucoup moins sensible, parce qu'on n'a jamais rien fait de très remarquable au Tonkin, en Annam, en Cochinchine ou au Cambodge. Les seuls maîtres possibles eussent été les Chinois et nous avons vu plus haut qu'ils répugnaient à exporter leurs « secrets » de fabrication. Pourtant des Japonais installèrent une fabrique de porcelaine près de Quang-Yên il y a 400 ans environ. Monsieur Henri Tirard, Industriel à Haiphong s'est particulièrement intéressé à l'historique de cette porcelainerie, et a découvert qu'elle avait produit pour la Cour de Hué des « bleus » marqués du Dragon à cinq griffes. On ne sait pas quelle fut la durée de son existence.

D'autre part, il semble que c'est à la même époque que fut fondée la fabrique de grès de Battrang, près de Hanoi, probablement par des Chinois. Cette fabrique passa par la suite entre les mains des Annamites lesquels ne purent pas se maintenir au courant des progrès de l'industrie céramique en Chine et laissèrent périliter leur art, vérifiant ainsi l'adage qui veut que toute industrie humaine qui ne progresse plus décline fatalement.

Les belles pièces de Battrang datent du 16<sup>ème</sup> siècle. On peut en voir quelques unes au Musée de l'Ecole Française d'Extrême-Orient, ainsi que dans la remarquable collection de Monsieur D'Argence, patiemment et méthodiquement constituée durant quarante ans de recherches dans le Tonkin et Nord-Annam.

Les vieux « Battrang » ont été confectionnés avec l'argile blanche du Dong-Trieu, qui est une bonne terre à grès. Le principe dominant de la décoration des grès de Battrang est le « pastillage » avec réserves d'émail. Cet émail, incolore ou verdâtre, était appliqué au pinceau. Le décor sous-couvert était gris bleuté et il était très probablement obtenu avec des oxydes de cobalt très manganésifères tels

qu'on en trouve encore dans certaines collines du Delta tonkinois. La température de cuisson était d'environ 1250° C.

En 1913, Monsieur A. R. Marty, sous l'inspiration de Monsieur Tirard, fonda à Mao-kbé une petite usine qui fut dirigée par trois céramistes japonais engagés spécialement pour la mise au point des pâtes et couvertes. La fabrique de Mao-Kbé n'eut qu'une existence éphémère. Mais elle produisit de fort belles pièces dont on ne trouve plus aujourd'hui que de rares exemplaires peu ou pas connus des collectionneurs. L'artiste japonais qui les exécuta s'appelait Makino.

Huit ans auparavant, Monsieur Henri Bourgoïn, Industriel à Hanoi, avait fait venir de France un faïencier spécialiste, Monsieur R. Fournier, qui mit au point la fabrication des majoliques à Hanoi et construisit les premiers fours à mouffles en Indochine.

En 1912, Monsieur A. Barbotin, Ingénieur des Arts et Manufactures, fondateur de l'Ecole professionnelle de Hanoi, fit une étude très documentée sur les fabrications céramiques au Tonkin : (*La Poterie indigène au Tonkin*) (Bulletin économique de l'Indochine 1912).

Ce technicien de valeur, comprenant tout l'intérêt qui s'attachait à la rénovation de l'art de Battrang, créa une section de céramique à l'Ecole professionnelle. Il engagea des potiers de Battrang qui exécutèrent sous sa direction des vases et des produits utilitaires, notamment des grès sanitaires. En 1917, Monsieur Barbotin fit des essais très intéressants de pâte à porcelaine avec l'argile blanche de Ho-Lao mélangée en diverses proportions avec du feldspath français. Ces essais, malheureusement, ne donnèrent qu'une porcelaine peu translucide et imparfaitement blanche teintée par l'oxyde de fer et le titane que renferment toujours les argiles du Dong-Trieu, comme d'ailleurs celles de Thu-Duc en Cochinchine.

L'échec des premiers fabricants de porcelaine en Indochine eût donc surtout pour cause leur ignorance des ressources du pays en minéraux céramiques. Pour ne pas "mettre la charrue avant les bœufs" il eût fallu commencer par prospecter le terrain au point de vue des argiles, kaolins et feldspaths céramiques. Or, cette prospection n'avait jamais été faite parcequ'elle n'avait jamais été jugée utile et que tous ceux qui s'étaient intéressés aux fabrications céramiques en ce pays s'étaient hypnotisés sur les argiles blanches (improprement dénommées kaolins) de la région du Dong-Trieu.

*Découverte des kaolins et feldspaths céramiques en Indochine.* — Au début de 1920, prenant la direction des usines céramiques S. A. T. I. C. nous eûmes l'occasion de rechercher au Tonkin, Annam et Cochinchine les gisements d'argiles alumineuses nécessaires aux fabrications de produits réfractaires que nous étions chargé de mettre sur pied. Par la même occasion, nous nous proposâmes de rechercher toutes les matières premières céramiques intéressantes en dehors des terres réfractaires : argiles à grès, marnes, shistes, kaolins, pegmatites, feldspaths, quartzites, etc.

Avant de nous mettre en campagne, nous primes conseil de Monsieur Dupouy, Directeur des laboratoires du Service des Mines, réputé pour connaître le mieux l'inventaire minéralogique et pétrographique du pays. Monsieur Dupouy nous avertit que l'étude géologique des argiles au Tonkin n'avait pas encore été faite et mit à notre disposition sa documentation exposée dans son fort bel ouvrage intitulé : « Etude Minéralogiques sur l'Indochine Française — Larose Editeur Paris 1913 ». La liste des matières premières céramiques y contenue était assez longue mais s'appliquait à des argiles ferrugineuses communes sans intérêt, et à quelques argiles blanches dans le genre de celles du Dong-Trieu. Nous ne trouvâmes aucune trace d'une « argile noble » pure et plastique, se rapprochant du type des

« Eyzies » non plus que d'un kaolin se rapprochant plus ou moins du type minéralogique. Quand aux argiles réfractaires alumineuses, nous ne trouvâmes pas davantage d'indication qui eût pu nous mettre sur la voie.

Nous commençâmes nos recherches en Juin 1920. Nos fonctions ne nous permettant que des tournées de prospection rapides et très espacées, nous passâmes un an avant de découvrir une première argile kaolinique nettement différente des types alluvionnaires connus. Ce fut l'argile de Mo-Hà, près Motrang, que nous employâmes par la suite à la fabrication de faïences. Puis en 1922, nous découvrîmes en Cochinchine, l'argile blanche plastique du plateau de Vinh-Thuân, près Long-Buu, où nous eûmes l'occasion de fonder la première usine céramique de Cochinchine munie d'un four continu. En 1923, Jean Beaucarnot découvrait les terres réfractaires de Binh-Thang (Gia-Dinh), En 1924, de retour au Tonkin, nous découvrîmes avec Monsieur Rétif, de Langson, les terres réfractaires alumineuses et les bauxites de Tam-Lung et Dong-Dang, près de la frontière de Chine. Depuis cette époque, nous employons ces terres pour nos produits réfractaires alumineux, et elles conviennent également pour la fabrication de la gâzetterie de porcelaine. Dans le courant de la même année, nous étudiâmes les marnes céramiques des bassins tertiaires de Dong-Giao et Yên-Bay (Rive droite du Fleuve Rouge) ainsi que différents shistes des régions de Lang-Nac, Lang-son etc.

A la fin de 1924, Monsieur Boulinier, Ingénieur des Mines nous signalait une terre blanche remarquablement alumineuse qui lui avait été remise par Monsieur le commandant en retraite Yves Grenès. Cette terre très blanche, non plastique, avait été analysée par Monsieur Pic, Chef du Laboratoire de la « Minière et Métallurgique » et titrait 40% d'AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Très intéressé par ce renseignement, nous nous rendîmes immédiatement chez Monsieur Grenès qui nous

expliqua que cette terre extra-blanche provenait d'une galerie de mine qu'il avait amorcée sur un de ses périmètres de recherches au Nord de Ngoi-Hop. Monsieur Grenès voulut bien nous accompagner à l'endroit en question. C'était à 6<sup>km</sup> au Nord-Est de la voie ferrée et il fallait, pour y accéder, marcher presque constamment dans le lit d'un ruisseau. Nous vîmes là, au pied de la montagne, une magnifique poche de kaolin très pur, ou plutôt de kaolinite, pour employer le terme exact. Le gisement était sillonné de filonets d'une matière dure, compacte et très blanche, que nous reconnûmes plus tard pour de l'halloysite.

C'est de cette manière que fut trouvé le premier gisement exploitable de kaolin au Tonkin.

Nous nous étions donné pour tâche, ensuite, de découvrir un feldspath ou une pegmatite de bonne qualité céramique afin de compléter la composition d'une pâte à porcelaine blanche. Sachant que les kaolins sont le résultat de la décomposition des feldspaths, il semblerait que les recherches du prospecteur avisé dussent se circonscrire dans une zone de kaolinisation. C'est du moins ce qui se passe en Limousin où les kaolins sont presque partout en contact avec les pegmatites qui leur ont donné naissance. Mais nous avons observé qu'il en était rarement de même en Indochine, où il est possible que les phénomènes de kaolinisation se soient effectués d'une façon plus intense et plus rapide. En conséquence les pegmatites se sont entièrement décomposées dans les gîtes de Ngoi-Hop, Yên-Bay et Dalat, que nous avons reconnus, et où elles n'ont laissé que leur quartz et micas. En fait, nous n'avons découvert des pegmatites utilisables que cinq ans après la découverte des kaolins. C'est dans le Sud-Annam près de Phan-Rang, que nous avons trouvé notre premier « caillou à émail » cuisant blanc et ne « bullant » pas trop (essayé à l'École de Biên-Hoà en 1930) et ce n'est qu'au début de 1931 que

nous avons eu la chance de découvrir, au bord du Fleuve Rouge, les feldspaths de Trai-Hutt dont la composition est sensiblement la même que celle des meilleurs types des Pyrénées. Ce gisement est le seul de l'Indochine où nous avons pu observer le contact immédiat entre kaolin et roche mère avec tous les états Intermédiaires de la roche en voie de kaolinisation.

Nous mentionnerons pour terminer ce petit historique, les gisements très importants de Yên-Bay (Rive Gauche) bien situés au point de vue des voies de communication et que nous avons exploités aussitôt découverts en 1925. Nous signalerons également les kaolins et halloysite de Ya-Bac, Fimnom, les cornish-stones du Cap-Padaran, de Phan-Rang et de Thanh-Hoa, ainsi que les remarquables argiles kaoliniques de Dalat. Nous avons essayé tous ces minéraux au fur et à mesure que nous les avons récoltés, au moyen d'analyses et essais pratiques sur matières seules. Nous les avons ensuite essayés au laboratoire comme éléments de pâtes à grès et de pâtes à porcelaines cuisant à la montre 9. Tous ceux que nous mentionnons dans le présent manuel ont donné des résultats satisfaisants.

Nous concluons en affirmant notre foi dans l'avenir de l'industrie céramique en Indochine où, jusqu'à présent, les fabricants n'ont fait que chercher leur voie, faute des matières premières indispensables. Maintenant que nous avons la certitude de trouver ici les éléments nécessaires pour composer toutes les pâtes céramiques possibles, nous devons résolument progresser en abordant les nouvelles fabrications qui permettront à l'Indochine de s'affranchir du lourd tribut qu'elle paye à l'importation.

CLAUDE BEAUCARNOT

CHIMIE ELEMENTAIRE

A l'usage des Elèves de 1ère Année des  
Ecoles d'Art d'Indochine

*Rappel de quelques notions de physique*

*Les trois états physiques de la matière.*— Les matières qui nous entourent se présentent à nos sens sous trois états principaux qui sont :

L'état solide

L'état liquide

L'état gazeux

Les corps solides sont composés de particules (molécules) soudées les unes aux autres. Pour séparer ces molécules il faut briser le corps solide (rupture). Les corps liquides n'ont pas de forme déterminée. Ils prennent la forme du vase qui les contient. Les particules d'un corps liquide glissent facilement les unes sur les autres et d'autant plus facilement que ce corps est plus fluide. L'eau est liquide, l'huile est visqueuse, c'est-à-dire moins fluide.

Les corps gazeux sont caractérisés par le manque de cohésion des molécules entre elles. Dans les corps gazeux les particules de matière tendent à s'écarter les unes des autres. Les corps gazeux sont élastiques et compressibles.

Il existe un quatrième état de la matière qui est très important en céramique. C'est l'état pâteux ou plastique.

Les corps plastiques sont intermédiaires entre les corps solides et les corps liquides. Le suif, la graisse, le fer chauffé au rouge sont plastiques, ainsi que l'argile convenablement humectée d'eau. Les corps plastiques ont une cohésion faible. Ils sont facilement déformables et peuvent se mouler ou s'étirer. Les corps plastiques ne sont compressibles que dans la mesure de leur porosité, la porosité des corps plastiques étant représentée par l'air qu'ils peuvent

contenir. Les corps solides et les corps liquides ne sont pas compressibles.

Un même corps peut prendre les divers états : solide, liquide ou gazeux selon sa température.

Au-dessous de 0°C l'eau est solide. De 0°C à 100°C l'eau est liquide. Au-dessus de 100°C l'eau est à l'état de vapeur, c'est-à-dire à l'état gazeux.

---

## CHAPITRE I

### Corps simples et corps composés — Mélange et combinaison — Synthèse et analyse

*Corps simples.* — Les matières qui nous entourent sont des corps simples ou des corps composés.

On appelle corps simples, les corps purs qu'on trouve dans la nature, ou que l'homme est capable de fabriquer en partant de corps mélangés ou de corps combinés. Les corps simples naturels sont très rares : l'or natif, le platine, le diamant sont des corps simples naturels.

*Corps composés.* — Les corps composés forment la presque totalité du globe terrestre et de l'atmosphère qui l'environne.

On distingue deux sortes de corps composés qui sont :

Les mélanges

Les combinaisons

Les mélanges peuvent être composés de corps simples ou de corps combinés solides, liquides, plastiques ou gazeux.

L'air que nous respirons est un mélange d'azote (corps simple gazeux) avec de l'oxygène (autre corps simple gazeux). L'air est un mélange gazeux.

Si nous mélangeons de l'eau à de l'alcool, nous aurons un mélange liquide d'eau et d'alcool. Si dans un ballon de

verre nous mettons du soufre en poudre avec de la limaille de fer, nous aurons un mélange de soufre et de fer. Si nous chauffons ce mélange, nous obtiendrons une combinaison de soufre et de fer, qui s'appelle du sulfure de fer. Dans ce nouveau corps ainsi produit, le soufre pur a disparu également. Il ne reste plus qu'un nouveau corps, nettement différent de ses constituants. Mais le poids du corps combiné ainsi fabriqué est le même que celui du soufre pur et du fer pur qui ont servi à réaliser cette synthèse.

En enflammant dans un ballon de verre un mélange gazeux composé de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène on obtient de l'eau à l'état de vapeur. L'eau est le résultat de la combinaison de l'oxygène avec l'hydrogène. L'eau est donc également un corps combiné.

Il est très important de ne pas confondre mélange et combinaison. Un autre exemple peut être donné par le mortier des maçons qui est un mélange de sable et de chaux. Si nous prenons un peu de ce mélange et que nous le mettions dans un four, à haute température, la chaux du mélange réagira sur le sable siliceux et donnera un verre. Le mortier du maçon, qui n'est qu'un mélange de chaux et de sable se transformera en verre, qui est une combinaison. Quand au contraire on sépare les éléments d'une combinaison, on dit que l'on fait une analyse. Les corps simples ne peuvent donc pas s'analyser. On ne peut analyser que des corps composés.

---

## CHAPITRE II

### L'oxygène — Les oxydes — Combustion — L'eau

L'oxygène est un corps simple gazeux très répandu dans la nature, soit à l'état de mélange, soit à l'état de combinaison. L'oxygène constitue un cinquième de l'atmosphère terrestre. L'oxygène se combine avec la plupart des corps

simples qu'on appelle des métaux. Les combinaisons de l'oxygène avec les métaux s'appellent des oxydes.

*Les oxydes.* — C'est ainsi qu'un morceau de fer abandonné longtemps dans l'air se recouvre peu à peu d'une couche d'oxyde de fer, provenant de la combinaison du fer avec l'oxygène de l'air. S'il s'agit d'un morceau de cuivre, nous aurons de l'oxyde de cuivre. L'aluminium exposé longtemps à l'air se recouvre d'une couche d'oxyde d'aluminium appelé alumine. Le métal calcium combiné avec l'oxygène donne de l'oxyde de calcium appelé chaux. Le métal gazeux hydrogène combiné avec l'oxygène donne un oxyde d'hydrogène qu'on appelle eau. Deux ou plusieurs oxydes peuvent se combiner entre eux pour former des corps composés. Par exemple le kaolin est composé d'oxyde de silicium combiné avec de l'oxyde d'aluminium et de l'eau.

*Combustion.* — Quand le corps simple qui se combine avec l'oxygène est susceptible de se combiner rapidement dans l'air, en brûlant, on dit que ce corps est combustible, et l'oxydation de ce corps combustible s'appelle combustion. Le charbon, le bois, le papier sont des matières qui contiennent un corps simple combustible appelé carbone. L'hydrogène est un combustible gazeux. La combustion produit beaucoup de chaleur. Aussi quand on veut obtenir une haute température, on fait du feu. Faire du feu c'est oxyder un combustible.

Le résultat de la combustion est un oxyde de carbone ou un anhydride carbonique, selon que la combustion a été plus ou moins complète. Quand on brûle du gaz hydrogène, le résultat de la combustion est de l'oxyde d'hydrogène c'est-à-dire de l'eau.

L'eau est composée d'un volume d'oxygène combiné avec deux volumes d'hydrogène. L'eau est le corps composé le plus répandu dans la nature. L'eau recouvre la plus grande partie de la surface du globe et imprègne les terres. L'eau

existe dans la plupart des roches, soit à l'état de mélange, soit à l'état de combinaison. L'argile contient toujours une certaine quantité d'eau combinée, même quand elle est très sèche. Quand on ajoute de l'eau à une argile sèche pour la rendre pâteuse, on obtient une pâte d'argile plastique qui contient à la fois de l'eau mélangée et de l'eau combinée. Lorsque l'on fait sécher un objet fabriqué avec cette pâte on évacue seulement l'eau de mélange ou eau d'interposition. Pour faire partir l'eau de combinaison il faut cuire l'objet dans un four chauffé au rouge. Le départ de l'eau de combinaison d'une argile ou d'un kaolin s'appelle deshydratation, qui est réalisée par la cuisson.

### CHAPITRE III

#### Métaux et métalloïdes — Les acides et les bases Invariabilité des corps composés

*Les corps simples.* — Nous avons vu dans le chapitre précédent que les corps simples étaient susceptibles de se combiner soit entre eux, soit avec d'autres corps combinés mais qu'on ne pouvait pas les décomposer par analyse. On appelle les corps simples, des éléments.

Il existe environ 80 éléments qui peuvent en s'unissant entre eux, donner par synthèse un grand nombre de corps composés. On classe les corps simples ou éléments en deux catégories : les métaux et les métalloïdes.

*Les métaux* sont des corps doués d'un éclat particulier, dit éclat métallique. Les métaux conduisent bien la chaleur et l'électricité. Ils sont ordinairement ductiles et malleables. L'oxydation des métaux produit généralement des oxydes basiques.

*Les métalloïdes* sont des corps qui n'ont que peu d'éclat. Ils conduisent mal la chaleur et l'électricité. Ils ne sont ni ductiles ni malleables. En se combinant à l'oxygène, ils donnent des oxydes à réaction acide.

*Les acides.* — L'oxydation des métalloïdes donne des oxydes qui se combinent avec l'eau pour former des acides. Les acides sont donc dérivés des métalloïdes. Les acides contiennent tous de l'hydrogène.

Quand on met un métal attaquant dans un récipient contenant un acide, l'hydrogène se dégage et le métal dissous prend la place de l'hydrogène dans la nouvelle combinaison qui s'appelle un sel. Mettons un morceau de métal zinc dans de l'acide sulfurique, le zinc disparaît peu à peu, de l'hydrogène se dégage et l'acide sulfurique se transforme en sulfate de zinc qui est un sel.

*Les bases.* — Les corps basiques sont l'opposé des corps acides. Au contraire des acides, les bases n'attaquent pas les métaux. Les bases ont tendance à se combiner avec les acides, et réciproquement. On dit que les bases et les acides ont de l'affinité chimique les uns pour les autres. Quand on mélange de l'acide avec une base, la combinaison des deux corps se fait instantanément en dégageant de la chaleur. Le résultat de la combinaison d'un acide avec une base s'appelle un sel. Mettons un morceau de soude dans de l'acide sulfurique, la combinaison dégage de la chaleur et forme du sulfate de soude qui est un sel. On dit que ce sel, résultat de la combinaison d'un acide avec une base est un corps neutre, c'est-à-dire un corps qui n'est ni un acide ni une base.

*Réactifs colorés.* — Pour savoir si un liquide est acide ou basique, on verse quelques gouttes du liquide à essayer dans une teinture de tournesol. Si la teinture de tournesol devient rouge, cela prouve que le liquide est acide. Si la teinture de tournesol devient bleue, cela prouve que le liquide est basique.

Les liquides qui comme la teinture de tournesol, changent de teinte, selon qu'ils deviennent acides ou basiques, s'appellent des réactifs colorés. Ils sont très utiles dans les

laboratoires, pour distinguer chimiquement les corps les uns des autres.

*Invariabilité des corps composés.* — La combinaison des corps simples entre eux se fait toujours dans les mêmes proportions. C'est encore là un caractère distinctif des combinaisons. Alors qu'un mélange peut s'opérer dans toutes les proportions possibles, une combinaison de corps simples ne peut se faire que dans le même rapport de poids. Par exemple l'eau qui est le résultat de la combinaison du gaz hydrogène avec le gaz oxygène se fait toujours avec deux poids d'hydrogène combinés avec 16 poids d'oxygène. Cette proportion donne la plus petite quantité d'eau qui puisse s'obtenir par synthèse. Pour fabriquer davantage d'eau, il suffit de multiplier les deux termes de ce rapport par le nombre voulu. Par exemple pour faire deux fois plus d'eau il faudra prendre 4 poids d'hydrogène et 32 poids d'oxygène. Pour faire 3 fois plus d'eau, nous prendrons 6 poids d'hydrogène que nous combinerons avec 48 poids d'oxygène et ainsi de suite. Mais il est absolument impossible de faire de l'eau en combinant par exemple 6 grammes d'hydrogène avec 60 grammes d'oxygène. Si nous essayons d'effectuer cette combinaison, nous aurons en trop 12 grammes d'oxygène qui ne pourront pas se combiner et qui resteront à l'état gazeux dans le vase appelé eudiomètre où nous aurons effectué la combinaison. D'autre part si nous voulons combiner de l'oxygène avec du silicium pour faire de la silice (oxyde de silicium) nous observerons que la plus petite quantité de silice que nous pouvons fabriquer sera le résultat de la combinaison de 32 poids d'oxygène avec 28 poids de silicium. Pour produire 2 fois plus de silice il nous faudrait prendre 2 fois plus d'oxygène c'est-à-dire 64 poids d'oxygène et deux fois plus de silicium, c'est-à-dire 56 poids de silicium, etc...

On voit donc que deux corps qui se combinent entre eux pour former une espèce chimique se combinent toujours

dans le même rapport de poids. C'est la loi des proportions définies. Les corps combinés ont donc chacun une composition invariable.

CHAPITRE IV

Les atomes et les molécules — Notation symbolique  
Poids atomique et poids moléculaire

Nous avons vu qu'il existait environ 80 corps simples ou éléments. Les corps simples peuvent être divisés en particules extrêmement petites qui s'appellent des atomes. Les atomes sont des parties de matière tellement petites qu'on ne peut pas les diviser. La combinaison de deux ou plusieurs atomes forme une molécule.

Les corps simples « métalloïdes » sont les suivants :

Antimoine... Sb	Carbone... C	Phosphore .. P
Arsenic..... As	Chlore.... Cl	Sélénium..... Se
Bore..... Bo	Fluor..... F	Silicium..... Si
Azote... .. Az	Oxygène... O	Soufre..... S
Brome..... Br		

On remarquera par le tableau ci-dessus que chaque nom de corps simple porte sa désignation en abrégé à sa droite. Cette façon de désigner chaque corps simple par la première lettre ou les deux premières lettres de son nom s'appelle « notation symbolique » des éléments.

Les corps simples « métaux » employés en céramique sont les suivants, avec leur notation symbolique respective.

Aluminium... Al	Cuivre..... Cu	Or..... Au
Argent..... Ag	Etain..... Sn	Hydrogène. H
Baryum..... Ba	Fer..... Fe	Platine..... Pt
Bismuth..... Bi	Magnésium. Mg	Plomb..... Pb
Calcium..... Ca	Manganèse.. Mn	Potassium.. K
Chrome..... Cr	Mercure... Hg	Sodium.... Na
Cobalt... .. Co	Nickel..... Ni	Zinc..... Zn

*Poids atomique.* — Nous savons que lorsque deux corps simples se combinent l'un à l'autre pour former un corps composé, la combinaison des deux corps simples se fait toujours dans les mêmes proportions. On appelle cette règle la loi des proportions définies. Ainsi 1 gramme d'hydrogène se combine avec 8 grammes d'oxygène pour former 9 grammes d'eau. On a remarqué ainsi, que la plus petite quantité combinable d'un corps simple avait un poids de 1 pour l'hydrogène 16 pour l'oxygène, 56 pour le fer etc... On en déduit que l'atome du corps simple qui s'appelle hydrogène pèse 1, que l'atome de l'oxygène pèse 16, que l'atome de fer pèse 56 etc... Ces chiffres de 1, 16 et 56 représentent le poids atomique des corps simples en question.

Chaque corps simple a son poids atomique particulier.

Tableau des corps simples employés en céramique et de leur poids atomique :

Aluminium.... Al : 27,5	Bore..... Bo : 11,00
Antimoine..... Sb : 120,00	Brome..... Br : 80,00
Argent..... Ag : 108 00	Calcium..... Ca : 40,00
Arsenic... .. As : 75,00	Carbone..... C : 12,00
Azote..... Az : 14,00	Chlore..... Cl : 35,5
Baryum... .. Ba : 137,00	Chrome..... Cr : 52,5
Bismuth... .. Bi : 210,00	Cobalt .. ... Co : 59,00
Cuivre... .. Cu : 63,5	Oxygène..... O : 16,00
Etain..... Sn : 118 00	Phosphore... P : 31,00
Fer..... Fe : 56,00	Platine..... Pl : 195,00
Fluor... .. F : 19,00	Plomb... .. Pb : 207,00
Hydrogène.... H : 1,00	Potassium... K : 39 00
Magnésium.... Mg : 24,00	Silicium..... Si : 28 00
Manganèse.... Mn : 55,00	Sodium..... Na : 23,00
Mercure..... Hg : 200,00	Soufre..... S : 32,00
Nickel..... Ni : 59,00	Zinc..... Zn : 65,00
Or..... Au : 197,00	

Le poids atomique des corps simples représente la proportion dans laquelle ces corps se combinent entre eux, et le plus petit poids atomique des corps simples est celui de l'hydrogène, que l'on a pris comme unité.

*Notation symbolique des corps composés.* — La notation symbolique des corps composés se fait à l'aide des symboles qui servent à désigner les corps simples constituants. Ainsi nous savons que l'eau est composée de 1 poids d'hydrogène pour 8 poids d'oxygène. Or notre tableau des poids atomiques nous indique que la plus petite partie combinable de l'oxygène c'est à dire l'atome d'oxygène pèse 16 grammes. Pour 16 grammes d'oxygène, nous emploierons donc 8 fois moins d'hydrogène, c'est à dire 2 grammes d'hydrogène, c'est à dire 2 atomes d'hydrogène. Et nous écrirons ce corps composé de la façon suivante  $H + H + O$  ou plus simplement  $H_2O$ , le petit chiffre 2 placé en haut et à droite de H signifiant que H a été pris 2 fois.  $H_2O$  veut donc dire que 2 atomes d'hydrogène se sont combinés avec 1 atome d'oxygène pour former une molécule d'eau. Pour former une molécule d'acide sulfurique nous savons qu'il faut combiner 1 atome de soufre avec 4 atomes d'oxygène et 2 atomes d'hydrogène. Nous écrirons donc la molécule d'acide sulfurique :  $SO_4 H_2$

Le poids de cette molécule d'acide sulfurique est de : 32 pour l'atome de soufre, 4 fois 16 pour les 4 atomes d'oxygène et 2 fois 1 pour les 2 atomes d'hydrogène. Ce qui nous donne au total le poids moléculaire de 64 pour l'acide sulfurique. On voit donc que le poids moléculaire d'un corps composé est égal à la somme des poids des atomes constituants.

### CHAPITRE V

#### Composés gazeux — Volume atomique des gaz simples — Volume moléculaire des gaz composés.

Les corps simples gazeux occupent un grand volume sous un tout petit poids. On dit que les gaz sont légers. Ainsi l'air que nous respirons qui est un mélange de corps simples gazeux pèse 1 gr 293 le litre. On a pris ce poids de 1 gr 293 comme unité pour déterminer la densité des corps gazeux. La densité d'un gaz est le rapport du poids de ce gaz au poids d'un égal volume d'air. La densité de l'oxygène est de 1,105. Cela veut dire que l'oxygène est 1 fois 105 plus lourd que l'air. Connaissant la densité d'un gaz, il suffit de multiplier cette densité par le poids de l'air 1 gr 293 pour avoir le poids de ce gaz. Nous voyons donc qu'il ne faut pas confondre densité d'un gaz avec poids d'un gaz. La densité, c'est un rapport. Le poids, c'est un nombre de grammes. Pour connaître le poids d'un litre d'oxygène nous multiplierons donc sa densité 1 105 par le poids de l'air : 1 gr 293 et nous obtiendrons 1 gr 429.

*Volume atomique des gaz simples* — Le poids atomique de l'oxygène est 16. Quel est le volume occupé par 16 grammes d'oxygène ? Nous savons que 1 gramme 429 d'oxygène donne un volume de 1 litre, 1 gramme donnera un volume de 1,429 fois moins et 16 grammes 16 fois plus, ce qui donne :

$$\frac{1 \text{ litre} \times 16}{1,429} = 11 \text{ litres } 19$$

Si nous cherchons par le même moyen quel est le volume occupé par l'atome d'hydrogène, par l'atome d'azote et par l'atome de tous les corps simples gazeux, nous trouverons le même volume d'environ 11 litres 14 pour tous les gaz.

On dit que le poids atomique des corps gazeux occupe un volume de 11 litres 14 et on appelle ce volume le vo-

lume atomique, Cette égalité des volumes atomiques fait comprendre que les gaz se combinent toujours dans des rapports de volumes simples. Par exemple, nous observons que : un volume d'oxygène se combine avec deux volumes d'hydrogène pour former de l'eau. Nous observons également qu'un volume d'hydrogène se combine avec 1 volume de chlore pour former de l'acide chlorhydrique. Ce sont toujours des volumes entiers qui se combinent entre eux.

*Volumes moléculaires des gaz composés* — La formule du gaz composé acide chlorhydrique est  $\text{ClH}$ . Ce qui veut dire que ce gaz est composé d'un atome de chlore combiné avec 1 atome d'hydrogène. Quel est le poids de la molécule d'acide chlorhydrique ? L'atome de chlore pèse 35 gr 5. L'atome d'hydrogène 1 gramme. Nous avons donc un poids moléculaire de 36 gr 5. D'autre part la densité de ce gaz est 1,247. Le poids du litre de ce gaz est donc de  $1 \text{ gr } 293 \times 1,247 = 1 \text{ gr } 612$ . Calculons maintenant le volume occupé par une molécule de ce gaz composé. Nous dirons : 1 gramme 612 de gaz acide chlorhydrique occupe ce volume de 1 litre. Un gramme de ce gaz occupera un volume 1,612 fois moindre et 36 gr 5 occuperont un volume 36 fois et demie plus grand ce qui donne la règle de trois ci-dessous :

$$\frac{1 \text{ litre} \times 36,5}{1,612} = 22 \text{ litres } 28$$

Or nous constatons que ce chiffre de 22 litres 28 représentant le volume moléculaire d'un gaz composé est exactement le double de 11 litres 14, représentant le volume atomique des gaz simples. Et si nous calculions par les mêmes moyens le volume moléculaire des autres gaz composés, comme le gaz ammoniac, le gaz anhydride sulfureux etc. . . . nous trouverions toujours le même chiffre de 22 litres 28 comme volume moléculaire. On peut donc dire que le volume occupé par le poids moléculaire d'un gaz est égal à 22 litres 28, c'est à dire le double d'un volume occupé par

les poids atomiques des gaz simples ou inversement que le poids moléculaire d'un gaz est le poids de 22 litres 28 de ce gaz.

*Calcul de la composition en poids et en volume d'un gaz composé.* — La formule du gaz ammoniac est  $\text{Az H}^3$ . Quelle est sa composition en poids et quelle est sa composition en volume ? Sa formule nous dit que ce gaz est composé d'un atome d'azote pesant 14 grammes et de 3 atomes d'hydrogène pesant trois grammes, soit 17 grammes en tout de poids moléculaire. En volume nous savons que l'atome d'azote occupe un espace de 11 litres 14 comme tous les atomes de tous les gaz simples. Nous savons que ces 11 litres 14 d'azote se combinent avec 3 atomes d'hydrogène, c'est à dire avec trois fois 11 litres 14 d'hydrogène pour former le volume moléculaire de 22 litres 28, qui est invariable pour toutes les molécules de gaz composés.

Ainsi donc 33 litres 42 d'hydrogène et 11 litres 14 d'azote se sont combinés pour former 22 litres 28 de gaz composé appelé gaz ammoniac ce qui donne une proportion de 3 litres d'hydrogène combinés avec un litre d'azote pour l'obtention de 2 litres de gaz ammoniac. Puisque les atomes de tous les gaz simples occupent chacun le même volume, on peut considérer chaque atome comme cubant 1 litre pour fabriquer des gaz composés. Par exemple la formule de l'eau est  $\text{H}^2\text{O}$ . En considérant les atomes des éléments comme autant de litres, nous dirons  $\text{H}^2$  c'est à dire 2 litres d'hydrogène se combinent avec O c'est à dire avec 1 litre d'oxygène pour former 2 litres de vapeur d'eau.

Dans ce cas, le volume d'une molécule de gaz composé sera toujours de 2 litres.

*Comment on calcule le poids des gaz* — Nous avons vu que le poids d'un litre de gaz s'obtient en multipliant la densité de ce gaz avec le poids d'un litre d'air c'est à dire 1 gr 293.

Nous savons qu'une molécule de gaz occupe toujours un volume de 22 litres 28. Le poids d'une molécule est celui

de 22 litres 28 de gaz. Nous obtiendrons donc le poids d'un litre de gaz en divisant le poids moléculaire de ce gaz par 22,28. Nous obtiendrons d'autre part le poids d'un litre de gaz simple en divisant le poids atomique du gaz simple par 11,14 puisque l'atome de gaz simple occupe toujours un volume de 11 litres 14.

### CHAPITRE VI

#### Valence des corps simples, Formules développées

Nous avons vu que les corps simples se combinent entre eux toujours dans les mêmes proportions pour former des corps composés. On a observé que le corps hydrogène se combinait avec l'oxygène dans la proportion de 1 atome d'oxygène pour 2 atomes d'hydrogène pour former de l'eau. On dit que l'hydrogène est un corps à une valence et que l'oxygène est un corps à 2 valences. Il y a également des corps simples à trois, quatre, cinq et six valences.

Les valences représentent combien d'atomes d'hydrogène ou de chlore peuvent se combiner avec un atome du corps simple considéré. Pour mieux faire comprendre ce principe on peut dire que la valence de chaque atome de corps simple peut être représentée par un certain nombre de mains. Chaque corps simple a une, deux, trois, quatre, cinq ou six mains selon sa valence. La Fig. 1 représente d'une façon imagée les atomes H (hydrogène à une main), et l'atome O (oxygène à deux mains).

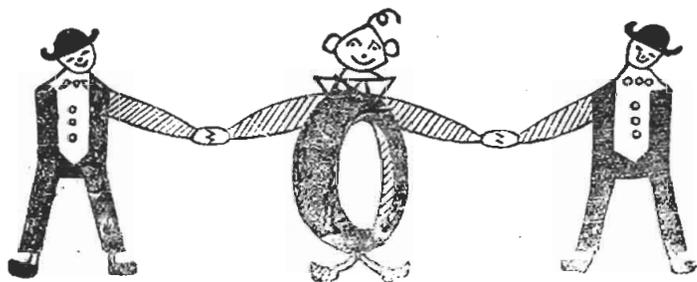
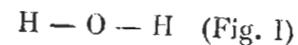


Fig. 1. H-O-H ou (H<sub>2</sub>O) molécule d'eau

Quand on combine par exemple un atome d'oxygène qui a deux mains, avec deux atomes d'hydrogène qui ont chacun une main, on représente la combinaison de la façon suivante :



Cette manière d'écrire la formule de l'eau H<sub>2</sub>O s'appelle formule développée. Les formules développées, en montrant la valence de chaque corps simple qui rentre dans une combinaison, donnent une idée de la structure moléculaire de cette combinaison.

La molécule de silice a comme formule développée :



Le silicium étant un corps simple à 4 mains ou quadri-valent donne deux mains aux deux atomes d'oxygène qui ont eux-mêmes chacun deux mains.

Le carbone, qui est également un corps simple quadri-valent, c'est-à-dire à 4 mains; produit 2 composés différents, selon qu'ils sont plus ou moins oxydés. Le premier qui s'appelle gaz carbonique C O<sub>2</sub> a comme formule développée : O = C = O (Fig. 2)

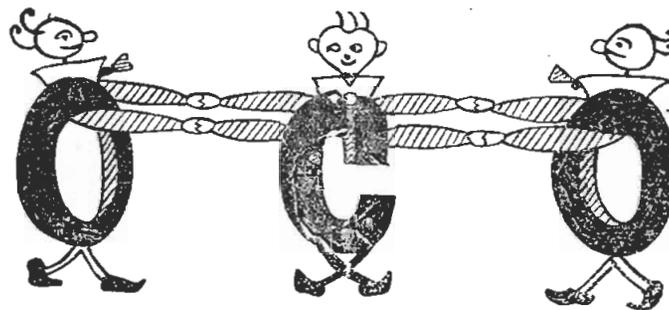


Fig. 2 O-C-O (CO<sub>2</sub>) molécule d'anhydride carbonique

Le deuxième composé, moins oxydé que le premier s'appelle oxyde de carbone C O et a comme formule développée : = C = O (Fig. 3)

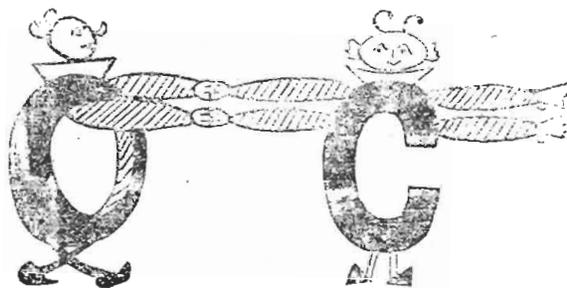
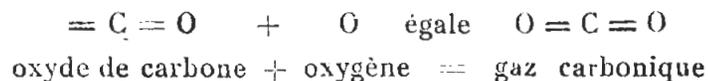


Fig 3. O = C = ou C O (oxyde de carbone) corps non saturé combustible

On voit de suite que ce corps n'est pas complet. Sur les quatre mains de l'atome de carbone, deux seulement sont utilisées. Les deux autres ne sont pas occupées. On dit que l'atome de carbone n'est pas saturé. On peut donc oxyder encore cet atome de carbone, c'est à dire le brûler. Aussi l'oxyde de carbone C O est un gaz combustible. Quand on brûle de l'oxyde de carbone, il se passe la réaction suivante :



En formule développée, cette équation donnerait :



On voit que les formules développées sont utiles pour faire comprendre si un corps composé est saturé ou non, c'est à dire pour savoir s'il existe des valences libres dans ce corps composé.

En céramique, les corps saturés dits neutres sont les plus stables et cette question a son importance dans la fabrication des émaux.

Valence des principaux corps simples employés en céramique :

MONOVALENTS		BIVALENTS		TRIVALENTS		QUADRIVALENTS	
Hydrogène	H	Oxygène	O	Azote	Az	Carbone	C
Fluor	F	Soufre	S	Phosphore	P	Silicium	Si
Chlore	CL	Sélénium	Se	Arsenic	As	Etain	Sn
Brome	Br	Tellure	Te	Antimoine	Sb	Platine	Pt
Jade	I	Calcium	Ca	Or	Au		
Potassium	K	Baryum	Ba	Aluminium	AL		
Sodium	Na	Plomb	Pb	Fer	Fe		
Argent	Ag	Zinc	Zu				
		Cuivre	Cu				

## CHAPITRE VII

### Silice et Silicates

La silice est l'oxyde de silicium. Elle a pour formule : SiO<sup>2</sup> On trouve la silice dans la nature sous trois états différents :

- 1°) à l'état anhydre (ce qui veut dire sans eau)
- 2°) à l'état hydraté (avec de l'eau)
- 3°) à l'état de mélange d'anhydre et d'hydratée

La silice anhydre est abondante sous forme de quartz. Le quartz est insoluble dans l'eau et inattaquable aux acides. Mais la potasse, qui est une base, l'attaque à chaud. Le quartz se trouve parfois coloré par des oxydes métalliques : le manganèse colore le quartz en violet et il peut être coloré en rouge par de l'oxyde de fer. La densité du quartz est de : 2,65. Quand on le chauffe à 600°, il devient opaque et se fissure partout. Il est alors facile à broyer. Quand on le chauffe au dessus de 1.250° il augmente de volume et se transforme en cristobalite, qui est une variété de silice anhydre plus légère que le quartz, de densité 2,33. Vers 1800° la cristobalite fond et constitue le verre de quartz. Quand il est refroidi, le verre de quartz, qu'on appelle aussi quartz fondu est une matière vitreuse qui offre la particularité de ne pas augmenter de volume quand on la chauffe à nouveau. Le verre de quartz sert à fabriquer des petits creu-

sels, des tubes pour l'industrie chimique et des lampes électriques. Il est très réfractaire.

Le sable quartzéux est du quartz en petits grains que l'on trouve dans les rivières et au bord de la mer.

La silice hydratée, dont la formule est  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  est peu abondante dans la nature (silice d'infusoires). La silice hydratée s'appelle aussi acide silicique. Elle est capable de se combiner à la soude et à la chaux et forme les combinaisons  $\text{Si}(\text{O})_2 \cdot \text{CaO}$  et  $\text{Si}(\text{O})_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ .

On appelle silicates, les combinaisons de la silice avec d'autres corps. L'étude des silicates est à la base de l'art céramique, car toutes les matières premières employées en céramique tendent à former des silicates. (1)

Le silex est une variété de silice hydratée mélangée à de la silice anhydre. On emploie du silex broyé pour fabriquer les pâtes à faïences appelées cailloutages. Pour broyer le silex plus facilement on commence par le chauffer à 700 ou 800° et on le plonge dans l'eau pour le refroidir brusquement.

*Silicates.* — La silice hydratée se combine à froid aux bases telles que la soude et la potasse. La silice anhydre ne se combine aux bases qu'à une certaine température. Le silicate de chaux  $\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO}$  fond à 1440°. Il devient plus fusible quand il est mélangé à d'autres silicates, en particulier, le silicate de fer. Le silicate de fer dont la formule est  $\text{SiO}_2 \cdot \text{FeO}$  fond vers 1.100°. Il est employé dans la décoration céramique pour obtenir des couleurs brunes. Les silicates de magnésie, de soude et de potasse sont employés comme fondants pour abaisser le point de fusion des matières employées en céramique. Les silicates d'alumine constituent les argiles et le kaolin. Il faut bien retenir que le mélange de plusieurs silicates différents donne un composé toujours plus fusible que les constituants pris isolément.

(1) Nous ne saurions trop conseiller à nos élèves l'étude du remarquable ouvrage de Le Chatelier sur « La silice et les Silicates »

## TECHNOLOGIE CERAMIQUE

### CHAPITRE I

*Qu'est-ce que la céramique.* — Dans le langage ordinaire on désigne sous le nom de céramique l'art de fabriquer les poteries.

Le terme céramique vient du mot grec *kéramos*, qui désignait la corne des animaux. Ce mot fut appliqué par la suite aux vases d'argile durcie, ayant la forme d'une corne, et finalement, par extension, à tous les produits façonnés avec des argiles.

Le mot poterie est d'origine latine : il découle du mot *potum*, qui voulait dire vase à boire.

*Produits céramiques.* — Un produit céramique présente toujours dans sa fabrication deux phases principales :

Le façonnage du produit céramique

La cuisson du produit céramique

Le façonnage est basé sur les propriétés plastiques des argiles qui permettent de donner les formes convenables aux produits.

La cuisson consiste à soumettre le produit façonné et séché à l'action du feu pour le porter à la température qui convient à chaque genre de produit. La cuisson fixe définitivement les formes du produit céramique, et lui donne ses qualités de dureté et d'usage.

*Classification des produits céramiques.* — On distingue deux groupes principaux de produits céramiques :

1°) Les produits à pâte poreuse

2°) Les produits à pâte vitrifiée

Les produits à pâte poreuse sont absorbants, perméables aux fluides (liquides, gaz) d'où nécessité de les recouvrir d'une couche vitreuse et imperméable ou glaçure.

Les produits vitrifiés sont aussi très souvent recouverts par une glaçure qui les rend doux au toucher et leur donne un meilleur aspect.

Les glaçures facilitent en outre la décoration des produits. Il y a trois sortes de produits céramiques à pâte poreuse.

1°) *Les terres cuites* qui sont constituées par des argiles souvent ferrugineuses ou calcaires et quelquefois par des argiles pures mélangées ou non de silice. Les terres cuites comprennent les tuiles, les briques, les poteries communes et les produits réfractaires.

2°) *Les majoliques ou faïences communes* qui sont des produits émaillés à pâte poreuse préparés avec des argiles moins grossières que les précédentes et recouvertes de glaçures plombifères ou plombo-stannifères.

3°) *Les faïences fines* qui sont des produits émaillés dont la pâte peu poreuse est préparée avec des argiles fines blanches, des kaolins, du feldspath et de la silice. Elles sont très blanches et opaques. Leur glaçure est le plus souvent boracique.

Les produits à pâte vitrifiée sont imperméables sans glaçure. Mais on les recouvre également d'une glaçure pour leur donner un meilleur aspect et les rendre plus faciles à nettoyer. Il y a deux sortes de produits vitrifiés : les grès et les porcelaines.

On peut classer les grès en grès ordinaires et grès fins.

*Les grès ordinaires* dont les pâtes sont opaques et généralement colorées par du fer (exemple : les carreaux de dallage, les bouteilles et cruchons de grès etc...) sont le plus souvent glacés au sel. Les grès de Cay-Mai sont des grès ordinaires avec couverture silico-alkaline. Les grès de Battràng sont des grès ordinaires engobés et recouverts d'une glaçure silico-alkalino-calcaire.

*Les grès fins* sont fabriqués avec des pâtes presque blanches et leurs couvertes sont ordinairement alcalino-calcaires.

(Exemple : les grès de Moncay et de Thanh-Tri).

*Porcelaines*. — Les porcelaines sont des produits vitrifiés, translucides, obtenus avec des pâtes et des couvertes blanches. Les porcelaines chinoises sont revêtues sur cru d'une glaçure pegmatito-calcaire. Les pâtes de porcelaine chinoise sont un mélange intime de kaolin (avec ou sans argile blanche plastique) de feldspath, de silice et d'un peu de carbonate de chaux.

*Définition de la porcelaine dure*. — C'est une poterie à pâte dure, translucide, et à couverture feldspathique. La porcelaine est vitrifiée, blanche et imperméable. Elle a une densité de 2,36 environ. Elle conduit mal la chaleur. Elle est isolante pour l'électricité, même sans couverture. Elle ne se laisse pas traverser par les gaz. Au point de vue chimique, c'est un silicate multiple d'alumine, de chaux, de potasse et de soude, contenant aussi des traces de magnésium, de fer et de 0 à 1% d'acide titanique.

Les acides n'ont pas d'action sur la porcelaine sauf l'acide fluorhydrique qui la désagrège facilement.

La potasse, la soude, et les carbonates de potasse et de soude l'attaquent à haute température.

L'acide borique, le borax et les oxydes de plomb attaquent la couverture de porcelaine dure à une température de 600°, ce qui permet la décoration sur couverture dite "au feu de moufle".

La porcelaine a été inventée par les Chinois, il y a mille neuf cents ans environ. Les porcelaines chinoises sont arrivées en Europe au 15<sup>ème</sup> siècle chrétien. La première porcelaine dure fabriquée en Europe fût la porcelaine de Saxe trouvée par Boetger en 1709. Auparavant, on avait essayé de fabriquer des porcelaines à basse tempéra-

ture avec d'autres matières premières que le kaolin et le feldspath. Ces porcelaines s'appelaient des porcelaines tendres. On les a pratiquement abandonnées.

## CHAPIRE II

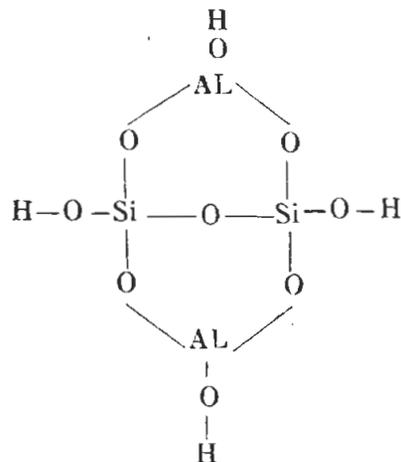
### Matières premières des pâtes céramiques

*Kaolins et argiles.* — Toutes les pâtes céramiques sont à base de kaolin ou d'argile. Les terres cuites ordinaires sont composées d'une pâte argileuse. Les faïences contiennent de l'argile blanche avec du calcaire et parfois du kaolin et du feldspath. Les pâtes à grès contiennent également de l'argile, et les pâtes à porcelaines sont un mélange de kaolin, de feldspath et d'argile plastique. Nous allons examiner rapidement la composition du kaolin et étudier son mode de formation.

Le kaolin est un silicate d'alumine hydraté. Il est le résultat de la combinaison de deux atomes de silice avec un atome d'alumine plus deux atomes d'eau. La formule moléculaire est donc :



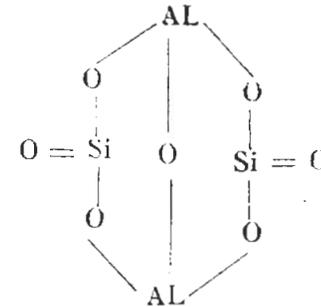
En formule développée la molécule donne :



Le kaolin chimiquement pur et conforme à sa formule prend le nom de kaolinite.

Lorsque le kaolin est cuit, c'est-à-dire deshydraté, sa molécule perd ses deux atomes d'eau et il devient anhydre :

$2 \text{ Si O}_2 \text{ AL}^2 \text{ O}^3$ . Cette formule développée peut s'écrire de la façon suivante pour la kaolinite très cuite :



La deshydratation du kaolin s'effectue entre 500 et 800 degrés centigrades. Le kaolin n'existe pas en grandes masses à l'état naturel. Les cristaux de kaolinite sont ordinairement mélangés de débris de quartz et de micas dans les gisements d'où nécessité de laver très soigneusement les kaolins bruts sortant des carrières, pour en faire des kaolins marchands. Les kaolins marchands sont employés ensuite dans la composition des pâtes. Leur analyse, selon leur état de pureté, donne des résultats approchant plus ou moins la formule théorique de la kaolinite :  $2 \text{ Si O}_2 \text{ AL}^2 \text{ O}^3 \text{ 2 H}^2 \text{ O}$ .

*Formation des kaolins et argiles.* — Les kaolins et argiles sont le produit de la décomposition très lente des feldspaths contenus dans les roches éruptives sous l'action des eaux de pluies, du gaz carbonique de l'air et autres actions chimiques. Cette transformation des roches éruptives en kaolin et argile s'appelle kaolinisation. Le processus de la kaolinisation peut s'expliquer comme suit :

*Kaolinisation*. — Toutes les roches éruptives contiennent du feldspath qui est un silicate double d'alumine et de potasse, de soude ou de chaux. On distingue 3 principales sortes de feldspaths :

1° le feldspath orthose (qui est potassique) dont la formule théorique est :  $6 \text{ Si O}^2 \text{ A L}^2 \text{ O}^3 \text{ K}^2 \text{ O}$ .

2° le feldspath albite (qui est sodique) dont la formule théorique est :  $6 \text{ Si O}^2 \text{ A L}^2 \text{ O}^3 \text{ Na}^2 \text{ O}$ .

3° le feldspath calcique dont la formule théorique est :  $2 \text{ Si O}^2 \text{ A L}^2 \text{ O}^3 \text{ Ca O}$ .

Lorsque ces feldspaths contiennent du quartz en grains plus ou moins gros, on les appelle des pegmatites. Les pegmatites sont donc des feldspaths quartzeux. Les pegmatites sont moins rares que les feldspaths céramiques et le petun-zé des Chinois est une pegmatite.

Nous avons dit que toutes les roches éruptives contiennent du feldspath (sodique, potassique ou calcique).

Presque toutes contiennent également des micas. Il y a deux principales sortes de micas.

1° Le mica muscovite ou mica blanc (potassique).

2° Le mica biotite ou mica noir (magnésien).

Le phénomène de la kaolinisation s'exerçant sur les feldspaths sépare les bases ou alcalis de la silice, alumine et micas. Les bases ou alcalis libérés sont carbonatés à l'air, dissous et entraînés par les eaux de pluie. Dans chaque molécule de feldspath ainsi dissociée, des atomes d'eau viennent prendre la place des atomes alcalins partis. Les eaux de pluie entraînent non seulement les alcalis dissous mais également les micas les plus petits que contiennent les roches décomposées, ainsi que les particules les plus fines du kaolin nouvellement formé. D'autre part, la décomposition du feldspath a libéré également une certaine quantité de silice très fine et très plastique qu'on appelle

silice colloïdale. Cette silice colloïdale est entraînée en même temps que le kaolin fin et les petits micas et le tout se dépose dans les bas fonds de terrain : lacs et vallées.

Ces dépôts s'appellent des gisements sédimentaires. Toutes les argiles se présentent en dépôts sédimentaires ainsi que les schistes, qui sont d'anciens dépôts sédimentaires d'argiles. Ce sont ces schistes ou ces argiles qui constituent les gisements de terres à grès, d'argile ordinaire et d'argile réfractaire. Toutes ces terres contiennent plus ou moins d'alcalis et sont d'autant plus fusibles qu'elles sont plus alcalines et ferrugineuses.

Les plus réfractaires (les moins fusibles) sont les plus pures. Le kaolin pur est réfractaire. Mais on ne le trouve jamais en gisements sédimentaires. S'il se trouvait en sédiments, ce ne serait plus du kaolin. A part, quelques rares exceptions, il contiendrait des impuretés telles que des micas très fins, de la silice libre en grains, très petits, de la silice colloïdale, du fer, de la chaux, magnésie, titane, etc...

Le vrai kaolin se trouve en place sur le lieu même de la décomposition de la roche-mère et généralement en poches plus ou moins volumineuses, aux endroits où les conditions atmosphériques ou hydrothermales ont été plus favorables à sa formation. C'est une grave erreur que de nommer kaolins les argiles sédimentaires, telles que les terres de pipe, si blanches soient-elles. Outre que la formule chimique de la kaolinite est absolument précise, il est d'autres caractères qui permettent de distinguer le kaolin de l'argile blanche, sans avoir besoin de recourir à l'analyse chimique.

*Caractères distinctifs du kaolin*. — Le kaolin se présente toujours dans le sol, plus ou moins mêlé aux débris de sa roche-mère. Ces débris de roche-mère sont du quartz en grains anguleux, du mica et des parties de feldspath im-

parfaitement décomposé. Le kaolin ne se trouve pas en sédiments. Le kaolin n'est pas plastique ou très peu. Il est réfractaire, et il perd de 13 à 14 % de son poids sec quand on le chauffe au-dessus de 800° centigrades.

Le kaolin pur qui a été cuit à 1400° C reste blanc, et ne présente aucune trace de vitrification. Ces quelques caractères distinctifs suffiront à éviter des erreurs dans le genre de celles qui font appeler kaolins les argiles blanches de Thu Duc, en Cochinchine, et les argiles blanches du Đông Triêu, au Tonkin.

*Argiles.* — Au contraire des kaolins, les argiles sédimentaires, qu'elles soient blanches, rouges, vertes, jaunes, grises ou noires, sont toujours plastiques, et facilement façonnables. On les trouve en couches généralement homogènes, plus ou moins épaisses, dans les terrains sédimentaires de toute nature. Selon leur âge géologique et leur position par rapport au niveau hydrostatique du lieu, les argiles sont plus ou moins dures. Les schistes sont particulièrement durs et retrouvent par broyage à l'eau une faible partie seulement de leur plasticité primitive. Les argiles sont très rarement réfractaires, ce qui donne de la valeur à celles d'entre-elles qui possèdent cette qualité. Les argiles réfractaires servent à faire des briques pour construire les fours et les foyers et servent aussi à façonner les gazettes pour l'enfournement des faïences, grès fins et porcelaines.

### CHAPITRE III

#### **Etude de la plasticité des argiles et des pâtes Rôle des colloïdes des argiles**

*Cause de la plasticité.* — Nous avons vu dans le précédent chapitre que la plasticité des argiles sédimentaires était due à la silice colloïdale qu'elles contenaient. Il y a d'autres causes de la plasticité et notamment la forme lamellaire des particules de l'argile. Si nous superposons

deux plaquettes de verre à vitre que nous aurons trempées dans l'eau, nous remarquerons que ces deux plaquettes adhèrent facilement l'une sur l'autre dans le sens de leur plan. En superposant beaucoup de ces plaquettes et en les enchevêtrant les unes dans les autres, nous arriverons à constituer à une très grande échelle la structure physique de l'argile cristalline, qui est également composée de toutes petites plaquettes ou lamelles enchevêtrées les unes dans les autres. Si, au lieu de tremper ces plaquettes de verre dans de l'eau, nous les trempions dans de la colle, nous obtiendrons une adhérence bien plus grande des lamelles entre elles, et le glissement des lamelles les unes sur les autres nécessitera plus d'effort. Si nous laissons sécher les lamelles, elles vont se coller. Elles ne glisseront plus du tout les unes sur les autres et leur adhérence sera telle qu'il faudra un gros effort pour les séparer (cohésion). Plus la colle employée sera forte, plus la cohésion sera forte après séchage.

Or, les argiles contiennent naturellement des colles ou colloïdes, comme la silice colloïdale, l'alumine colloïdale, des oxydes de fer hydratés colloïdaux etc... Les argiles peuvent contenir également de l'halloysite, qui est un silicate d'alumine colloïdal dont la formule s'écrit :  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . L'halloysite est une matière tellement colloïdale que l'on peut soulever un mortier dans lequel on en broie, avec le pilon qui sert à la broyer. Il suffit donc d'une faible quantité d'halloysite dans une argile pour donner à cette argile une grande plasticité. La cryolithe qui est un fluorure double d'alumine et de sodium ( $\text{Al}_2\text{F}_6 \cdot 6\text{NaF}$ ) est un corps qui broyé à l'eau donne également de la plasticité aux argiles ou kaolins auxquels on le mélange. Il suffit d'ajouter 1 % de cryolithe à certains kaolins pour décupler la cohésion de ces kaolins. On voit donc que la plasticité de l'argile dépend à la fois de sa structure cristallographique et des matières plus ou moins colloïdales qu'elle peut contenir. Les kaolins n'étant que peu ou pas plastiques,

on les rend suffisamment plastiques pour le façonnage en leur ajoutant des matières colloïdales telles que : argiles grasses, halloysite, cryolithe etc...

*Les deux états des colloïdes.* — Sans entrer dans la théorie des colloïdes, nous dirons que leur manière d'être revêt deux formes intéressantes.

1° l'état gel, ou hydrogel, c'est-à-dire plastique.

2° l'état sol, ou hydrosol, c'est-à dire soluble ou liquide.

L'halloysite est le colloïde gel des argiles par excellence. Sous l'influence de certains réactifs, les colloïdes gel peuvent passer à l'état de colloïdes sol et inversement.

Lorsque les colloïdes contenus dans une argile sont à l'état gel, l'argile est plastique. Si, par suite de l'action ménagée de certains réactifs on amène ces colloïdes à l'état sol, l'argile deviendra liquide, et on pourra la couler dans des moules à l'état liquide (barbotine).

Les réactifs les plus communément employés sont les alcalis, les carbonates alcalins, les silicates alcalins, le sulfate de chaux, le tannate de sodium etc...

Par contre l'action des acides ou de certains sels amène les colloïdes à l'état gel, c'est à dire à l'état plastique. Par exemple, l'acide chlorhydrique, les chlorures d'étain, de baryum, de sodium ont pour effet de transformer rapidement une bonne barbotine de coulage en une masse plastique ou pâte ordinaire.

Il y a des argiles qui se transforment facilement en barbotines c'est à dire en argiles liquides, sous l'influence des réactifs ordinaires. D'autres argiles se liquéfient très difficilement. Cela tient à ce que les argiles "incoulables" (difficile à liquéfier) contiennent naturellement des sels qui maintiennent les colloïdes à l'état gel. On peut essayer de neutraliser ces sels quand ils ont été décelés par l'analyse. Les argiles riches en colloïdes "gel" sont très plastiques. On les appelle des argiles grasses.

En résumé, lorsqu'une argile ou une pâte est riche en colloïdes "hydrosol" ou que, par l'emploi ménagé d'un correctif on peut amener ces colloïdes à l'état "sol" l'argile ou la pâte devient coulable, c'est-à-dire qu'elle devient liquide avec 30 ou 35 % d'eau au maximum.

Au contraire, une argile ou une pâte riche en colloïdes "hydrogel" ou dont les colloïdes peuvent être amenés à cet état par l'emploi ménagé de divers réactifs (en particulier le chlorure de baryum) ne peut pas devenir liquide avec 35 % d'eau seulement. On dit que c'est une argile ou pâte "incoulable".

Les argiles riches en colloïdes "gel" sont très plastiques. On les appelle des argiles grasses.

---

## CHAPITRE IV

---

### Etude du retrait de séchage des argiles et des pâtes Rôle des dégraissants

Les argiles plastiques pures ont toutes le défaut de diminuer beaucoup de volume au séchage et ce retrait offre des inconvénients sérieux pour la dessiccation des grandes pièces. En effet, il est pratiquement impossible de faire sécher un produit céramique en même temps dans toutes ses parties. De sorte que les endroits qui séchent les premiers se fissurent ou provoquent la déformation du produit. On a cherché à diminuer cet inconvénient du retrait excessif des argiles grasses en leur ajoutant des correctifs ou dégraissants. Les « correctifs » le plus souvent employés sont : le sable siliceux, la chamotte, la craie, les laitiers de hauts-fourneaux, le charbon, etc... Les argiles très grasses, prenant beaucoup de retrait au séchage sont ainsi « dé-

graissées » par ces correctifs. Les dégraissants ont une action plus ou moins marquée sur le retrait de cuisson, et nous allons étudier leur double rôle de correctifs au séchage et à la cuisson.

*Les sables siliceux* s'ajoutent fréquemment aux argiles plastiques que l'on veut dégraisser. Ils doivent être très fins pour éviter l'action trop localisée des gros grains. Les pâtes à grès de Cay-Mai, en Cochinchine, sont composées d'argile blanche plastique dégraissée avec du sable blanc fin. Les pâtes à grès des environs de Bièn-hoà également. La pâte à grès de l'école d'art de Bièn-hoà est dégraissée avec de la chamotte, c'est-à-dire avec des tessons de produits cuits concassés, puis réduits en poudre. Chaque fois que la chose est possible, on a avantage à employer de la chamotte comme dégraissant au lieu de sable siliceux. Nous avons vu, en effet, au cours d'un précédent chapitre, que la silice anhydre augmente beaucoup de volume en cuisant (Le quartz passe de la densité 2,6 à 2,3). Dans ces conditions, chaque grain de sable quartzueux augmentant de volume à l'intérieur de la pâte peut faire éclater ou fissurer l'objet en cours de cuisson. La chamotte, au contraire, constitue un corps neutre au point de vue dilatation, puisque c'est de l'argile déjà cuite, ayant pris son retrait de cuisson. La chamotte est donc préférable au sable siliceux. Mais si toutefois il fallait absolument employer du sable siliceux, il serait bon de le faire cuire préalablement de façon à provoquer la plus grande dilatation possible des grains de quartz avant leur introduction dans la pâte. Il faut remarquer d'ailleurs que l'on n'atteint jamais la dilatation maximum des grains de quartz dans une seule cuisson préalable. Mais cette cuisson a quand même le grand avantage de réduire considérablement les mauvais effets d'expansion du quartz. Il faut en tous les cas, broyer assez fin le sable siliceux cru ou cuit que l'on introduit comme dégraissant

dans une pâte de terre cuite ou de faïence. Mais dans certaines pâtes à grès, notamment les pâtes calcaires, il ne faut pas broyer ce quartz trop finement, si l'on veut éviter des combinaisons en cours de cuisson qui auraient pour résultat l'abaissement de la fusibilité de la pâte. En effet, il faut se rappeler que les combinaisons de la silice en grains avec les bases, c'est-à-dire la formation des silicates, commence toujours à la surface des grains de silice. Si ces grains de silice sont assez gros, leur surface seulement entrera en combinaison avec les bases ou les silicates alcalins dans lesquels ils sont noyés. Mais si les grains de silice sont très petits, ils se combineront entièrement. Les grains trop petits vont donc se combiner dans toute la masse en même temps, et provoquer la vitrification brusque de la pâte à partir d'une certaine température, c'est-à-dire augmenter la fusibilité de la pâte. La silice en gros grains agit au contraire comme élément réfractaire, puisque la silicatisation de chaque grain s'opérant en surface laisse le grain entier noyé dans la masse, où il constitue une sorte de squelette, d'ossature, qui retarde l'affaissement du produit, c'est-à-dire diminue sa fusibilité. On voit donc que le même dégraissant peut donner au point de vue de la fusibilité des résultats contraires selon la forme sous laquelle on l'introduit dans la pâte.

*Les sables calcaires ou le carbonate de chaux* peuvent s'employer comme dégraissants dans les terres cuites ordinaires, majoliques et faïences. Il est essentiel de broyer ce dégraissant très finement, d'une façon impalpable, avant de l'incorporer aux pâtes. A la cuisson une partie de la chaux ainsi introduite se combine à la silice libre de la pâte et donne au produit de la solidité et de la sonorité, qui est l'indice d'une forte cohésion. L'addition de dégraissant calcaire est ainsi très utile dans beaucoup de cas où l'on cherche à augmenter la résistance finale du produit. Mais si ce produit était destiné à être cuit à haute tempéra-

ture (faïence dure, grès, porcelaine) ce dégraissant jouerait alors un rôle de fondant à la cuisson, c'est-à-dire qu'il entrerait en combinaison avec l'excès de silice contenu dans la pâte en provoquant la fusion prématurée du produit en cours de cuisson. Les dégraissants calcaires peuvent donc être considérés à la fois comme dégraissants et comme fondants, selon la température de cuisson des pâtes auxquelles on les ajoute. L'effet fondant des dégraissants calcaires sera d'autant plus prononcé que les pâtes contiendront plus de silice en grains très fins susceptibles d'entrer en combinaison avec la chaux ainsi ajoutée.

*Les laitiers de haut-fourneaux*, qui sont des silicates de chaux basiques, produisent les mêmes effets que le carbonate de chaux et pour les mêmes raisons. On les emploie également comme dégraissants et comme fondants.

*Les machefers*, qui sont des silicates alcalins s'emploient aussi comme dégraissants et comme fondants. Ils donnent une fusion pâteuse plus longue que celle des silicates de chaux. En raison de leur forte teneur en oxydes colorés, ils ne peuvent s'employer que dans les terres cuites ordinaires ou les grès grossiers.

*Le charbon* est quelquefois employé comme dégraissant dans les terres cuites ordinaires, ainsi que la scuire de bois. Il permet la fabrication de briques ou panneaux très légers, ce dégraissant combustible disparaissant à la cuisson. C'est la méthode employée pour la fabrication des pots à eau poreux, dans lesquels l'eau traverse constamment les parois qu'elle rafraîchit extérieurement par évaporation. Comme tous les dégraissants combustibles, le charbon ou le coke en poudre offre l'inconvénient d'une brusque montée de température lors de sa combustion à l'intérieur du produit.



## CHAPITRE V

### Analyse des pâtes et argiles — Décantation préliminaire — Silice libre et silice combinée — Principes de l'analyse chimique des silicates.

L'analyse chimique des pâtes et argiles est indispensable pour l'étude et la mise au point rapide de toute nouvelle fabrication céramique. L'analyse chimique des argiles doit être précédée de la séparation de la matière argileuse et du sable qu'elles contiennent ordinairement. — Cette élimination du sable s'appelle lévigation. On réalise cette lévigation en carrière pour les Kaolins au moyen de bassins superposés, (Fig 4) et, en laboratoire, avec l'appareil de Schulze qui se

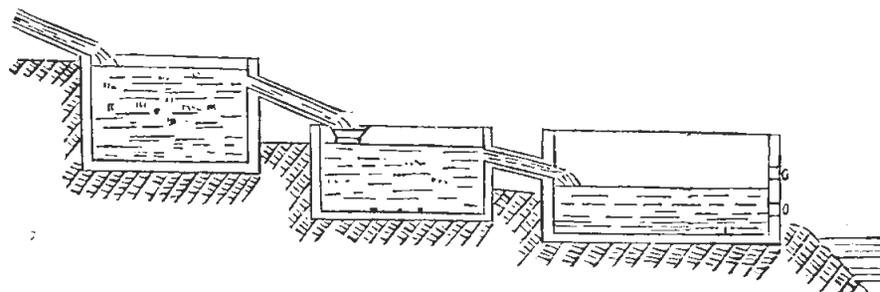


Fig. 4 — Bassins superposés pour lavage de Kaolins

compose d'une série de verres coniques de capacité croissante disposés en cascade au-dessus l'un de l'autre. (Fig. 5)

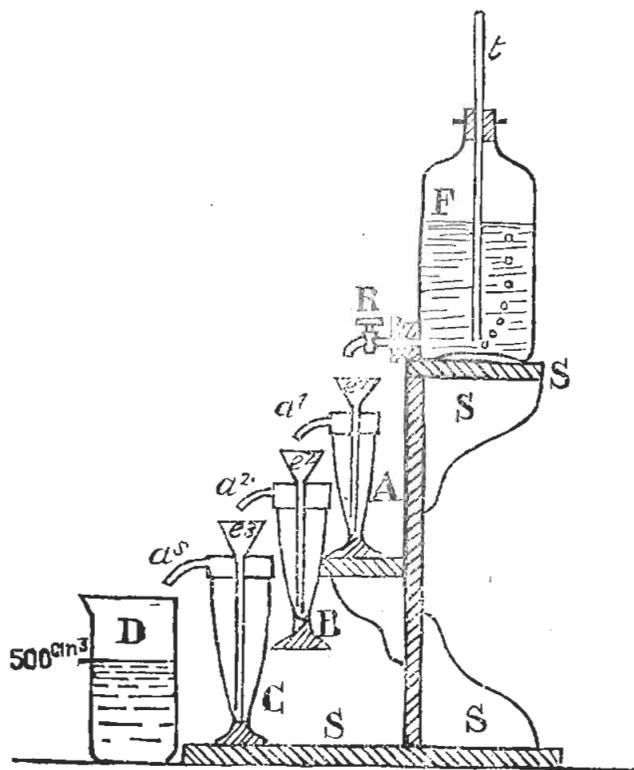


Fig. 5 — Appareil de Schulze

La lévigation ainsi réalisée n'a pas d'autre but que d'éliminer les sables grossiers, les sables ordinaires et les sables fins. Les sables très fins ne sont pas séparables mécaniquement, et c'est aux analyses chimique et microscopique que l'on a recours pour les décèler : Les sables très fins, tellement fins qu'ils passent à travers les plus petits tamis, constituent la *silice libre* de l'argile, qu'il ne faut pas confondre avec la *silice combinée*. Cette dernière rentre dans la composition du silicate d'alumine ou matière argi-

leuse proprement dite. C'est donc seulement le rapport  $\frac{\text{silice combinée}}{\text{Alumine combinée}}$  qui nous donnera la composition vraie du silicate d'alumine, c'est-à-dire de l'argile. La silice colloïdale, qui existe en très petite quantité dans presque toutes les argiles plastiques fait partie également de la silice libre, et devrait être comptée comme telle.

On voit donc qu'il est essentiel de bien distinguer dans une analyse d'argile la silice libre de la silice combinée. L'une fait partie intégrante de la matière argileuse, que l'on appelle « fond argileux » tandis que l'autre est une impureté, un corps étranger mélangé à ce fond argileux, ainsi qu'on s'en rend compte en examinant la matière au microscope.

L'analyse des argiles est donc très utile aux céramistes. Sans entrer dans les détails des procédés employés, nous exposerons les principes sur lesquels repose l'analyse chimique des argiles.

*Premier principe.* — La matière argileuse proprement dite est attaquée par l'acide sulfurique bouillant alors que le feldspath et le quartz ne le sont pas.

*2<sup>e</sup> principe.* — La matière argileuse proprement dite et le mica magnésien sont décomposés par le carbonate de soude à chaud alors que le quartz, le mica muscovite et le feldspath ne le sont pas ou très peu.

La première opération d'analyse d'une argile est la détermination de la teneur en silice combinée. C'est le dosage le plus facile : On prend 1 gramme de matière sèche et on la mélange avec cinq ou six fois son poids de carbonate de soude anhydre. On chauffe ce mélange dans un creuset de platine assez grand, d'abord doucement pour concreter la masse et faciliter le dégagement du  $\text{CO}_2$  produit, puis plus fort jusqu'à fusion tranquille. Eviter l'emploi du chalumeau, car en chauffant trop fort, il se forme des silicates doubles,

difficilement solubles. Lorsque l'attaque par fusion est terminée, poser le creuset sur une masse de fer propre, pour refroidir rapidement le creuset et son contenu; après refroidissement, la masse contenue dans le creuset se détache assez facilement.

La masse est mise dans une capsule de platine (ou à défaut, dans une capsule de porcelaine) ajouter de l'eau et chauffer au bain-marie pour dissoudre une grande partie des silico-aluminates alcalins ainsi formés, ainsi que l'excès des carbonates alcalins. Recouvrir la capsule avec un verre de montre et ajouter par petites fractions de l'acide chlorhydrique jusqu'à dégagement complet de  $\text{CO}_2$  et formation d'une solution claire.

Evaporer à sec au bain-marie; puis porter progressivement la capsule et son contenu à une température de  $110^\circ$  à  $120^\circ$ , soit dans une étuve, soit sur le fourneau à évaporation lente, soit sur le bain de sable de Schloësing; maintenir cette température pendant deux ou trois heures et, dans tous les cas, jusqu'à ce que toute odeur et toutes traces d'acide chlorhydrique aient disparu. En opérant ainsi, la silice est insolubilisée; l'alumine, le fer, le manganèse, le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium sont à l'état de chlorures solubles.

Après refroidissement complet, humecter la masse avec l'acide chlorhydrique concentré, recouvrir la capsule avec un verre de montre, et laisser en digestion pendant une heure; ensuite étendre avec de l'eau et chauffer au bain-marie pendant une demi-heure; ajouter de l'eau et laisser reposer. La silice reste au fond, la liqueur contient les chlorures solubles. Si on opère dans une capsule de porcelaine, ce qui est le cas dans l'industrie, on ajoutera quelques gouttes d'acide azotique pour péroxyder le fer.

Décanté sur un filtre sans résidu; ajouter de l'eau bouillante sur la silice, agiter, laisser reposer, décanté sur un

filtre; après une série de lavages, suivis de décantations, faire passer le résidu insoluble de silice sur le filtre, laver sur le filtre avec de l'eau bouillante acidulée par  $\text{HCl}$ , puis avec de l'eau pure jusqu'à ce que le précipité de silice soit exempt de chlorures.

Le précipité égoutté, mais encore humide, sera introduit dans un creuset de porcelaine. On chauffe d'abord lentement pour carboniser le filtre et dessécher la silice qui se trouve à l'intérieur du filtre, puis on chauffe plus fort et en oxydant (surtout si l'on fait usage d'un creuset de platine) jusqu'à incinération complète du filtre et parfaite blancheur de la silice.

Par pesée, on obtient le poids de silice contenue dans la matière.

Le procédé de dosage de la silice combinée par attaque à l'acide sulfurique, s'effectue de la façon suivante:

Dans une capsule de platine, on délaie 4 à 5 grammes de l'argile à essayer (argile séchée à  $120^\circ$ ) avec 50 c/m<sup>3</sup> d'acide sulfurique pur à  $66^\circ \text{B}$ . On couvre la capsule avec un verre de montre, puis on chauffe au bain d'air, jusqu'à ce que la masse commence à émettre des vapeurs d'acide sulfurique; on règle alors le feu de façon à maintenir cette température pendant au moins une heure.

Dans ces conditions; l'halloysite, la kaolinite ou la matière argileuse sont transformées en sulfates d'alumine et autres, et en silice hydratée, solubles, alors que le quartz, le feldspath et la muscovite, restent comme résidu inattaquables par  $\text{SO}_4\text{H}^2$ .

On verse peu à peu le contenu de la capsule dans de l'eau distillée additionnée d'acide chlorhydrique, et on chauffe au bain-marie. Dans ces conditions, les sulfates d'alumine et autres, ainsi que la silice hydratée, résultant de l'attaque par l'acide sulfurique passent en solution; on filtre et on lave. Sur le filtre il reste le quartz, le feldspath et la musco-

vite. On analyse ensuite ces résidus ainsi que la partie soluble de la liqueur chlorhydrique. La détermination de la teneur en alumine, fer, titane, chaux, magnésie, alcalis etc... est d'une technique trop compliquée pour trouver place dans cette étude. Ces dosages précis nécessitent un matériel de laboratoire important et une grande habitude des manipulations chimiques.

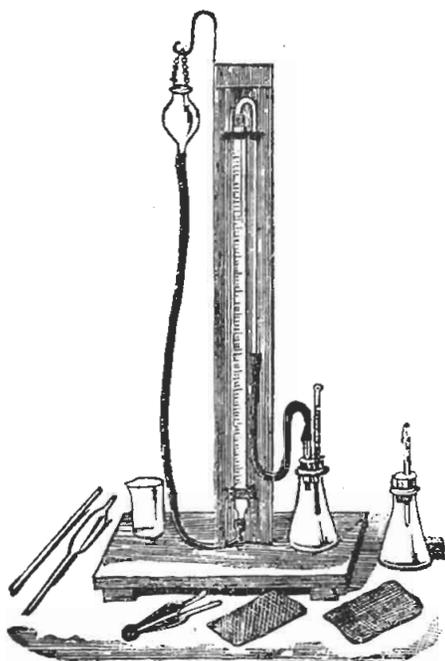


Fig. 6 — Calcimètre Bernard

On a donc tout intérêt à les faire exécuter par des laboratoires spécialisés. En revanche le dosage du carbonate de chaux contenu dans une argile ou une pâte est très facile à obtenir d'une façon approximative au moyen de l'appareil appelé calcimètre Bernard. (fig. 6) Cet appareil est basé sur le principe suivant : à la pression atmosphérique de 760 m/m de mercure et à la température de 0 degré C, un gramme de carbonate de chaux pur dégage 223 c/m<sup>3</sup>, 2 de gaz carbonique, quand on attaque ce carbonate de chaux par l'acide chlorhydrique. Le calcimètre Bernard donne pour un poids connu de matière attaquée, un nombre de cm<sup>2</sup> de gaz carbonique qui permet de calculer le poids de carbonate de chaux pur contenu dans l'argile ou la pâte essayée.

On a donc tout intérêt à les faire exécuter par des laboratoires spécialisés. En revanche le dosage du carbonate de chaux contenu dans une argile ou une pâte est très facile à obtenir d'une façon approximative au moyen de l'appareil appelé calcimètre Bernard. (fig. 6) Cet appareil est basé sur le principe suivant : à la pression atmosphérique de 760 m/m de mercure et à la température de 0 degré C, un gramme de carbonate de chaux pur dégage

Il va sans dire que les essais ainsi effectués au calcimètre ne valent pas une analyse chimique, mais ils donnent des résultats suffisamment exacts pour les besoins courants de l'industrie céramique.

La détermination de la perte au feu, représentant le départ de l'eau de combinaison des argiles non calcaires, s'effectue sur matière desséchée à 110° C, dans des capsules en terre réfractaire que l'on chauffe à 800° C.

De 800° à 1.000° C la perte au feu représente la déshydratation des micas que peuvent contenir l'argile ou le kaolin essayés.



## CHAPITRE VI

Classification des argiles d'après leur analyse chimique — Représentation graphique de Bertrand — Analyse microscopique des argiles — Application du graphique de Bertrand à quelques types d'argiles d'Indochine.

Nous savons déjà qu'on entend par analyse chimique d'une argile la détermination quantitative de ses principaux éléments pour 100 poids de matière préalablement desséchée à 110° C.

Ces éléments principaux sont :

Silice libre	(Si O <sup>2</sup> )
Silice combinée	(Si O <sup>2</sup> )
Acide titanique	(Ti O <sup>2</sup> )
Alumine	(Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> )
Oxyde de Fer	(Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> )
Chaux	(Ca O )
Magnésie	(Mg O )
Alcalis	(K <sup>2</sup> O )
	(Na <sup>2</sup> O )

Le résultat de l'analyse chimique, convenablement interprété, permet la classification minéralogique de l'argile étudiée. Monsieur Bertrand, professeur de géologie à la Faculté

des Sciences de Paris, a imaginé un mode de représentation graphique qui permet d'interpréter facilement et rapidement le résultat de l'analyse chimique. Une commission technique comprenant avec Monsieur le Professeur Bertrand ; Messieurs Lauquine et Boulanger, Chefs de Travaux de géologie et de chimie à la Faculté des Sciences de Paris a adopté ce graphique combiné avec l'analyse microscopique pour mettre au point une nouvelle méthode d'étude des matières premières céramiques. Monsieur Chalamel ingénieur céramiste a diffusé cette méthode au moyen de conférences et articles scientifiques qui ont été très appréciés du monde céramiste, et l'on peut considérer aujourd'hui comme classique la méthode d'étude en question.

Monsieur Chalamel décrit comme suit le mode de représentation graphique Bertrand :

«Après avoir tracé en abscisse l'axe de la silice et en ordonnée l'axe de l'alumine, on marque un premier point ayant pour abscisse la teneur en  $\text{SiO}_2$  totale et pour ordonnée la proportion d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  totale qui sont les deux éléments essentiels de la composition brute de l'argile. Ce point donne déjà une notion approchée de la composition globale de celle-ci (A) : (Fig 7)

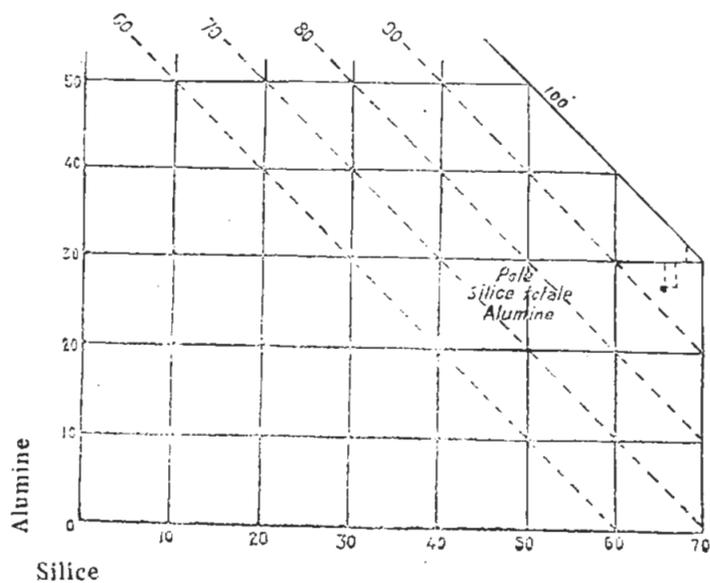


Figure 7

Les teneurs toujours faibles des autres composants sont figurées par des lignes alternativement verticales et horizontales formant une ligne brisée partant de ce premier point. Elles sont portées dans l'ordre :



Si, de l'extrémité de cette ligne brisée on porte ensuite à perte au feu soit verticalement soit horizontalement quel que soit le trajet suivi, on doit arriver nécessairement sur une même oblique à  $45^\circ$  représentant un total de 100% (ou au voisinage de cette ligne si l'analyse ne forme pas exactement 100 %).

Il faut remarquer qu'une même perte au feu ou un même total pour les éléments dosés fait se terminer la ligne brisée des composants sur une même ligne oblique à  $45^\circ$  parallèle à celle de 100%. Des lignes parallèles à celles-ci sont tracées et numérotées; la manière dont se termine par rapport à elles la ligne brisée figurative de la composition, indique immédiatement le total des éléments dosés.

En fait, si l'on donne les résultats complets de l'analyse, il est surtout intéressant de figurer le point  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ .

Mais à côté des résultats de l'analyse brute, il est important de faire aussi figurer la composition du fond argileux de l'argile, abstraction faite des grains sableux de quartz plus ou moins fins dont l'examen microscopique donne la taille et dont le dosage de la silice libre précise le pourcentage en poids dans l'argile (tout au moins si la totalité de la silice libre est bien à l'état de quartz). Les résultats de l'analyse brute peuvent conduire à séparer totalement des terres qui, en fait, ont le même fond argileux et qui ne diffèrent que par la proportion plus ou moins grande de sable mélangé,

proportion qui peut se trouver très variable dans un même gisement alors que le fond argileux restera identique.

D'autre part, si le quartz est surtout en gros grains, il peut être intéressant aussi de savoir quelle serait la composition de l'argile dont on pourrait plus ou moins se rapprocher en lavant la terre en question.

Pour la représentation graphique du fond argileux, le point ayant pour abscisse la proportion de silice combinée, et comme ordonnée la teneur en alumine dans l'analyse brute, donnera une notion déjà approchée (A') (Figure 8).

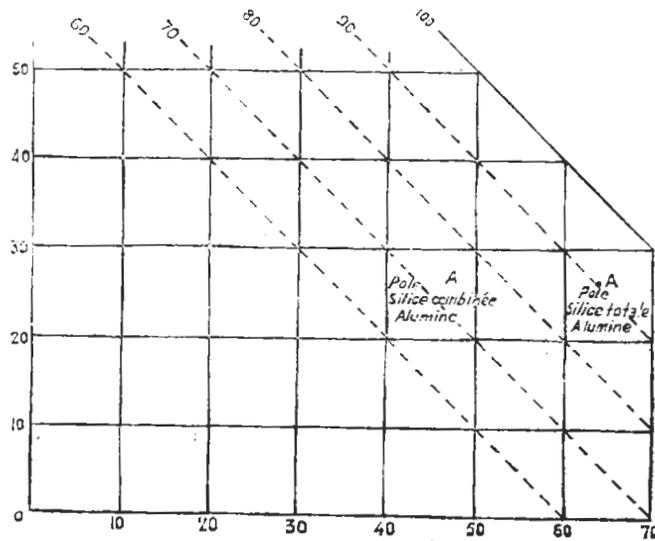
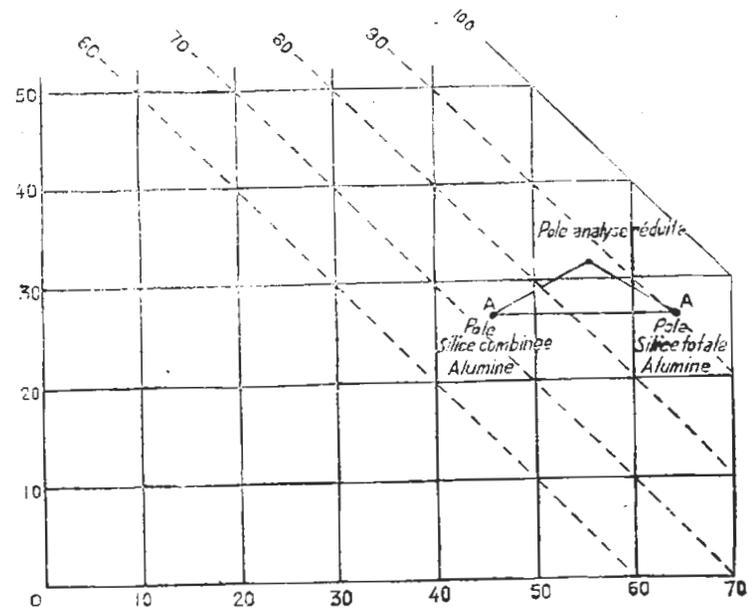


Figure 8

Il serait cependant mieux de supposer la silice libre éliminée de l'argile (en admettant bien entendu qu'elle est entièrement à l'état de quartz) et de calculer les propor-

tions de la silice et de l'alumine en déduisant la silice libre des résultats de l'analyse (A'') (Figure 9).



( Figure 9 )

On aura ainsi un troisième point figuratif ou pôle correspondant au fond argileux supposé débarrassé entièrement de silice libre.

Ceci dit, soient deux argiles A et B dont les analyses chimiques sont les suivantes :

	Terre A (dite maigre)	Terre B (dite grasse)
Silice libre	18,25	21,55
Silice combinée	45,95	34,20
Silice totale	64,20	55,75
Acide titanique	traces	traces
Alumine	26,1	35,6
Sesquioxyde de fer	1,2	1,5

		Terre A (dite maigre)	Terre B (dite grasse)
Chaux	%	traces	traces
Magrésie	%	0,55	0,3
Alcalis	%	0,8	1,05
Perte au feu	%	7,8	6,6
Totaux. ...		100,65	100,80

Sur le graphique, on commence à faire figurer les pôles silice-alumine correspondant aux compositions théoriques des espèces d'argile généralement admises, notamment celles qui sont citées dans l'ouvrage classique du savant Professeur A. Lacroix (La Minéralogie de la France et de ses Colonies) à savoir : (Figure 10)

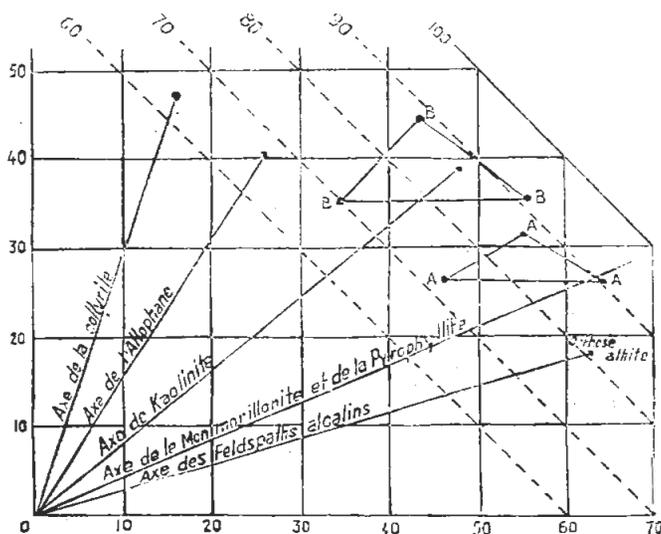


Fig. 10

- a) pôle silice alumine des feldspaths alcalins = orthose  
( $Al_2O_3, 6 SiO_2, Na_2O$ )
- b) pôle silice alumine de la pyrophyllite  
( $Al_2O_3, 4 SiO_2, H_2O$ )

- c) pôle silice-alumine de la montmorillonite  
( $Al_2O_3, 4 SiO_2, 2H_2O$ )
- d) pôle silice-alumine de la kaolinite  
( $Al_2O_3, 2 SiO_2, 2H_2O$ )
- e) pôle silice-alumine de l'allophane  
( $Al_2O_3, SiO_2, 5 H_2O$ )
- f) pôle silice-alumine de la collyrite  
( $2 Al_2O_3, SiO_2, 9 H_2O$ )

On joint chaque pôle par une droite à l'origine 0 des coordonnées.

On obtient ainsi :

- a) l'axe des feldspaths théoriques.
- b) l'axe de la pyrophyllite et celui de la montmorillonite, qui se confondent.
- c) l'axe de la kaolinite.
- d) l'axe de l'allophane.
- e) l'axe de la collyrite.

Notons que plus près de l'ordonnée de l'alumine, on trouverait l'axe de la bauxite.

Si nous admettons qu'une argile résulte du mélange à une espèce définie et correspondant à la formule théorique d'une proportion plus ou moins grande d'impuretés, ou bien d'un état d'hydratation différent, le point correspondant se trouvera nécessairement sur un des axes précités, puisque les proportions relatives de  $SiO_2$  combinée et d' $Al_2O_3$  seront réduits dans le même rapport.

Par suite, les pôles des argiles provenant du mélange des espèces théoriques avec du quartz ou autres impuretés ou bien d'un excès d'eau de combinaison, se trouveront sur ces mêmes axes.

Par contre, une variation relative des proportions de la silice combinée et de l'alumine, se traduira par un déplacement du pôle figuratif en dehors de l'axe correspondant.

Si la somme  $SiO_2 + Al_2O_3$  reste constante, le déplacement se fera suivant une ligne à  $45^\circ$ , parallèle à la ligne de 100% que nous avons déjà délinée, et correspondant à la valeur de cette somme.

Le graphique permettra donc d'interpréter facilement une analyse d'argile.

Si maintenant on porte sur ce même graphique les points réels résultant des diverses argiles citées par M.A. Lacroix on voit : (Fig. 11)

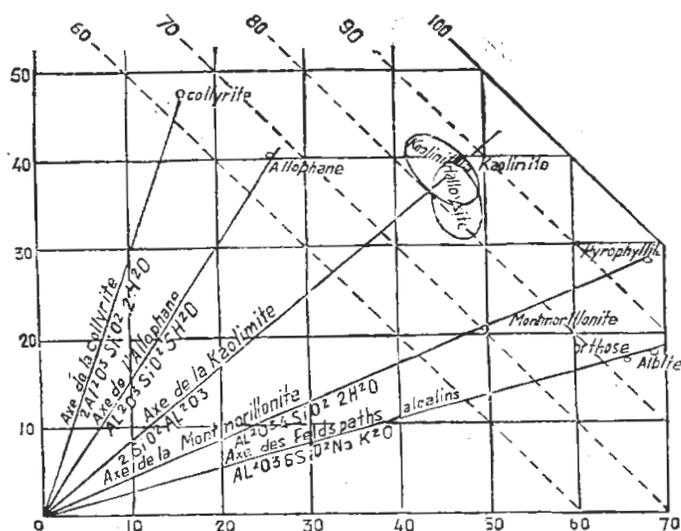


Fig. 11

1° Que le point correspondant à la kaolinite théorique, se trouve situé à peu près au centre d'une ellipse allongée à  $45^\circ$  qui circonscrit les points correspondant aux analyses de kaolinites réelles citées par M. Lacroix. Certaines de ces kaolinites présentent un excès relatif de  $SiO_2$  les autres d' $Al_2O_3$  — Une kaolinite impure ou hydratée devra, par contre, être figurée par un point situé au voisinage de l'axe de la kaolinite théorique en se rapprochant de l'origine des coordonnées.

En ce qui concerne les halloysites considérées comme ayant la formule de la kaolinite avec un excès d'eau, les analyses reproduites par M. Lacroix ne confirment pas entièrement cette conception habituelle. L'une d'elles seule donne un point situé sur l'axe de la kaolinite, mais en coïncidence avec le pôle théorique sans excès d'eau. Ce point, d'ailleurs, est situé tout à fait à l'extrémité d'une ellipse allongée qui circonscrit les autres points relatifs à des halloysites. Cette ellipse s'allonge du côté correspondant à un excès de silice, et à un défaut d'alumine, sans que la somme aille en diminuant notablement. Il semble donc qu'au point de vue chimique, si l'on se base sur ces analyses, l'halloysite soit surtout caractérisée par un certain excès de silice.

L'axe de la pyrophyllite rencontre notablement plus près de l'origine des coordonnées une ellipse qui circonscrit les points correspondant aux analyses de montmorillonites citées par M. Lacroix. Bien qu'assez variables comme composition, les unes avec excès relatif de  $SiO_2$ , les autres au contraire d' $Al_2O_3$ , (l'ellipse en question est encore fortement allongée à  $45^\circ$ ), les montmorillonites répondent bien en moyenne à un degré défini d'hydratation de la pyrophyllite.

Si nous revenons maintenant aux argiles A et B, nous représenterons chacune d'elles sur les graphiques par trois pôles :

- 1° — pôle Silice totale — Alumine (composition brute)
- 2° — pôle Silice combinée — Alumine (composition brute)
- 3° — pôle Silice combinée — Alumine (chiffres calculés en défalquant des résultats de l'analyse la silice libre).

Nous obtenons ainsi pour chaque argile un triangle représentatif dont les sommets sont formés par les trois pôles précités, les deux premiers pôles se trouvant évidemment sur une droite passant par l'origine des coordonnées et parallèle à l'axe de la Silice.

On voit immédiatement que la terre A (argile maigre) se rapproche de la pyrophyllite par sa composition brute (pôle 1° A) des montmorillonites par sa composition réduite (pôle 2° A') et s'interpose entre la pyrophyllite, les montmorillonites et les halloysites par sa composition calculée en défalquant des résultats de l'analyse la silice libre (pôle 3° A"). C'est donc une argile intermédiaire entre les trois espèces théoriques précitées.

La terre B (terre grasse) place son pôle 1° B) en deçà de l'axe de la kaolinite théorique à proximité des kaolinites réelles, son pôle 2° B') au delà de ce même axe et son pôle 3° B") également au-delà de l'axe précité avec un très notable excès d'alumine.

C'est donc une argile rentrant dans le cadre des kaolinites avec excès d'alumine.

Par ce que nous venons de dire, il est très facile de voir que nous pouvons, connaissant l'analyse chimique d'une argile, déterminer immédiatement grâce au graphique :

1° — La catégorie d'argile théorique dans laquelle on peut la classer ou dont on peut la rapprocher avec constatation des plus ou moins grandes impuretés ou du plus ou moins grand excès d'eau de combinaison qu'elle contient par rapport au type d'argile théorique auquel elle se rattache.

2° — La variation relative des proportions de silice combinée et d'alumine qu'elle comporte toujours par rapport au type d'argile théorique duquel elle se rapproche. La position des pôles indiquera aussi (si on se souvient de la situation des ellipses kaolinites réelles, halloysites, etc) si on peut la comprendre dans l'une ou l'autre de ces catégories d'argiles réelles.

On pourrait aussi porter les autres composants de l'analyse chimique suivant une ligne brisée, ainsi qu'il a été dit plus haut, en partant du pôle correspondant à l'analyse

réduite du fond argileux tout au moins si l'analyse microscopique dont nous parlerons plus loin montre que ces autres composants ne forment pas des minéraux individualisés et doivent entrer dans la composition du fond argileux.

Il semblerait alors utile de faire intervenir les rôles chimiques habituels de  $TiO_2$  (s'il est en proportion notable) et de  $Fe_2O_3$ . On sait en effet que  $TiO_2$  se substitue souvent à  $SiO_2$  dans ses combinaisons en le remplaçant dans la proportion de 80 (poids moléculaire de  $TiO_2$ ) à 60 (poids moléculaire de  $SiO_2$ ) Il est donc naturel de réduire aux  $3/4$  la proportion de  $TiO_2$  en la considérant comme remplaçant une quantité correspondante de  $SiO_2$ , mais cette correction resterait toujours très faible et souvent insignifiante.

De même l'oxyde de fer, si on le suppose formé de  $Fe_2O_3$  pourra souvent dans la pâte argileuse être considéré comme remplaçant un peu de  $Al_2O_3$  en combinaison (si l'examen microscopique ne montre pas de grains individualisés de minéraux ferrugineux). Les poids moléculaires de  $Fe_2O_3$  et de  $Al_2O_3$  étant respectivement 160 et 102, il faudrait alors considérer que  $Fe_2O_3$  tient la place d'une quantité d' $Al_2O_3$  égale à  $5/8$  environ de son poids.

Le pôle silice combinée-alumine se trouverait ainsi légèrement déplacé. Mais la correction ainsi obtenue (qu'il ne faudrait d'ailleurs faire qu'à bon escient, s'il n'y a pas de  $TiO_2$  et d'oxyde de fer libre) restera toujours faible dans les cas habituels, et il sera généralement inutile de le faire pour classer une argile dans les différentes espèces distinguées des minéralogistes.

*Analyse microscopique.* — C'est à Messieurs Bertrand et Lanquine que l'on doit les études suivies faites sur les argiles et produits céramiques au moyen des méthodes de la pétrographie. On opère sur des plaques minces de  $0^m/m03$  d'épaisseur en employant l'observation à la lumière naturelle et celle à la lumière polarisée. L'analyse microscopique

appliquée à une argile permet notamment de mettre en évidence dans cette dernière :

1<sup>o</sup>/ L'existence de grains de quartz plus ou moins gros et nombreux dans une argile maigre, beaucoup plus fins et disséminés, parfois même absents, dans une argile grasse.

2<sup>o</sup>/ Le développement dans le fond argileux amorphe de paillettes microscopiques plus ou moins grosses et nombreux de kaolinite ou d'autres variétés d'argile cristalline:

« Tantôt, disent Messieurs Bertrand et Lanquine, il existe dans le fond colloïde (amorphe) une cristallisation en fines paillettes bien définies de kaolinite, tantôt, au contraire, on observe un aspect microscopique entièrement différent que nous appellerons cryptocristallin où la polarisation très nette traduit encore une orientation moléculaire, mais diffuse et sans individualisation de paillettes cristallines définies quel que soit le grossissement auquel on observe la préparation, celle-ci ne montrant que des traînées plus ou moins régulières au milieu du fond colloïde. Nous avons rencontré ce type de structure microscopique dans un grand nombre d'argiles et il s'observe dans certaines argiles définies du type dit : halloysite, par exemple dans celle des Eyzies (toutefois d'autres halloysites sont entièrement colloïdales) et nous l'appellerons type halloysitique par opposition au type kaolinique précédent qui domine naturellement dans les kaolins ».

Un certain nombre d'argiles présentent un caractère mixte, montrant des paillettes de kaolinite dans un fond principalement halloysitique. Il résulte de ces variations dans l'état physique du fond argileux des différences importantes dans le caractère physique et les propriétés céramiques des argiles : plasticité, fusibilité, aptitude au grésage à température relativement élevée.

Il importe de constater que les deux types précédents correspondent à un même rapport moléculaire à peu près

constant de silice et d'alumine ( $2 \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$ ) susceptible de variation dans l'un ou l'autre type, ainsi que le montre l'interprétation de nombreuses analyses, et que le degré d'hydratation même ne paraît pas susceptible de différencier les deux types, contrairement à l'opinion généralement admise à ce sujet. Il semble donc bien qu'il s'agisse seulement de deux états physiques différents pour ces deux types fondamentaux de la structure des argiles courantes.

3<sup>o</sup>/ La présence ou l'absence de fer ou de matières carbonneuses disparaissant à la cuisson.

Notons que l'analyse chimique donne la proportion exacte de quartz, mais non la taille des grains. Or, cette taille joue un rôle important dans l'emploi céramique d'une argile donnée.

On voit donc par ce que nous venons de dire l'intérêt de combiner l'analyse chimique avec l'analyse microscopique. L'ensemble de cette méthode a permis à Monsieur Chalamel d'établir pour les argiles la classification rationnelle que nous reproduisons dans les deux tableaux suivants.

On remarquera que nous avons fait suivre les exemples donnés des principaux types d'argiles européennes par des exemples d'argiles indochinoises correspondantes. Bien entendu, cette assimilation doit être comprise dans un sens assez large — Il est en effet impossible de rencontrer deux argiles de gisements différents présentant les mêmes caractères physique et chimiques, et surtout, les mêmes impuretés sous la même forme, mélangées dans les mêmes proportions.

C'est donc sous réserve de cette approximation que nous citons nos argiles indochinoises-types.



CLASSIFICATION DES ARGILES EN CINQ TYPES PRINCIPAUX	RÉSULTATS DE L'ANALYSE CHIMIQUE			RÉSULTATS DE L'ANALYSE MICROSCOPIQUE	
	proportion d'alumine	proportion de silice libre	proportion de silice combinée	Fonds Argileux	Grains de quartz
	<i>Argiles alumineuses normales</i> Ex : Certaines terres de Sézanne en Europe. En Indochine, les terres de Dong-dang, près Lang-son(1)	grande	faible	assez grande	type halloysitique souvent uniquement colloïdal ou type kaolinitique mais avec peu de kaolinite.
<i>Argiles alumineuses anormales</i> Ex : Certaines terres du Chasteaux et Mussidan, en Europe. En Indochine, kaolin de Yenbay (1)	grande	faible	assez grande	très cristallin, type kaolinitique avec grande quantité de kaolinite jouant le rôle d'amalgamant.	peu nombreux et de grosseur variable.
<i>Argiles silico-alumineuses normales</i> Ex : Certaines terres du Westerwald, en Europe. En Indochine, argiles kaolinitiques de Dalat (1)	moyenne	moyenne	assez grande	cryptocristallin ou colloïdal, avec grains de kaolinite. Type halloysitique ou halloysokaolinitique	plus ou moins nombreux et de grosseur variable.

(1) Les exemples d'argiles indochinoises-types sont cités par l'auteur.

CLASSIFICATION DES ARGILES EN CINQ TYPES PRINCIPAUX	RÉSULTATS DE L'ANALYSE CHIMIQUE			RÉSULTATS DE L'ANALYSE MICROSCOPIQUE	
	proportion d'alumine	proportion de silice libre	proportion de silice combinée	Fonds argileux	Grains de quartz
	<i>Argiles siliceuses anormales</i> Ex : Certaines terres de Diou et de Seurre en Europe En Indochine, arg les blanches du Dong-Trieu au Tonkin (1)	faible	grande, à l'état colloïdal ou en poussière.	moyenne	cryptocristallin ou colloïdal avec grains de kaolinite. — Type halloysitique, parfois kaolinitique, parfois halloysito-kaolinitique
<i>Argiles siliceuses normales</i> Ex : Argiles de Saint-Leup de Noud, en Europe. En Indochine, les argiles blanches, sableuses de Thu Duc en Cochinchine et Dap cau au Tonkin (1).	très faible	grande	assez faible	cryptocristallin ou colloïdal avec grains de kaolinite. — Type halloysitique, parfois kaolinitique, parfois halloysito-kaolinitique	nombreux souvent très gros

(1) Les exemples d'argiles indochinoises-types sont cités par l'auteur.

L'application du graphique de Monsieur le Professeur Bertrand aux principaux type d'argiles indochinoises donne les résultats suivants :

**Argile kaolinique de Dalat**

Analyse brute		Analyse réduite	
Silice libre	: 20,33 %	Silice combinée	: 46, %
Silice combiné	: 36,67	Alumine	: 36,87
Alumine	: 29,34	Perte au feu	: 10,30
Oxyde de fer	: 1,75	<i>Nota</i> : L'analyse de la kaolinite de formule $2 \text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ donne théoriquement :	
Chaux	: 0,45	Silice combinée	: 46,3 %
Magnésie	: 0,25	Alumine	: 39,9
Acide titanique	: 1,31	Perte au feu	: 14
Alcalis	: 1,60		
Perte au feu	: 8,20		

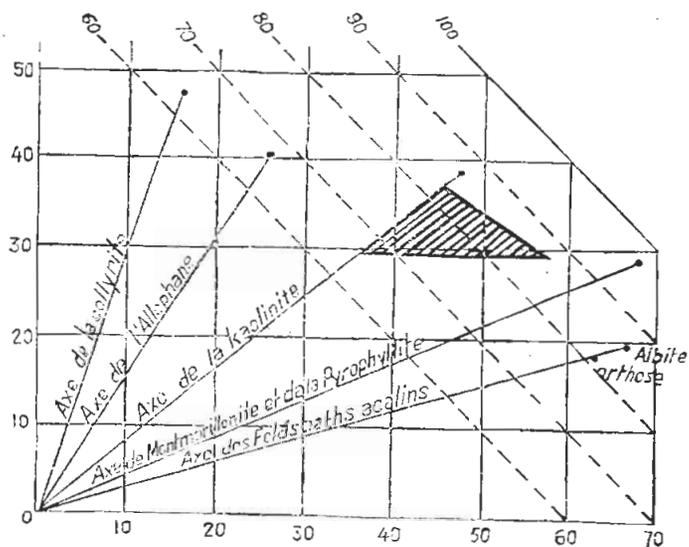


Figure 12

Les pôles « analyse réduite » et « silice combinée alumine » se trouvant sensiblement sur l'axe de la kaolinite, il s'agit donc bien d'une argile kaolinique, avec silice libre en mélange.

**Argile blanche de Ho-Lao, près Dong-Triêu**

Analyse brute		Analyse réduite	
Silice libre	: 28,1 %	Silice combinée	: 61,4 %
Silice combinée	: 44,2	Alumine	: 26,2
Alumine	: 18,9	Perte au feu	: 6,6
Oxyde de fer	: 0,5	<i>Nota</i> : L'analyse de la montmorillonite de formule $4 \text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ donnerait théoriquement :	
Alcalis	: 2,2	Silice combinée	: 63,3 %
Perte au feu	: 4,8	Alumine	: 27,1
		Perte au feu	: 9,5

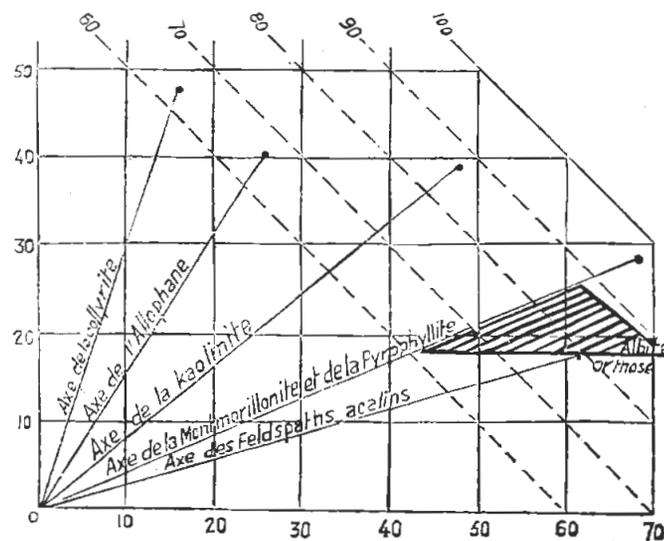


Fig. 13

Les pôles « analyse réduite » et « silice combinée-alumine » tombant sur l'axe de la « montmorillonite » il s'agit donc bien d'une montmorillonite de formule  $4 \text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  avec

silice libre en mélange. L'appellation de kaolin s'appliquant à cette argile est par conséquent erronée.

**Argile réfractaire de Langson**

Analyse brute		Analyse réduite	
Silice libre	: 7,25 %	Silice combinée	: 32,07 %
Silice combinée	: 29,75	Alumine	: 47,20
Alumine	: 43,78	Perte au feu	: 16,7
Oxyde de fer	: 2,40	<i>Nota : L'analyse d'un mono-</i>	
Chaux	: 0,34	<i>silicate de l'espèce « Allopha-</i>	
Magnésie	: 0 10	<i>ne» hydraté avec deux molé-</i>	
Acide titanique	: 0,13	<i>cules d'eau seulement don-</i>	
Alcalis	: 0,95	<i>nerait en composition centé-</i>	
Perte au feu	: 15,50	<i>simale :</i>	
		Silice combinée	: 30 %
		Alumine	: 51
		Perte au feu	: 18

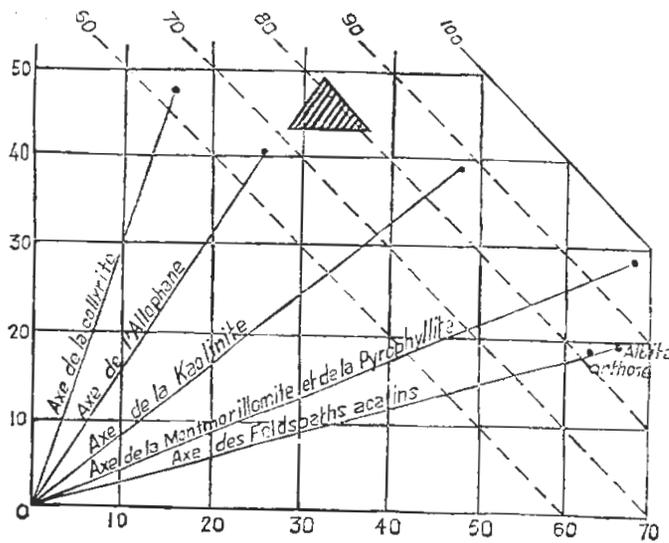


Figure 14

Les pôles « analyse réduite » et « silice combinée-alu » se trouvent très près de l'axe de l'allophane, mais dépassant le point théorique d'hydratation vers la ligne de 100 %, il s'agit donc d'une argile de l'espèce « allophane » à un degré inférieur d'hydratation.

CHAPITRE VII

**Réfractairité et fusibilité — Caractères de la fusibilité des pâtes et argiles—Le rôle des alcalis. Le rôle de la silice libre. Essais de fusibilité.**

La cuisson des produits céramiques demande plus ou moins de température selon la plus ou moins grande fusibilité de leur pâte. On appelle pâtes ou argiles très fusibles celles qui se vitrifient vers 900° C — Les argiles moyennement fusibles se vitrifient vers 1,200° C. Les argiles à grès sont des argiles moyennement fusibles. Les pâtes à porcelaine dure se vitrifient entre 1250 et 1.400° C. Ce sont des pâtes peu fusibles. Au-dessus de 1.400° C, commence la série des argiles et pâtes réfractaires. Réfractaire est antonyme de fusible. Une argile qui fond à 1.500° C est une argile peu réfractaire. Les argiles très réfractaires résistent à 1750° C. Les causes de la fusibilité d'une argile sont complexes et dépendent non seulement de sa composition chimique mais aussi de sa composition physique. C'est ainsi que deux argiles possédant exactement les mêmes teneurs en éléments fusibles se comporteront au feu d'une façon différente parce que l'une contiendra par exemple ses alcalis sous forme de gros mica muscovite, et l'autre sous forme de feldspath. D'une façon générale, une argile est d'autant plus fusible qu'elle contient plus d'alcalis, fer, chaux, magnésie et titane. Il est compréhensible en effet que ces différents éléments basiques ont propension à s'unir à la silice pour former des silicates basiques fusibles, qui déterminent le grésage et la

fusion de la masse argileuse. Il est certain d'autre part que chaque fois que des alcalis se trouvent dans une argile sous la forme « saturée » c'est-à-dire déjà combinés complètement dans un silicate, leur action fusible est moins forte que si ces alcalis existaient dans l'argile à l'état libre. Nous savons aussi que la silice libre d'une argile contenant des alcalis peut rendre cette argile plus réfractaire ou plus fusible selon que cette silice est en grains plus ou moins gros. L'analyse chimique ne peut donc donner que des présomptions sur les qualités de fusibilité des argiles. Il n'y a que l'essai pratique de fusibilité qui donne des renseignements certains.

Les essais pratiques de fusibilité sont effectués dans des petits fours d'essai chauffés par foyers soufflés ou dans des fours électriques pour les essais des terres très réfractaires. La mesure des températures atteintes s'effectue ordinairement par le moyen de montres fusibles. Les montres fusibles sont des petits tétraèdres d'environ 5 centimètres de hauteur confectionnés avec un mélange céramique dont on connaît exactement le point de fusion. Pour faire un essai de fusibilité, on met donc l'échantillon de terre à essayer dans un petit four d'essai en même temps qu'une montre fusible étalonnée. On vend dans le commerce des montres fusibles, numérotées pour les températures de 600 à 1.800° C. La montre fusible qui « tombe » c'est-à-dire qui fond en même temps que l'échantillon de terre essayée indique le point de fusion de la terre essayée. On dispose ordinairement dans le four d'essai, toute une échelle de montres fusibles afin d'obtenir une plus grande précision dans la détermination du point de fusion. On peut remplacer les montres fusibles par des appareils appelés pyromètres. Nous reviendrons sur ses appareils de mesure à propos de l'étude de la cuisson. Mais au point de vue pratique, l'emploi des montres fusibles est préférable dans la plupart des cas parce qu'il donne des indications concrètes basées sur un véritable essai de fusion céramique.

### Exemple de composition d'une argile fusible

(analyse de l'argile blanche de Phu-Tho — Tonkin)

Perte au feu . . . . .	10,7 %.
Silice libre (en sable fin) . . . . .	11,8 —
Silice combinée . . . . .	60,5 —
Alumine . . . . .	22,5 —
Oxyde de fer . . . . .	1,5 —
Chaux . . . . .	0,4 —
Alcalis . . . . .	2,6 —

Point de fusion : 1.270° C.

On voit par cet exemple que la silice libre (11,80 % contenue dans cette argile sous forme de sable fin donne un silicate multiple fusible par sa combinaison avec les 2,6 % d'alcalis, 0,4 % de chaux et 1,5 % de fer qu'elle contient.

Une argile moins siliceuse et moins alcaline serait plus réfractaire en ce sens que la silice qu'elle contiendrait pourrait saturer les bases sans former une trop grande quantité de silicate fusible.

### Exemple de composition d'une argile peu siliceuse et réfractaire

(Argile extra alumineuse de Lang-Son)

Perte au feu . . . . .	15,50 %
Silice libre (en sable très fin) . . . . .	7,25 —
Silice combinée . . . . .	29,75 —
Alumine . . . . .	43,78 —
Oxyde de fer . . . . .	2,40 —
Chaux . . . . .	0,34 —
Magnésie . . . . .	0,10 —
Acide titanique . . . . .	0,13 —
Alcalis . . . . .	0,95 —

Point de fusion à 1.760° C.

D'autre part, une argile très siliceuse et peu alcaline est également très réfractaire pour les mêmes raisons. La silice qu'elle contient en excès ne peut pas se saturer complètement ce qui fait que cette silice restée libre, constitue dans l'argile un squelette infusible c'est-à-dire réfractaire. Nous verrons à la fin de ce cours des exemples d'argiles indochinoises très siliceuses et très réfractaires.

### CHAPITRE VIII

#### Composition des Pâtes Poreuses — Pâtes à terre cuite — Pâtes à faïences

Les pâtes poreuses céramiques comprennent :

1°) Les pâtes à terres cuites ordinaires (pâtes à poterie vernissée et pâtes à majoliques).

2°) Les pâtes à faïences ordinaires (faïences calciques) et les pâtes à faïences dures (faïences feldspathiques).

Nous examinerons d'abord les pâtes à terres cuites

*Argiles à terres cuites.* -- Une bonne pâte à terre cuite pour poteries ordinaires doit être composée d'une argile plastique blanche ou colorée et suffisamment amaigrie avec un des dégraissants étudiés dans le chapitre IV ou un mélange de plusieurs de ces dégraissants. La plupart des argiles à poterie ordinaire sont dégraissées naturellement, c'est-à-dire qu'elles contiennent la quantité de silice libre nécessaire pour éviter les inconvénients d'un retrait excessif.

Exemple d'une argile naturelle à poterie commune.

Argile des environs de Hanoi (Province de Hadong) (par Dupouy).

Silice sableuse . . . . .	27,1 %
Silice combinée . . . . .	19,6
Alumine . . . . .	14,2
Oxyde de fer . . . . .	1,4
Chaux . . . . .	0,5
Magnésie . . . . .	0,1
Alcalis . . . . .	2,2
Perte au feu . . . . .	3,6

Cette argile est fortement dégraissée naturellement par la présence de 27 % de silice sableuse et s'emploie telle quelle pour la fabrication de tuiles et poteries ordinaires. Une bonne argile à terre cuite doit contenir entre 15 et 30 % de silice libre sous forme de sable très fin.

Les poteries en terre cuite ordinaire devant aller au feu (marmites, pots, etc...) sont composées d'argiles maigres et la teneur de 30 % de silice sableuse est parfois dépassée. C'est ainsi que l'argile à poterie de Kompong-Chnang au Cambodge contient 33 % de silice sableuse, ainsi que celle de Dap-cau, au Tonkin.

*Argiles à Majoliques.* -- Quelques nouvelles industries céramiques, en Annam et au Tonkin, produisent des majoliques sous forme de vases à fleurs, cache-pots, et pièces d'ornementation pour façades d'immeubles. Les pâtes à majolique employées sont composées d'argiles blanches cuisant crème, dégraissées naturellement, et dont voici un exemple de composition.

#### Argile blanche de Dap-Cau (Tonkin) (par Pic)

Silice sableuse . . . . .	33,70 %
Silice combinée . . . . .	31,40
Alumine . . . . .	22,06
Chaux . . . . .	0,55
Magnésie . . . . .	0,40
Alcalis . . . . .	1,57
Oxyde de fer . . . . .	3,20
Perte au feu . . . . .	6,10

Cette argile qui contient une forte proportion de silice libre très fine et d'alcalis, fond vers 1.300° C.

Les couvertes plombifères et alcalino-boraciques réussissent bien sur cette argile avec laquelle ont été confectionnées les pièces d'architecture ornant le Grand Théâtre Municipal de Hanoi. Les effets de « coulure » notamment donnent d'excellents résultats (vases à fleurs du musée Maurice Long etc...)

*Pâtes à faïences ordinaires.* — Par faïences ordinaires, ou faïences communes, on entend généralement des produits céramiques confectionnés avec des pâtes calcaires revêtues d'un émail stannifère. A part les usines céramiques européennes qui produisent un peu de carreaux de revêtement on peut dire que les faïences stannifères sont totalement inconnues en Indochine. Toutefois quelques personnes ont cru pouvoir classer dans cette catégorie certains produits de Batrang au Tonkin. En réalité, les prétendues faïences de Batrang sont des grès insuffisamment cuits. Les poteries de Batrang cuites normalement sont des grès communs engobés. Nous ferons la même remarque au sujet des poteries de Thanh-hoa où l'on fabrique normalement des grès et accidentellement des faïences, mais nous verrons qu'à Moncay, certains fabricants chinois produisent normalement de la vaisselle en faïence dure en partant d'une pâte spéciale cuite à plus basse température que les grès et porcelaines. On a d'ailleurs toujours fabriqué des faïences en Chine et au Japon, et les célèbres "Satzuma" japonais sont des faïences fines. Quelques industriels français ont entrepris la fabrication de faïences communes à émail stannifère au Tonkin et en Annam. Les conditions d'accord entre les émaux stannifères et les pâtes cuites vers 1.000° C exigeant une certaine proportion de chaux dans ces dernières (pour éviter la tressaillure) il a fallu employer des marnes pour obtenir des résultats satisfaisants. Les marnes employées au Tonkin sont celles de Dong-Giao, près la frontière d'Annam et celles de Yên-Bay, toutes deux de l'époque tertiaire.

Composition de la marne de Dong-Giao (Tonkin) (par Lambert)

Silice totale . . . . .	39,61 %
Alumine . . . . .	4,05
Chaux . . . . .	42,78
Oxyde de fer . . . . .	3, 2

Cette marne mélangée à son volume d'argile blanche du Dong-Trieu ou de Dap-Cau constitue une bonne pâte à faïence ordinaire.

Composition de la marne de Yen-Bay crue (par Pic).

Silice libre . . . . .	32,60 %
Silice combinée . . . . .	20,40
Alumine . . . . .	16 05
Oxyde de fer . . . . .	7,05
Chaux . . . . .	8,93
Alcalis . . . . .	0,96
Perte au feu (H <sup>2</sup> O et CO <sup>2</sup> )	11,00

Cette marne est utilisée comme la précédente en mélange avec des argiles blanches. Elle a l'avantage d'apporter de la fusibilité aux pâtes sans prendre trop de retrait à la cuisson en raison de sa haute teneur en silice libre et de la déshydratation naturelle de ses molécules argileuses passées à l'état de schiste. Elle a l'inconvénient d'avoir une plasticité nulle, et elle apporte trop de coloration à la pâte, ce qui en limite l'emploi à la confection de pièces très ordinaires.

*Pâtes à faïences dures.* — Par faïences dures, on entend en Europe des pâtes qui se rapprochent beaucoup en composition chimique de certaines porcelaines dures. Elles contiennent toujours une appréciable quantité d'alcalis, sous forme de feldspath, ainsi, qu'une certaine proportion de silicium broyé d'où leur nom générique de "pâtes siliceuses" En

Indochine française, on ignore les pâtes à faïences siliceuses parce qu'on n'y trouve pas de silex (absence de terrains crétacés).

Certains fabricants chinois de Moncay, au Tonkin fabriquent néanmoins des faïences dures dans la composition desquelles le silex est remplacé par un sable siliceux feldspathique. C'est en somme la même composition que la pâte à grès des mêmes fabricants, mais avec une proportion plus forte d'argile plastique et de carbonate de chaux. En raison de leur porosité, les pâtes à faïences de Moncay s'accordent mal avec les couvertes alcalino-calciques, dont elles sont revêtues, et donnent souvent des tressaillures. Compte tenu de notre observation au sujet des productions de Batrang et Thanh-hoa, nous ne connaissons pas en Indochine d'autres centres de production de faïences dures que Moncay.

## CHAPITRE IX

### Les pâtes vitrifiées — Pâtes à grès communs

#### Pâtes à grès fins — Pâtes à porcelaines

Les produits à pâtes vitrifiées comprennent les grès et les porcelaines.

Nous parlerons d'abord des grès qui sont des produits imperméables et très durs (non rayables par l'acier). Les grès se divisent en grès communs et en grès fins.

Les grès communs sont fabriqués avec des pâtes qui sont ordinairement colorées par l'oxyde de fer qu'elles contiennent en plus ou moins grande quantité. Les grès bruns, qui contiennent beaucoup de fer, sont particulièrement fusibles. Mais l'élément fusible le meilleur est constitué par

la potasse ou la soude, les silicates alcalins ayant la propriété de fournir une phase pâteuse plus longue que celle des fondants ferrugineux et des fondants calcaires.

*Phase pâteuse.* — On entend par phase pâteuse, ou palier de ramollissement, la différence de température entre le point de grésage (commencement de la vitrification) et le point de fusion (moment où le produit s'affaisse sous son propre poids). On comprend que plus la phase pâteuse sera longue, meilleures seront les qualités d'une pâte à grès, puisque la cuisson pourra s'en effectuer avec une approximation plus large. Une pâte à grès dont la phase pâteuse est très courte est toujours délicate à la cuisson parce qu'on risque : ou de ne pas atteindre le point de grésage, ou de le dépasser, auquel cas la fournée est perdue. Les fondants alcalins à longue phase pâteuse sont donc caractéristiques des pâtes vitrifiées : grès et porcelaines. La pâte des grès communs est à grain grossier. Les grès communs sont toujours plus ou moins colorés en brun, gris, jaune ou rouge. On fabrique avec les grès communs des carreaux de dallage ordinaires et la masse de fond des carreaux en grès cérame. On fabrique également des jarres, des bouteilles, des récipients de toutes formes et, au Tonkin, les cercueils à ossements.

Il est rare que l'on puisse employer des argiles naturelles à grès sans aucun mélange. On est ordinairement obligé de malaxer intimement plusieurs argiles à grès, avec ou sans adjonction de dégraissant, pour obtenir une pâte convenable.

Des jarres en grès commun sont fabriquées aux environs de Bienhoà (Cochinchine) avec une pâte composée d'une argile grise très plastique dégraissée avec un tiers de sable siliceux blanc. Voici la composition de cette argile grise que l'on trouve sur les bords du Donai :

Analyse de l'argile grise à grès commun de Bienhoa (par Dupouy).

Silice libre. . . . .	1, %
Silice combinée . . . . .	49,4
Alumine. . . . .	27,1
Oxyde de fer . . . . .	3,6
Chaux . . . . .	0,5
Magnésie . . . . .	0,3
Alcalis . . . . .	1,4

Comme on voit, cette argile ne contient pratiquement pas de silice libre. C'est pourquoi on la dégraisse avec du sable siliceux.

Les poteries chinoises de Cay-Mai, près Cholon (Cochinchine) sont également des grès communs à pâte moins grossière et moins colorée que celle des jarres de Bien-hoa. La pâte de Cay-Mai est composée d'une argile blanche très siliceuse extraite des plateaux de Thu-Duc et qui a la composition suivante :

Argile blanche des environs de Thu-Duc (Cochinchine)

Silice totale. . . . .	72,70 %
Alumine . . . . .	10,77
Oxyde de fer. . . . .	2,83
Alcalis. . . . .	1,66

L'École d'Art de Bienhoa emploie pour la fabrication de ses grès artistiques une pâte à base d'argile blanche de même origine, ayant la même composition. Cette argile blanche plastique est dégraissée avec du tesson broyé (chamotte) depuis 1923, date à laquelle Madame Ballick, directrice de l'École, mit au point cette nouvelle pâte.

Les grès de Batrang (Tonkin) sont constitués d'une argile rouge (ferrugineuse) dégraissée naturellement avec un sable siliceux extrêmement fin. L'argile lavée de Batrang a la composition suivante :

Argile lavée de Batrang (par Dupouy)

Silice libre. . . . .	18,7 %
Silice combinée . . . . .	52,9
Alumine. . . . .	12,6
Oxyde de fer . . . . .	5,5
Alcalis . . . . .	1,1
Perte au feu . . . . .	6,1

Cette argile cuit rouge quand elle est moyennement grésée. En augmentant sa température de cuisson elle vire au noir. Afin de masquer cette couleur désagréable, on emploie l'engobage sur cru. Nous parlerons de la composition de cet engobe au chapitre des couvertes.

Les pâtes à grès communs de Thanh-Hoa sont composées d'une argile grise ferrugineuse. Celle de Tho-Ha, près Thanh-Hoa, donne à l'analyse :

Argile grise plastique lavée de Tho-Ha, (par Dupouy)

Silice libre . . . . .	4,2 o/o
Silice combinée . . . . .	57,0
Alumine. . . . .	21,2
Oxyde de fer . . . . .	4,3
Chaux . . . . .	0,6
Magnésie . . . . .	1,0
Alcalis . . . . .	2,1

Cette argile est assez fusible en raison de sa teneur en fer et alcalis. On la trouve mélangée naturellement à 18 % de sable très fin. Elle sert telle qu'elle à la fabrication de jarres et cercueils à ossements.

*Pâtes à grès fins.* — Les grès fins fabriqués en Indochine se rapprochent beaucoup des porcelaines dures chinoises dont ils sont séparés néanmoins par l'absence de translucidité et le gros grain de leur pâte, dû à sa teneur insuffisante en feldspath. Les pâtes à grès fin de Thanh-Tri ont été mises au point par Monsieur Nguyen-Ba-Chinh, directeur-

fondateur de l'Usine. Ces pâtes sont composées de matières premières exploitées dans la région de Dong-Triêu et Trang-Bach, ainsi d'ailleurs que celles employées par la manufacture de Haiphong, de fondation plus récente.

Analyse de l'argile blanche de Trang-Bach (par Rémoville)

Silice totale . . . . .	79,8 %
Alumine . . . . .	12,3
Oxyde de fer . . . . .	1,1
Chaux . . . . .	1,3
Magnésie . . . . .	0,5
Alcalis . . . . .	0,9

Cette argile est dégraissée avec une roche silico-alumineuse peu hydratée (argilite) qui contient de 1,5 à 2 % d'alcalis. Les fabricants indochinois ont pris coutume de nommer cette roche « feldspath ». En réalité, sa faible teneur en alcalis ne permet pas de lui donner ce nom, pas plus qu'on peut l'appeler « pegmatite céramique ». Elle présente sensiblement la composition des argiles plastiques de la même région, et elle n'est pas plus fusible. C'est pourquoi nous disons qu'elle est employée comme dégraissant, alors que les véritables feldspaths sont utilisés comme fondants.

Analyse de l'argilite de Bich-Nhoi (roche improprement dénommée feldspath) — (par Pic)

Silice totale . . . . .	74,2 %
Alumine . . . . .	18,6
Oxyde de fer . . . . .	1,0
Chaux . . . . .	0,7
Magnésie . . . . .	0,3
Alcalis . . . . .	1,5

Cette faible teneur en alcalis du dégraissant employé a amené certains céramistes d'Indochine à ajouter un fondant cal-

caire à leurs pâtes qui se grèsent vers 1.280° C. Les grès fins de Thanh-Tri servent à la fabrication de vaisselle et de pièces isolantes pour l'électricité.

En poussant assez loin la lévigation de certaines roches sédimentaires que l'on trouve au Tonkin depuis Dapcau jusqu'à Moncay, en passant par Sept Pagodes, Maokhé, Uong-Bi, Yên-Láp, Hongay, Campha et Port-Vallut, on arrive à augmenter suffisamment la teneur en alcalis de la matière levigée pour permettre la fabrication de véritables porcelaines parfaitement translucides. Malheureusement cette pâte à porcelaine est toujours colorée par l'oxyde de fer y contenu, et d'autre part les frais de lévigation de ces roches gréseuses sont trop élevés pour permettre une généralisation industrielle du procédé.

*Pâtes à grès fins de Moncay.* — Il existe à Moncay de nombreuses fabriques de vaisselle en grès fin appartenant à des Chinois et employant des matières premières provenant du territoire chinois. Ces pâtes à grès fin de Moncay sont constituées par une argile blanche ayant la composition suivante :

Argile blanche de Moncay pour pâte à grès fins (par Pic)

Silice totale . . . . .	62,10 %
Alumine . . . . .	26,21
Oxyde de fer . . . . .	1,20
Chaux . . . . .	0,28
Magnésie . . . . .	0,44
Alcalis . . . . .	0,55

Nous donnons ci-dessous l'analyse d'une argile de Bich-Nhoi, employée à Thanh-Tri, afin de permettre une comparaison des deux matières.

Argile blanche de Bich-Nhoi (par Rémoville)

Silice totale . . . . .	73,6 %
Alumine . . . . .	19,5

Oxyde de fer . . . . .	0,9 %
Chaux . . . . .	0,1
Magnésie . . . . .	1,1
Alcalis . . . . .	0,8

Le point de fusion de cette argile est sensiblement le même que celui de l'argile employée à Moncay.

Les céramistes chinois de Moncay utilisent comme dégraissant une roche dure silico-alumineuse analogue à celle que l'on trouve dans la région de Trang-Bach et dont voici la composition.

Argilite employée à Moncay (par Pic)  
(roche improprement dénommée feldspath)

Silice totale . . . . .	78,40
Alumine . . . . .	15,42
Oxyde de fer . . . . .	1,32
Chaux . . . . .	0,25
Magnésie . . . . .	0,33
Alcalis . . . . .	1,86

*Pâtes à porcelaines.* — A part une porcelainerie chinoise installée à Cholon (Cochinchine) laquelle emploie pour composer sa pâte des matières premières importées de Chine, on peut dire que l'on n'a jamais produit beaucoup de véritables porcelaines blanches, normalement translucides en Indochine. Au Tonkin on a fabriqué et l'on fabrique encore des porcelaines à pâte très siliceuse, analogue à certaines pâtes japonaises.

Monsieur Tirard, Administrateur-Délégué de la « Société des porcelaines de l'Indochine », un des pionniers de l'industrie céramique en ce pays, s'est particulièrement intéressé à l'historique du sujet. Il a découvert qu'une très ancienne porcelainerie dirigée par des Japonais existait dans le Dong-Triêu au 15<sup>e</sup> siècle de notre ère, et cette porcelainerie fabriquait, paraît-il, des « bleus » pour la Cour

de Hué -- Une autre fabrique aurait été créée aux environs de Quang-yên vers la même époque, dirigée par des Chinois.

Quoi qu'il en soit, et en l'absence de tous renseignements techniques précis, on doit conjecturer que ces premiers fabricants employaient pour leurs pâtes des matières premières prises sur place. Or, en dehors des grès feldspathiques de la vallée du Song-Tam-Bac, lesquels contiennent suffisamment d'alcalis pour donner après levigation la translucidité nécessaire à une pâte de porcelaine cuite, on ne voit pas quelle roche feldspathique pouvaient employer ces anciens fabricants. On doit donc conclure qu'ils employaient les argilites dont nous avons déjà parlé et qui contiennent un faible pourcentage d'alcalis. Mais une pâte de porcelaine à base d'argilite paraît difficile à réaliser parce que pour obtenir la composition désirée il faudrait employer la roche à peu près pure.

Monsieur Bernadet, l'actuel Directeur de la Manufacture de Haiphong, ancien élève de M. Marc Larchevêque, s'est attaqué, récemment, à ce problème. Il a essayé des argilites qui donnent à l'analyse une composition sensiblement analogue à celle d'une pâte de porcelaine dure, et il en a confectionné des pièces d'essai cuites à 1.400° C. Les résultats sont encourageants, ces pâtes très siliceuses donnant à la cuisson une porcelaine normalement translucide. Il est probable que nos récentes découvertes de véritables kaolins et véritables feldspaths céramiques dans le Haut-Tonkin et dans le Sud-Annam permettront d'arriver plus rapidement et surtout plus complètement au but proposé, en raison des éléments : alumine et alcalis, qu'ils apporteront.

En résumé, on peut dire que jusqu'en 1930, les pâtes à porcelaines dures fabriquées en Indochine ont été composées sans vrai kaolin et sans vrai feldspath, au moyen d'argiles et roches sédimentaires broyées ou levigées.

En fait, on a plutôt produit des grès fins que des porcelaines, et les fabricants gagneraient à augmenter la teneur en fondants alcalins de leurs pâtes en vue d'allonger le palier de ramollissement.

Il faut se rappeler en effet que les pâtes feldspathiques sont celles qui se prêtent le mieux à la formation intérieure de sillimanite qui est un silicate synthétique de formule  $\text{SiO}_2 \text{Al}_2\text{O}_3$ . La sillimanite prend naissance à haute température lors de la cuisson des grès et des porcelaines, et sa formation en cristaux enchevêtrés les uns dans les autres a pour résultat de constituer un squelette résistant qui empêche l'affaissement du produit pâteux en fin de cuisson. Il est prouvé que la qualité de résistance à l'affaissement des pâtes à porcelaine est surtout due à cette formation de sillimanite lors de la cuisson de grand feu ce qui fait que le feldspath ne peut jamais être complètement remplacé par le carbonate de chaux dans une pâte à grès ou à porcelaine. La plupart des pâtes à porcelaine de Chine contiennent une forte proportion de mica potassique (muscovite) qui joue le même rôle que le feldspath lorsque ce mica est broyé finement. Le mica muscovite est très abondant dans la vallée du Fleuve Rouge, entre Yènbay et Laokay.

CHAPITRE X

Traitement des Matières premières — Concassage et broyage — Appareils concasseurs et broyeurs

Les matières premières telles qu'elles se trouvent dans la nature ne peuvent être introduites dans les pâtes et couvertes sans avoir subi au préalable divers traitements mécaniques qui ont pour but de les rendre utilisables.

Les roches dures sont concassées, lavées puis broyées finement. Les sables sont lavés et broyés. La figure 15 montre un dispositif de lavage pour les sables. L'eau propre arrive en A et passe sous la vanne V. La matière à laver est constamment remuée sous le courant d'eau au moyen de la raclette R. L'eau terreuse est évacuée en E. De temps en temps, on retire le sable lavé au moyen d'une pelle et on ajoute une nouvelle quantité de sable brut.

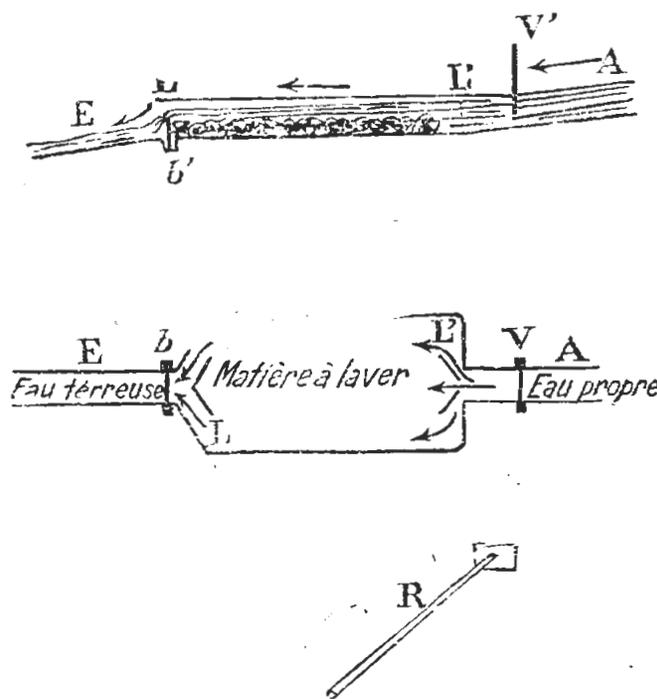


Fig. 15

La figure 16 montre une laverie mécanique pour sables et autres matières premières céramiques sableuses. La vis sans fin A B est inclinée sur l'horizontale et remonte constamment la matière à laver qui est introduite en C I. au

bas de la vis. L'eau propre arrive en V et suit un trajet opposé à celui du sable, avant de s'évacuer à la partie inférieure de la cuve contenant la vis.

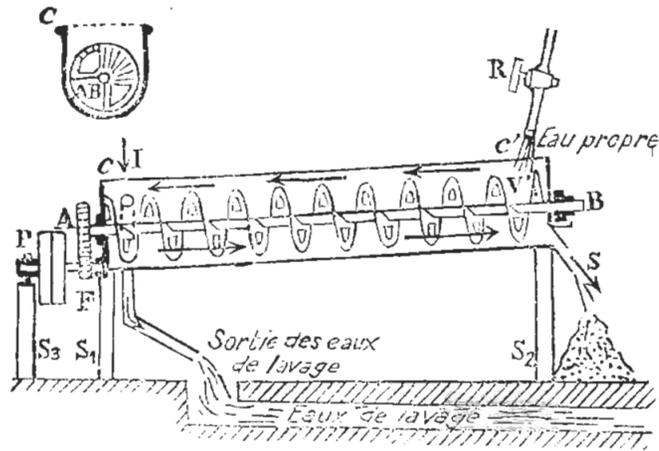


Fig. 16

Les argiles sont broyées à l'eau, tamisées et passées au filtre-pressé. Les roches kaoliniques sont délayées puis décantées pour séparer la partie kaolinique des minéraux non décomposés et autres qui les accompagnent dans la nature.

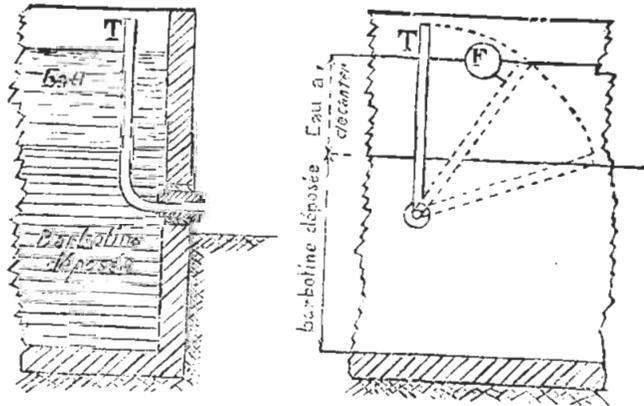


Fig. 17

La figure 17 montre le dispositif adopté habituellement pour évacuer l'eau à décanter dans les bassins : Un tuyau coudé T sert à l'évacuation de l'eau. Ce tuyau pivote autour du trou de sortie et peut prendre les diverses positions indiquées en pointillé sur la figure. De cette façon, on peut décanter l'eau qui surnage sans évacuer la barbotine qui reste dans le bassin où elle se sèche.

**Broyage à sec.** — Le broyage à sec des matières premières se fait à l'aide de concasseurs, meules verticales, et tubes de Dana. C'est ainsi que s'effectue le broyage des éléments de la pâte de faïence commune de l'usine céramique du Grand Bouddha à Hanoi.

**Broyage à l'eau.** — Le broyage à l'eau s'exécute le plus souvent dans les cylindres Alsing. C'est ainsi que s'effectue le broyage des éléments de la pâte à grès de Thanh-Tri.

Le broyage à l'eau nécessite en plus divers appareils de délayage, tamis, agitateurs, pompes et filtres-pressé.

*Concasseur granulateur*

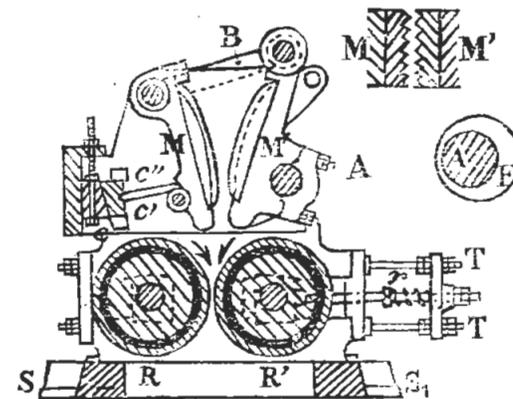


Fig. 18

M et M' machoires mobiles commandées par l'excentrique A F.

R R' cylindres tournant en sens inverse pour broyer les matières sortant des machoires M M'

Cette machine dont la description accompagne l'image qui en est donnée, sert d'appareil préparatoire pour concasser à la grosseur d'une noisette les matières à introduire sous les meules.

Broyeurs à meules

Broyeur à meules fixes et à sole tournante. (Fig. 19)

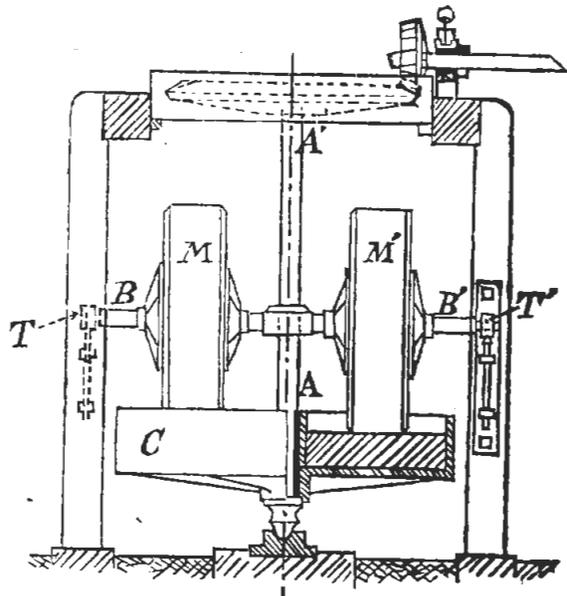


Fig. 19

M et M' meules fixes C sole tournante A' A arbre de commande de la sole tournante T T' points d'appui des meules fixes qui peuvent coulisser verticalement sur quelques centimètres de hauteur.

Broyeur à meule courante et meule dormante (Fig. 20).

L meule fixe ou dormante C meule mobile ou courante La matière à broyer est jetée dans la trémie T d'où elle sort en A par l'intermédiaire de l'alimentateur à secousse S. La matière est broyée entre les deux meules par écrasement et elle est évacuée en S vers la bluterie.

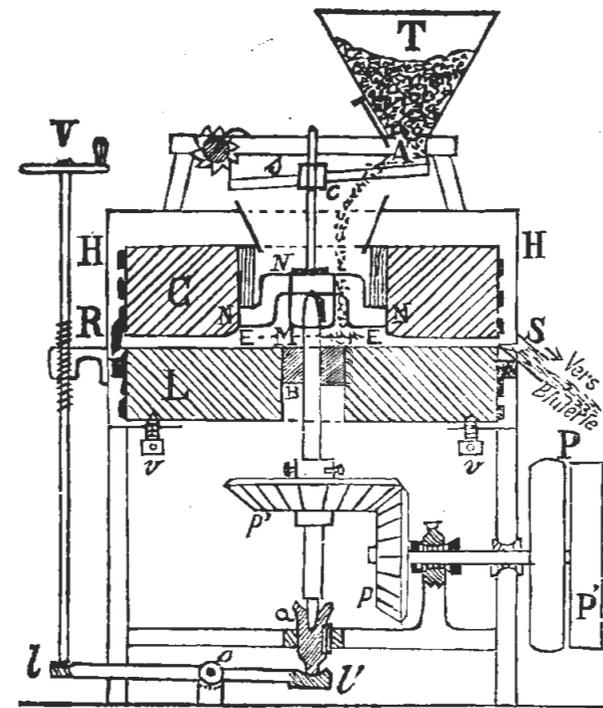


Fig. 20

Les meules sont quelquefois tournanets à sole-fixe, ou bien c'est l'inverse qui a lieu (meules fixes et sole tournante) Dans les deux cas le travail d'écrasement est exactement le même. Les meules broient les matières granuleuses sortant des concasseurs et donnent une poudre à grains de zéro à quelques-millimètres selon les tamis employés à la sortie de ces meules.

Broyeur Dana (Fig. 21)

T trémie de chargement de la matière à broyer.

V vis sans fin de l'alimentateur.

A A' arbre de commande du broyeur et de l'alimentateur.

G 1 et G 2 sorties de la matière broyée

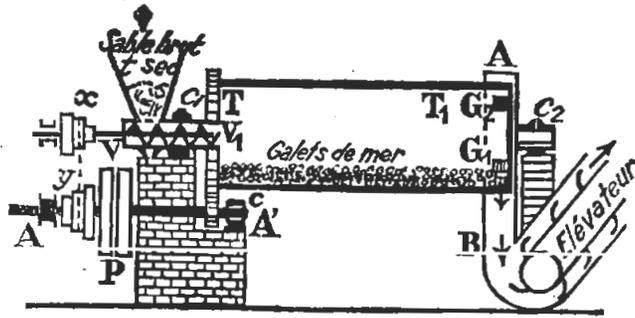


Fig. 21

Ces broyeurs se composent d'un grand tube métallique à axe horizontal, ainsi qu'il est indiqué sur le croquis ci-dessus. Le broyage de la matière en poudre grossière sortant des meules est exécuté à l'intérieur du tube par des galets en silice qui roulent et retombent les uns sur les autres pendant tout le temps que tourne le tube.

*Broyeur alsing pour broyage à l'eau (Fig. 22)*

Un moulin Alsing se compose d'un cylindre métallique horizontal limité à chaque extrémité par un fond métalli-

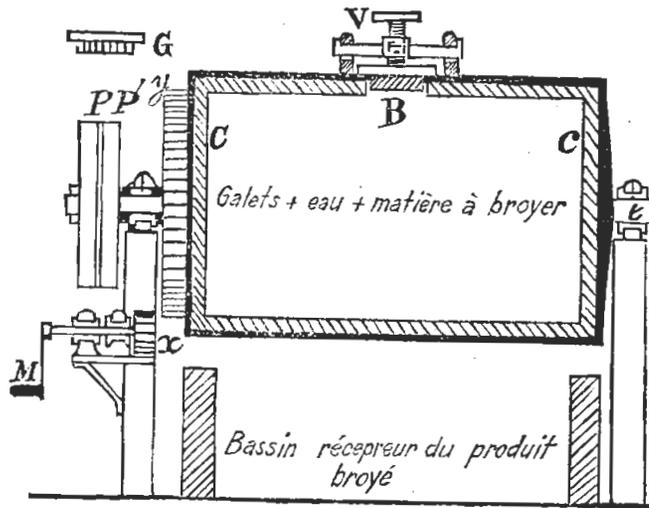


Fig. 22

que plein ; chaque fond porte un tourillon (tt') ; t et t' reposent sur des paliers ; t porte la poulie folle et la poulie fixe (P et P'). Le cylindre présente une ouverture rectangulaire qui peut être bouchée totalement à l'aide d'un bouchon autoclave B, maintenu par la vis de pression V ou partiellement bouchée par une grille G en bois, qu'il suffit dans ce cas de substituer au bouchon plein B. L'intérieur du cylindre et la face interne du bouchon B sont revêtus de briquettes ou de pavés (porcelaine, grès blanc, granit, silex ou en « bois debout » pin et peuplier).

*Fonctionnement.* — Amener le cylindre dans la position indiquée par la figure ; enlever le bouchon B et introduire dans le cylindre des galets de mer, de l'eau, et de la matière à broyer, le tout dans les proportions convenables. Remplacer le bouchon B, le fixer avec la vis V et mettre le cylindre en rotation. Le broyage se fait de la même façon que dans le tube de « Dana », mais à l'eau au lieu de se faire à sec. Laisser tourner pendant un nombre d'heures variant avec la dureté de la matière, son état primitif, et le degré de finesse que l'on veut obtenir après broyage.

Quand le broyage est terminé, arrêter la rotation de l'appareil et l'amener dans la position indiquée par la figure enlever le bouchon plein B et le remplacer par la grille G que l'on maintient à l'aide de la vis V ; puis faire tourner le cylindre d'un demi-tour ; l'eau chargée de la matière broyée s'écoule dans le bassin récepteur, tandis que les galets sont retenus par la grille G, et restent dans le cylindre. Il suffit d'orienter à nouveau ce dernier dans la position de la figure et d'enlever la grille G pour pouvoir procéder à une nouvelle opération. Le cylindre « Alsing » est donc un broyeur intermittent.

Pour mettre en service un cylindre neuf ou réparé, il faut au préalable le nettoyer à grande eau, puis introduire les galets (lavés) avec du sable quartzeux ; faire tourner le cylin-

dre pendant plusieurs heures, le vider et le laver à nouveau. Le cylindre ainsi bien nettoyé peut alors être mis en service.

Quand on broie au cylindre il se produit un notable échauffement (travail transformé en chaleur) d'où dilatation sensible de l'eau employée.

D'autre part, les matières halloysitiques gonflent beaucoup, par leur broyage à l'eau (colloïdes) d'où augmentation de volume.

Il ne faut donc pas remplir complètement le cylindre Alsing, mais au contraire laisser un peu de vide, vide suffisant pour parer aux effets de dilatation et de gonflement qui peuvent provoquer l'éclatement du cylindre.

### CHAPITRE XI

**Dosage des éléments des pâtes. — Tamisage — Raffermisssement des barbotines — Filtres-presses — Malaxage.**

*Dosage à sec.* — On peut employer le dosage à sec pour les poteries communes et faïences communes. Naturellement, les matières sèches, broyées séparément, doivent être tamisées avant d'être dosées. Les tamis employés sont ordinairement des toiles métalliques en acier, laiton, bronze ou nickel. On désigne ces toiles métalliques sous un numéro d'ordre qui indique le nombre des fils qui existent dans chaque sens par pouce linéaire. Le pouce vaut 27<sup>mm</sup>77. Par exemple, un tamis n° 180 indique qu'il existe 180 fils par pouce linéaire ou 66 fils par centimètre ou encore 4.356 mailles par centimètre carré. On monte les toiles métalliques sur des cadres

appelés *claires* lesquelles *claires* peuvent servir au tamisage à la main ou au tamisage mécanique (tamis à secousses) (Figures 23, et 24).

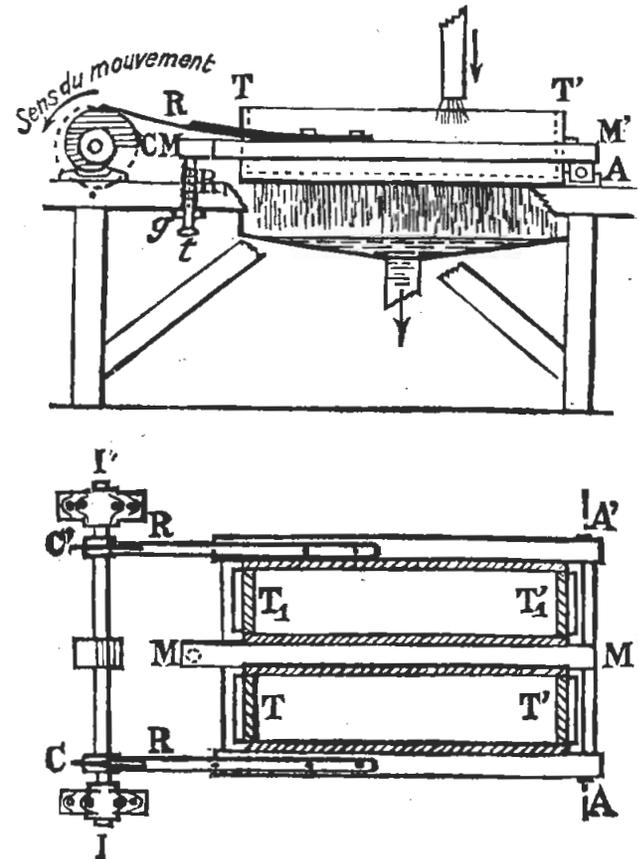


Fig. 23

#### *Tamis à secousses verticales*

C came ou escargot R lame d'acier flexible qui frotte sur la came et donne une secousse au tamis. T T' à chaque tour de came.

R vis de réglage pour limiter l'amplitude des secousses. A axe autour duquel oscille le tamis.

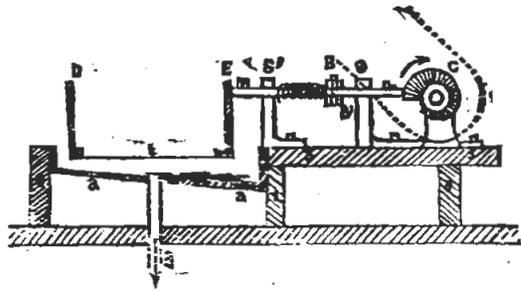


Fig. 24

*Tamis à secousses horizontales.*

C came ou escargot M tige horizontale frottant sur la came et qui transmet une secousse au tamis à chaque tour de came.

Pour les tamisages à sec de grande importance, on se sert de claies montées autour d'un axe horizontal, selon les côtés d'un prisme hexagonal, et l'on nomme cet appareil une bluterie. Les bluteries ne peuvent tamiser que des poudres sèches, tandis que les tamis à secousses peuvent être employés indifféremment pour les poudres sèches et les barbotines

*Raffermissment des barbotines.* — Pour transformer les barbotines en masse pâteuse, il faut leur ôter de l'eau, c'est-à-dire les raffermir. Le moyen le plus employé est le pressage à l'aide du filtre-presse, Pour obtenir l'homogénéité des barbotines pendant le pressage, il convient de les maintenir dans un état d'agitation continue. On obtient ce résultat à l'aide d'agitateurs. Il y a deux sortes d'agitateurs Les agitateurs à axe vertical, rotatifs, et les agitateurs à pendules. La figure 25 donne le schéma d'un agitateur à axe vertical A. Le mouvement provenant de l'arbre de transmission B est transmis à

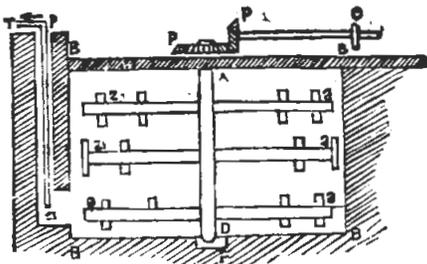
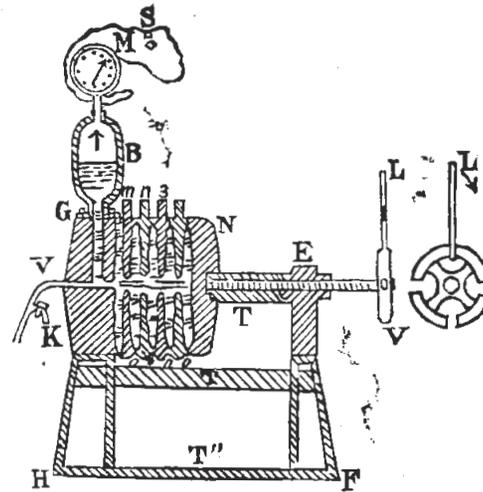


Fig. 25

l'axe vertical A par l'intermédiaire des pignons d'angle P. Sur l'arbre vertical se trouvent les bras d. Le tuyau T puise la barbotine au fond de la cuve de l'agitateur.

*Filtres-presses (Figure 26).*



(Fig 26)

M manomètre

B bouteille d'air qui transmet la pression au manomètre

V vis de serrage des plateaux.

M N 3 plateaux

La barbotine liquide arrive sous pression par le tube V. Le robinet K sert à purger le filtre-presse en fin d'opération, c'est-à-dire à faire sortir

toute la barbotine qui ne s'est pas raffermie.

Les filtres-presses comprennent deux organes distincts : la pompe d'injection sous pression et le filtre-presse proprement dit. La pompe d'injection est toujours une pompe à piston qui agit indirectement sur la barbotine au moyen d'une membrane en caoutchouc — Le filtre-presse proprement dit est composé d'une série de plateaux en fonte (Figure 27).

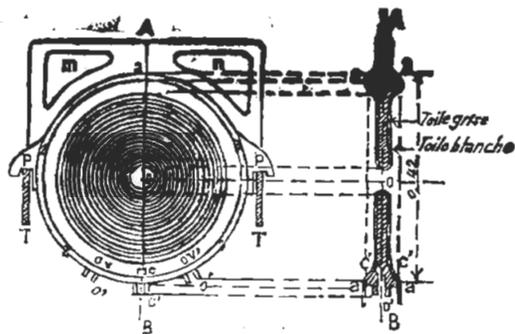


Fig. 27

Détail des plateaux d'un filtre-  
 presse de forme  
 concave, percés  
 d'un trou à leur  
 centre et garnis  
 de toiles filtrantes  
 qui laissent passer  
 l'eau mais retien-  
 nent la pâte pen-  
 dant le pressage.  
 Ce pressage a lieu  
 au moyen de la  
 pompe à mem-  
 brane qui refoule  
 la barbotine en  
 pression au milieu  
 des plateaux munis de leurs toiles filtrantes. La figure 26  
 donne le schéma d'un filtre-  
 presse ordinaire et fait com-  
 prendre son fonctionnement. A ce propos, il faut remar-  
 quer que les argiles plastiques étant moins perméables que  
 les pâtes fortement dégraissées, il faut plus de temps pour  
 traiter une barbotine d'argile qu'une barbotine préparée. Il  
 faut remarquer aussi que plus l'on presse, moins la filtra-  
 tion devient rapide en raison de la couche de pâte qui  
 s'épaissit sur les toiles et qui les rend de moins en moins  
 perméables. Aussi est-on obligé de régler le débit de re-  
 foulement de la pompe de façon à n'introduire dans le fil-  
 tre-  
 presse que la quantité de barbotine pouvant être filtrée  
 pendant l'unité de temps. Pour obtenir ce résultat, on  
 réduit la vitesse de la pompe d'injection vers le milieu de  
 l'opération jusqu'à la fin, en se basant sur les indications  
 d'un manomètre qui est toujours installé sur les filtre-pres-  
 es et qui indique la pression intérieure de la barbotine.

Divers appareils automatiques permettent d'atteindre le  
 même résultat sans surveillance, notamment la pompe à  
 piston compensateur Marc Larchevêque.

**Malaxage.**— Les galettes de pâte sortant du filtre-  
 presse contiennent toutes un "noyau" de barbotine non raffermi.  
 Afin d'homogénéiser la pâte de ces galettes, il est essentiel  
 de les passer dans un appareil malaxeur. Il existe plusieurs  
 genres de malaxeurs. La figure ci-dessous donne le schéma  
 en coupe et élévation d'un malaxeur appelé "batteuse  
 de pâte".

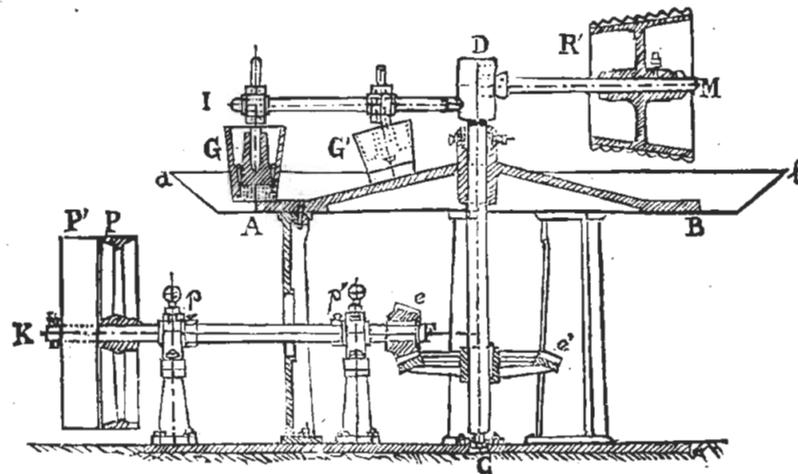


Fig. 28

à délayer le mélange de pâte, sec, dans le moins d'eau possible et à ajouter ensuite dans le délayeur 4 à 5% de carbonate de soude sec de Solway. Après le délayage, il faut ajouter le moins d'eau possible, et tamiser au tamis 90 ou 100. Cette barbotine tamisée est ensuite raffermie au filtre-presse et la pâte pressée est enfin délayée avec un peu d'eau et de silicate de soude. Dans ce procédé appelé Auclair, procédé du nom de son inventeur, l'addition de carbonate de soude au premier délayage fait agir ce sel sur les éléments plastiques du mélange et le fluidifie avec le moins d'eau possible (un excès d'eau entraînant le déclassement des éléments dégraissants et leur plombage). Le raffermissement très poussé de cette barbotine au filtre-presse enlève tout l'excès de carbonate et il n'en reste que la quantité voulue qui se fixe dans les colloïdes des éléments plastiques. C'est ce qui explique qu'une faible addition d'eau et de silicate à cette pâte pressée, permet d'obtenir la fluidité désirée.

Le dosage employé pour le procédé Auclair est le suivant :

Mélange de pâte à sec. . . . . 500 kgs.  
 Eau totale (eau de solution comprise) 380 kgs.

Solution concentrée de carbonate

de soude sec Solway contenant 2k500 de sel sec  
 Délayer, tamiser, passer au filtre-presse. On obtient une pâte dure. Cette pâte est ensuite délayée à l'aide de 6 à 10% d'eau et 15 à 30 cm<sup>3</sup> de silicate de soude par 100 kgs de mélange sec.

Pour réaliser une barbotine de coulage, en partant d'une pâte normale à grès ou porcelaine contenant 24% d'eau, on peut employer la formule suivante :

Pâte pressée à 25% d'eau. . . . . 100 kgs  
 Carbonate de soude à 10 H<sup>2</sup>O . . . . . 0.380

Silicate de soude à 45° B. 0.196

Eau ajoutée. 6.500

*Influence de l'eau.* — Certaines eaux à degré hydrotimétrique élevé (comme celle de Hanoi, par exemple) donnent de très mauvais résultats lors de la préparation des barbotines de coulage en raison de la grande quantité de sels de calcium qu'elles contiennent et qui forment des savons insolubles avec les sels de sodium employé. Il faut en ce cas employer des eaux pluviales ou des eaux « adoucies » par des appareils spéciaux.

*Influence de certains éléments de la pâte.* — On remarque que certaines pâtes à grès contenant des « frites », c'est-à-dire des silicates intentionnellement introduits dans ces pâtes pour en augmenter la fusibilité, ont propension à « couler » toutes seules. Ce fait est dû à la solubilité partielle de ces frites qui fournissent les réactifs nécessaires. C'est ainsi que l'introduction de verre pilé dans une pâte a pour effet de la faire couler. Les chinois de Cai-May près Saïgon utilisent cette propriété du verre pilé pour la confection de leurs glaçures lesquelles acquièrent ainsi une fluidité et une onctuosité qui en facilite grandement l'emploi.

### CHAPITRE XIII

#### Engobes et couvertes — Vernis — Emaux — Couleurs sous couvertes

L'engobage a pour but de dissimuler la coloration naturelle des pâtes communes. En Indochine, nous ne connaissons que les productions de Battrang (Tonkin) qui utilisent ce procédé. L'engobe masque la coloration de la pâte et quelquefois, sert d'intermédiaire indispensable entre la

couverte et la pâte, pour assurer l'accord des deux éléments. Nous étudierons dans un chapitre suivant les conditions d'accord des pâtes et couvertes. L'engobe de Batrang est composé de couverte mélangée à 1 volume à sec d'argile blanche de DongTrieu. C'est donc une couverte opacifiée et « durcie » par de l'argile. Le procédé de l'engobage n'est plus guère employé en Europe que pour la fabrication de certains grès sanitaires.

*Les vernis* sont des glaçures transparentes très minces et très fusibles (de 800 à 1.000° C) Les glaçures plombées des poteries communes et des faïences fines sont des vernis.

*Les émaux* sont des glaçures transparentes ou opaques, blanches ou colorées qui s'emploient en épaisseur et qui cuisent entre 900° C et 1.000° C pour les majoliques et faïences communes et à plus haute température pour les grès et porcelaines décorées d'émaux colorés.

*Les couvertes* sont des glaçures posées minces, d'une composition sensiblement analogue à celle des pâtes dures sur lesquelles elles sont appliquées, et cuisant en même temps qu'elles. La couverte des porcelaines et la couverte des grès sont dans ce cas.

*Propriétés générales des glaçures.* — Les glaçures sont des silicates multiples dont les bases peuvent être de l'oxyde de plomb, de la soude, de la potasse, de la chaux, de la magnésie et autres « fondants ». Les glaçures sont donc des verres dont l'affinage se produit d'autant mieux lors de la cuisson que leur couche est plus mince. D'autre part, il faut remarquer que la pâte du produit céramique influe énormément sur la composition chimique de la glaçure. Pendant la cuisson, en effet, une partie des éléments de la pâte se dissout en surface dans la glaçure et vient modifier profondément la composition de celle-ci. C'est ainsi

qu'une glaçure cuite n'a plus du tout la composition d'une glaçure crue, une partie des éléments de cette dernière s'étant combinée avec la partie superficielle de la pâte, et ayant formé de ce fait un silicate plus complexe et plus saturé que celui de la glaçure crue. Il faut remarquer également que la partie volatile des glaçures se dégage à la cuisson, et certains procédés de glaçage (glaçure au sel) sont uniquement basés sur la volatilisation d'éléments basiques lors de la cuisson.

En incorporant des oxydes métalliques colorants dans les glaçures épaisses, on obtient des émaux colorés. Les glaçures colorées sont donc toujours composées de deux éléments :

La glaçure proprement dite

L'élément colorant

En employant l'élément colorant directement sur la pâte (crue ou cuite) et en recouvrant le tout d'une glaçure, on obtient la décoration sous couverte, qui est le procédé chinois employé pour les « bleus ».

#### CHAPITRE XIV

##### **Etude des matières premières des glaçures tendres et de grand feu — Fusibilité des glaçures**

Nous avons vu que les glaçures sont des silicates complexes dont les bases peuvent être :

De l'oxyde de plomb

Des oxydes alcalins

Des bases alcalino-terreuses ou un mélange de ces diverses bases.

L'élément acide peut être représenté en dehors de la silice par de l'acide borique, de l'acide phosphorique, de l'acide titanique etc . . .

*Oxyde de plomb.* — L'oxyde de plomb le plus employé dans la confection des glaçures tendres est le minium de plomb dont la formule chimique est  $Pb^2O^3$ . Il arrive que le minium de plomb du commerce est plus ou moins mélangé d'impuretés. On reconnaîtra ce degré d'impuretés en le faisant dissoudre dans de l'acide azotique en présence de sucre ordinaire — Le minium pur se dissout et les substances étrangères restent comme résidus insolubles — On emploie également le carbonate de plomb ( $PbCO_3$ ) dans la composition de certaines couvertes de faïences — Les oxydes et carbonates de plomb donnent des glaçures très fusibles. Les plus fusibles sont obtenues avec le concours de l'acide borique (borates de plomb)

*Calcium.* — Le calcium est employé dans les glaçures sous forme de carbonate ( $CaCO_3$ ). Le carbonate de calcium constitue l'élément fusible de beaucoup de couvertes de grand feu (glaçures des grès de Thanh-Tri, Moncay etc) On emploie parfois en Europe le fluorure de calcium ( $CaF_2$ ) ou spath-fluor.

*Magnésium.* — L'oxyde de magnésium ou magnésie ( $MgO$ ) est employé dans la préparation de certains colorants, et plus rarement, de certaines glaçures — Par rapport à la silice et à l'alumine, la magnésie est un fondant énergique. Le chlorure de magnésium gaché avec de la magnésie fournit le ciment magnésien employé dans l'industrie céramique pour hourder les revêtements intérieurs des tubes de Dana et tubes Alsing.

*Potassium.* — On emploie le carbonate de potassium ( $K_2CO_3$ ) et le nitrate de potassium ( $KNO_3$ ) comme fondants dans certaines frites alcalines — L'élément potassium est le plus fréquemment introduit dans les glaçures de grand feu sous forme de feldspaths et pegmatites, le feldspath orthose ayant pour formule  $6SiO_2Al_2O_3K_2O$ . Les feldspaths fournissent la matière première essentielle

des couvertes de grès de grand feu et des porcelaines. Ils sont irremplaçables pour l'obtention des belles couvertes « grasses » de grand feu.

*Sodium.* — On emploie le carbonate de sodium et le nitrate de sodium aux mêmes usages que le carbonate et le nitrate de potassium. Le chlorure de sodium ( $NaCl$ ) est employé dans le broyage à l'eau des feldspaths et pegmatites pour glaçures. Il sert également à « glacer » par volatilisation les grès de grand feu à haute température (fin de cuisson). Ce mode de glaçage s'appelle « salage » des grès.

*Borax.* — Le sodium combiné au bore sous la forme  $Na_2B_4O_7$  donne le borax anhydre, très employé dans la préparation des glaçures tendres pour faïences. On trouve dans le commerce le borax sous la forme cristallisée, avec 10 molécules d'eau. Il faut donc le calciner avant emploi, pour en éliminer l'eau. C'est un fondant très énergique, dissolvant bien les oxydes métalliques et qui est utilisé pour la palette de moufle jusqu'à  $1.280^{\circ}C$ .

*Bore.* — Le bore s'emploie comme fondant dans beaucoup de glaçures tendres, où il remplace son équivalent de silice sous forme d'anhydride borique. On le trouve dans le commerce en paillettes d'acide borique, contenant ( $B_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) Ses trois molécules d'eau s'éliminent facilement pendant le chauffage, avant fusion au rouge sombre. Les solutions d'acide borique portées à l'ébullition perdent de l'acide borique, qui est entraîné par la vapeur d'eau.

*Borocalcite.* — La borocalcite est un borate de calcium naturel, très fusible, contenant environ 45% d'anhydride borique, 30% de chaux et 18% d'eau.

*Alumine.* — L'alumine ( $Al_2O_3$ ) entre dans les glaçures comme matière réfractaire, c'est-à-dire pour en dimi-

nuer la fusibilité. L'alumine est le plus souvent introduite dans les glaçures sous forme de kaolin.

*Oxyde d'étain.* — L'oxyde d'étain entre dans la composition des couvertes blanches opaques (émaux) sous forme de calcine. On appelle « calcine » un mélange d'oxyde de plomb et d'oxyde d'étain dans des proportions qui varient ordinairement entre 20 à 25 % d'étain pour 80 à 75 % de plomb. Les émaux obtenus avec la calcine sont des émaux stannifères. Ils « coulent » peu et adhèrent particulièrement bien sur les pâtes calcaires avec lesquelles ils s'accordent généralement. L'oxyde d'étain employé seul sert d'opacifiant pour certaines glaçures de grès.

*Fusibilité des glaçures.* — La combinaison des bases avec les acides constituant les glaçures s'effectue à plus ou moins haute température selon que la silice est en plus ou moins forte proportion. La composition des glaçures varie du monosilicate au tétrasilicate, c'est-à-dire de une à quatre molécules de silice pour une molécule de base.

Quand l'acidité augmente, la fusibilité diminue, à moins de remplacer une certaine quantité de silice par son équivalent d'anhydride borique. En tous les cas, la fusibilité est augmentée par la multiplicité des bases en conservant le même rapport  $\frac{\text{acides}}{\text{bases}}$

En règle générale, on peut dire que pour augmenter la fusibilité d'une glaçure, il faut :

Ou diminuer la silice

Ou substituer un équivalent d'anhydride borique à la silice.

Ou multiplier les bases rentrant dans la composition de la glaçure.

Ou substituer une base plus fusible à une autre qui l'est moins.

Ou diminuer l'alumine qui joue le rôle d'élément réfractaire dans la glaçure.

Pour augmenter le point de fusion de la même glaçure, il faut évidemment agir en sens inverse.

## CHAPITRE X V

### Préparation des glaçures — Différents procédés d'emploi — Accord des glaçures avec leurs pâtes

Dans la préparation des glaçures, il faut amener les composants à un état de finesse et d'homogénéité suffisant pour que le mélange puisse se vitrifier dans les meilleures conditions possibles.

Il faut également faire en sorte que ces composants deviennent tous insolubles dans l'eau.

L'insolubilité des éléments s'obtient par frittage ou par fusion. Le frittage est une demi fusion qui amène les éléments solubles d'une glaçure à l'état pâteux — La fusion s'obtient dans des creusets pour des petites quantités de glaçures, ou dans des fours à bassin pour des quantités importantes.

La préparation des glaçures nécessite les quatre opérations suivantes ;

- 1° / Le dosage (à sec et au poids)
- 2° / Le mélangeage (Alsing à sec)
- 3° / La fusion (au creuset ou au four)
- 4° / Le broyage (à l'Alsing à l'eau, meules ou moulins à blocs)

*Frittes et rajouts.* — Dans le but d'améliorer la plasticité des glaçures à l'emploi, il est intéressant de ne pas fondre les composants plastiques insolubles des glaçures et de les ajouter purement et simplement aux éléments solubles

frittés Dans ce cas la composition fondu ou frittée s'appelle « fritte » et les composés plastiques non frittés s'appellent « rajouts ».

Par exemple, une glaçure de faïence fine constituée avec :

Feldspath . . . . .	100
Céruse . . . . .	75
Craie . . . . .	26
Sable . . . . .	52
Borax cristallisé . . . . .	26
Kaoliu . . . . .	16
Total . . . . .	295

Pourra se partager en deux parties : une fritte et un rajout. La fritte comprendra les éléments solubles de la glaçure avec suffisamment de « fondants » solubles ou insolubles pour se fondre sans difficultés : On prendra comme fritte et comme rajout :

FRITTE		RAJOUT
Feldspath . . . . .	50	50
Sable . . . . .	52	
Craie . . . . .	26	
Borax cristallisé . . . . .	26	
Céruse . . . . .	25	50
Kaolin . . . . .		16

Une bonne partie des matières plastiques ou insolubles a été ainsi réservée comme rajout. Il faut calculer maintenant la perte au feu provenant du départ du CO<sup>2</sup> de la craie H<sub>2</sub>O du Borax et O du minium et l'on trouve que 179 de fritte crue correspond à 151,70 de fritte fondue. La glaçure définitive deviendra donc :

Fritte comme ci-dessus . . . . .	151,70
Feldspath . . . . .	50,00
Céruse . . . . .	50,00
Kaolin . . . . .	16,00
Total . . . . .	267,70

On a isolé dans ce rapport le kaolin et la céruse pour avoir la plasticité nécessaire à l'emploi et le maintien en suspension dans le bain de trempage. Après pulvérisation de la fritte, on additionne le rajout et on parfait le mélange et la pulvérisation du tout dans un Alsing à l'eau ou un moulin à blocs.

*Emploi des glaçures.* — Les glaçures se posent sur la pâte cuite ou la pâte crue. En Indochine on pose partout sur cru. Les grès de Battrang sont glacés sur cru et sur l'engobe. Les grès de Thanh-tri sont « trempés » crus, ainsi que les grès de Moncay et ceux de Cay-mai en Cochinchine — On pose les glaçures au pinceau, sur cru sec. à l'École d'art de Bien-hoa, selon la technique chinoise. Toutefois, il faut remarquer que les produits en faïence, manufacturés mécaniquement dans les usines françaises, reçoivent toujours un émail ou une glaçure sur biscuit. Il en est de même pour les grandes pièces estampées, trop délicates pour subir l'opération de la mise en glaçure sur cru.

*Bains de trempage.* — La pose de la glaçure sur cru, ou cuit, s'exécute dans un grand récipient en bois, grès ou ciment dans lequel on a préparé le bain de trempage qui est tout simplement de l'eau contenant en suspension la glaçure pulvérisée à l'impalpable. Le produit cru doit être trempé très rapidement afin qu'il n'ait pas le temps de s'imbiber d'eau. Les grandes pièces crues sont simplement arrosées de glaçure d'une façon aussi uniforme que possible.

*Pose au pinceau.* — La pose au pinceau s'exécute avec une glaçure plus épaisse, plus consistante, que celle des bains de trempage. Pour plus de facilité dans la pose, on donne parfois une plasticité artificielle à la glaçure par une addition de gomme arabique, mucilage, gélatine etc . . . On emploie des pinceaux en oreilles de vaches, petits gris et putois. La pose au pinceau permet des effets d'épaisseur sur une même pièce, et c'est la seule possible pour ménager des « réserves » sur la pièce crue ou cuite.

*Aspersion.* — Pour obtenir des effets de « coulures » avec des émaux de couleurs différentes on utilise le procédé de pose, dit par aspersion. Le procédé consiste à imprégner le pinceau plat d'émail semi-liquide, et à projeter d'une secousse sur la pièce à émailler en « coulures ». en répétant l'opération sur toute la surface et en superposant les couches on arrive à une épaisseur régulière. Pour l'émaillage des vases avec ce procédé, il faut se rappeler que les coulures partent du haut du vase et qu'il est inutile, par conséquent, de superposer des taches et des couches d'émail de couleurs différentes dans les parties basses.

*Pulvérisation.* — La pose de la glaçure par pulvérisation s'effectue au moyen d'appareils spéciaux fonctionnant à l'air comprimé.

Les pulvérisateurs comprennent un réservoir à glaçure disposé au dessus de l'appareil. La glaçure descend par son propre poids dans un conduit qui l'amène devant un ajutage d'où s'échappe un violent jet d'air comprimé. La glaçure est ainsi projetée selon un cône de projection dont l'ouverture est réglable par le moyen d'un dispositif approprié. Ces appareils permettent d'exécuter facilement tous les travaux de mise en glaçure avec beaucoup de régularité. Ils ont remplacé complètement dans l'industrie les appareils primitifs, appelés vaporisateurs à glaçure dont on se servait autrefois.

*Accords des glaçures avec leurs pâtes.* — Les glaçures fondent, c'est-à-dire deviennent visqueuses et semi-liquides au moment de la cuisson. Par refroidissement dans le four après cuisson, elles se solidifient et se contractent depuis le moment où le point de solidification est atteint jusqu'à la température normale du défournement. Pendant cette contraction il est nécessaire que la pâte céramique suive le même mouvement que la glaçure dont elle est recouverte pour éviter le désaccord entre la couverte et son support. Ce désaccord se

fait donc sentir chaque fois que la dilatabilité de la pâte n'est pas sensiblement égale à celle de la glaçure. Quand la dilatabilité de la couverte est plus grande que celle de la pâte, le défaut s'appelle, « tressillage ». C'est un réseau plus ou moins serré de craquelures qui se forme par excès de contraction dans l'épaisseur de la glaçure. Ce défaut est exploité parfois comme effet décoratif (craquelé chinois). Dans ce cas les tressailures sont mises en évidence par une coloration noire ou rouge, qui tranche plus vivement sur le fond clair de la glaçure. Le défaut d'accord inverse s'appelle « écaillage ». Il résulte de la plus grande dilatabilité de la pâte. Cette pâte, en se contractant davantage que la glaçure lors du refroidissement après cuisson, provoque une superposition de petites surfaces de la couverte, qui « écaillent » et tombent. L'« écaillage » amène le bris de la pâte quand celle-ci est mince et peu résistante.

Pour réaliser l'accord des glaçures avec leurs pâtes, il faut donc chercher à employer des compositions de pâtes et glaçures ayant sensiblement le même coefficient de dilatation. On remédie à la trop grande dilatabilité d'une glaçure en augmentant la proportion des acides dans la glaçure. La silice et l'acide borique peuvent être augmentés jusqu'au tétrasilicate pour les glaçures de grès cuisant à 1.280° C. On peut également remplacer un nombre de molécules d'une base par le même nombre de molécules d'une autre base ayant un poids moléculaire plus faible.

On agit plus facilement sur la dilatabilité des pâtes non vitrifiées en cas de « tressillage » par addition de fondants. On obtient également de bons résultats en augmentant la plasticité de ces pâtes au moyen d'argiles grasses. Le « tressillage » des émaux stannifères sur pâte non vitrifiée se combat par augmentation de la teneur en carbonate de chaux.

D'une façon générale, on peut dire que le tressillage se produit surtout sur des pâtes non vitrifiées. Les produits à pâtes vitrifiées, cuits à haute température, réalisent

toujours l'accord des deux éléments lorsque la glaçure est posée en couche très mince — Lorsqu'il s'agit d'une couverte feldspathique épaisse, cette dernière réagit sur la pâte en l'attaquant plus ou moins profondément, Par suite de la température élevée et prolongée de la cuisson, la couverte perd de ses alcalis ( $K_2O$  et  $Na_2O$ ) par volatilisation et cette perte se traduisant par une diminution de la fusibilité, rapproche la composition chimique de la couverte de celle de la pâte. Par suite, les coefficients de dilatation (ou rétraction) de la pâte et de la glaçure tendent vers la même valeur, et l'accord se trouve réalisé.

### CHAPITRE XVI

Les divers genres de décoration céramique - Etude des matières colorantes céramiques.

*Décoration.* — La décoration céramique s'obtient par divers procédés qui peuvent s'énumérer comme suit :

Décoration par la pâte colorée

Décoration sous couverte

Décoration par couverte colorée

Décoration sur couverte au feu de moufle

Les effets décoratifs obtenus sont connus sous le nom de couvertes glacées, mates, demi-mates, flambées, irisées, cristallisées, lustres et métaux brillants. Selon la température à laquelle s'effectue la cuisson du décor, on emploie : La palette de grand feu (de 1.280 à 1.400 ° C) La palette de petit feu ou palette de moufle (de 790 à 1.200 ° C). Il va sans dire que toutes les températures intermédiaires entre la palette de moufle et la palette de grand feu peuvent être utilisées mais comme beaucoup de décors s'exécutent sur cru, on a cherché des formules de colorants et d'émaux susceptibles de cuire à la même température que les pâtes De là est née cette classification arbitraire en palette de grand feu, qui s'applique aux grès et porcelaines, et palette de petit feu qui s'applique aux faïences et qui s'emploie

également pour la cuisson en deuxième feu des décors de grès et porcelaines.

*Etude des colorants.* — Il n'y a que peu de colorants naturels qui puissent résister au grand feu de 1.280 ° à 1.400 ° C Parmi ceux-là nous citerons : le chromite de fer, le bioxyde de manganèse, le rutile, le wolfram, les ocres, granits, laves latérites, certains schistes etc . . . qui peuvent être utilisés comme colorants naturels. Les colorants artificiels les plus employés sont :

Chrome	(oxyde et divers composés)
Cobalt	( " " " )
Fer	( " " " )
Manganese	( " " " )
Nickel	( " " " )
Uranium	( " " " )
Titane	( " " " )
Or	( chlorures et cyanures )
Iridium	( " " " )
Platine	( " " " )

D'autre part, certains oxydes et certains minéraux employés seuls ne donnent pas de coloration mais peuvent modifier ou stabiliser la tonalité obtenue par emploi des divers colorants, influencer sur la fusibilité, la dilatabilité ou agir comme corps oxydants lors de la cuisson. Parmi ces corps nous citerons : l'alumine, la magnésie, la chaux, l'oxyde de zinc, l'oxyde d'étain, la glucine, les kaolins, feldspaths et pegmatites, carbonate de calcium etc . . .

*Chrome (Cr)* Le principal minerai est le fer chromé ou chromite de fer dont la formule est  $Cr_2O_3 \cdot FeO$  de couleur brun rouge et densité 4,5 il constitue un colorant brun pour la palette de grand feu.

*Bichromate de potassium* ( $K_2Cr_2O_7$ ). C'est le composé avec lequel on produit les oxydes et autres sels de chrome.

*Oxyde vert de chrome* ( $Cr_2O_3$ ) se prépare « au soufre »

en prenant 2 parties de bichromate de potasse sec et pulvérisé mélangées intimement avec 1 partie de soufre en poudre. Calciner — Après refroidissement, laver la masse spongieuse résiduaire avec de l'eau bouillante. On le prépare également « à l'amidon » en prenant 4 parties de bichromate sec et pulvérisé mélangées avec une partie d'amidon. Le tout calciné en oxydant donne un vert pour palette de moufle.

*Chromate neutre de plomb* ( $Pb\ Cr\ O_4$ ) s'obtient en précipitant une solution de nitrate de plomb par le chromate de potassium. On l'appelle également « jaune de chrome » et on l'emploie pour la palette de moufle.

*Chromate basique de plomb* ( $Pb\ CrO_4\ Pb\ O$ ) s'obtient en ajoutant du chromate neutre de plomb à de l'azotate de potassium fondu au rouge. Le chromate basique de plomb se forme dans le fond du creuset — Après refroidissement on le lave et on le sèche. Il convient particulièrement comme colorant pour les couleurs saumon et corail de feu de moufle.

*Stannates de chrome, calcium et potassium ou pincks.* — Les pincks s'emploient pour des températures de cuisson au dessus de  $1.300^\circ$ . Les pincks donnent des tons rouges variés selon leur composition, le degré de cuisson et l'atmosphère du four. On les obtient en calcinant à haute température et en oxydant divers mélanges intimes dont ci-après les compositions :

Bioxyde d'étain : $Sn\ O_2$ . . .	100	. . .	100	. . .	100
Marbre blanc pulvérisé : $CaCo^3$ . .	30	. .	50	. . .	66,66
Bichromate de K : $Cr^{207}\ K^2\ O^3$ 3 . .	5	. . .	25,00		
Oxyde de chrome : $Cr^{203}$ . . .	1	. .	5	. . .	8,33

*Cobalt* (Co) Les principaux minerais de cobalt sont la smaltine (arséniure de cobalt) la cobaltine (sulfo-arséniure ou cobalt gris). Ces minerais contiennent aussi du nickel, du fer, de la silice etc . . . Dans les décors chinois

le cobalt s'emploie surtout sous forme d'oxyde, pour donner des bleus plus ou moins intenses au grand feu de grès ou de porcelaine.

*Oxyde noir de cobalt* (Mélange de  $Co^2\ O^3$  et de  $Co^3\ O^4$ ) L'oxyde noir de cobalt est le plus souvent employé pour les décors de grand feu. On le prépare en fondant une partie de minerai bien pulvérisé avec 3 parties de carbonate de potassium sec et 3 parties de soufre. Il se forme un sulfo-arséniate de potassium soluble et un sulfure de cobalt insoluble. On lave pour éliminer le sulfo-arséniate de potassium. Le sulfure de cobalt reste. On transforme ce sulfure en sulfate par un grillage prolongé puis on le dissout dans l'eau. Cette solution de sulfate contient le plomb, le cuivre et le bismuth qui se trouvaient associés au minerai de cobalt sous forme d'impuretés — On précipite ces matières en faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré ( $H_2\ S$ ) dans la solution de sulfate impur. On filtre et porte à l'ébullition la liqueur avec de l'acide azotique pour l'oxyder. On ajoute alors du carbonate de cobalt précipité qui neutralise d'abord la solution puis finalement précipite le peroxyde de fer à l'état de carbonate basique. On filtre et on lave. Pour concentrer la liqueur, on y ajoute de l'acide azotique, puis un excès de nitrate de potassium en solution concentrée. Dans ces conditions le cobalt se précipite à l'état de cobaltinitride de potassium de couleur jaune. Le nickel reste en solution. Le précipité jaune grillé puis lavé donne enfin l'oxyde noir de cobalt à peu près pur.

*Carbonate de cobalt.* — Ce sel s'obtient en précipitant à froid une solution de cobalt par une solution de carbonate de sodium. Laver à froid et laisser sécher. Le carbonate de cobalt est surtout utilisé dans les préparations des couleurs bleues de moufle, ainsi que le phosphate de cobalt. On emploie également l'aluminate de cobalt, le silicate

de cobalt et les silico-aluminates de cobalt. En fait, lorsque l'on mélange un peu de pâte ou de couverte à un oxyde ou un sel de cobalt, on réalise un silico-aluminate de cobalt plus ou moins alcalin en raison de la combinaison du colorant avec la pâte et couverte lors de la cuisson de grand feu.

Le cobalt est la base des bleus, comme le chrome est la base des verts. Les mélanges de cobalt et de chrome donnent des bleus verts ou des verts bleus suivant les proportions des deux oxydes.

*Nickel* (Ni) Le nickel s'emploie comme colorant céramique pour l'obtention de gris roses et couleur chair de grand feu. Il entre également dans la composition de quelques couleurs de moufle. Les composés du nickel ne peuvent s'employer qu'à petites doses dans la décoration de grand feu. On emploie l'oxyde (NiO) le sesquioxyde (Ni<sup>2</sup> O<sup>3</sup>), l'azotate et le sulfate de nickel.

*Fer* — (Fe) — Le fer s'emploie pour les couleurs de moufle et donne toutes les nuances entre le rouge et le violet sous forme d'oxyde plus ou moins calciné. En calcinant du sulfate ferreux dans une coupelle de four d'essai et en oxydant, on obtient :

Vers 450° à 500° . . . . .	de l'oxyde rouge
Vers 600° . . . . .	» brun
Vers 850° à 900° . . . . .	» violet

*Hydrates ferriques.* — Les hydrates ferriques naturels tels que la limonite et l'hématite brune donnent des couleurs brunes de grand et petit feu, ainsi que les latérites ferrugineuses qui sont des composés complexes de silice, fer et alumine hydratés (employées à l'école d'Art de Bienhoa).

*Manganèse* (Mn) Le principal minerai est le bioxyde de manganèse impur. Les variétés les plus pures servent à composer des tons ivoire, vert mousse, brun etc . . . de grand feu. Associé à l'oxyde de fer, le bioxyde de man-

ganèse donne des noirs de moufle.

*Sels de manganèse.* — On emploie encore le manganate de potassium, le permanganate de potassium, le chlorure, le carbonate, l'azotate et le borate de manganèse. Le tungstate de manganèse donne des couleurs chamois de grand feu. Le chromate de manganèse est utilisé pour obtenir des bruns dans les couvertes de grand feu.

*Uranium* (U) Le principal minerai d'uranium est la pechblende qui renferme de 40 à 90 % d'oxyde d'urane U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

*Uranate de sodium* — (Na<sup>2</sup> U<sup>2</sup> O<sup>7</sup> 6 H<sup>2</sup> O) Ce sel s'appelle également « jaune d'urane ». Il entre dans la composition des noirs de grand feu sous et sur couverte.

*Autres sels d'uranium* — On emploie l'uranate de potassium, l'uranate d'ammoniaque et l'azotate d'urane.

*Tungstène ou wolfram* (Tu ou W) Les composés utilisés en céramiques sont l'anhydride tungstique et divers tungstates. L'anhydride tungstique (Tu O<sub>3</sub>) est fusible au feu de porcelaine et cristallise au refroidissement, d'où son emploi dans les couvertes cristallisées. On l'emploie également pour donner un certain jaune de grand feu.

*Vanadium* — (Va) On emploie l'anhydride vanadique (Va O<sub>5</sub>) pour des noirs de grand feu.

*Titane* (Ti) Le minerai du titane est le rutilé (TiO<sub>2</sub>) ferrugineux ou la titanite (silico-titanate de calcium) on emploie le rutilé pour des couleurs jaunes et bruns jaunes cuisant à 1.280°.

*Cuivre* (Cu) Le cuivre s'emploie en céramique comme colorant pour les températures au dessous de 1.300° C. On utilise l'oxyde cuivrique (CuO) ou oxyde noir de cuivre, pour obtenir des tons verts ou bleus selon la nature du fondant employé. Le sous-oxyde de cuivre (Cu<sup>2</sup> O) ou oxyde rouge de cuivre, donne des tons rouges à la montre 9 à condition de cuire en réducteur. L'oxyde rouge de cuivre se prépare de la façon suivante : Fondre ensemble dans un creuset 100 parties de sulfate de cuivre avec 57 parties de carbonate de soude. La masse obtenue après éli-

mination de la vapeur d'eau de cristallisation, puis par fusion des matières, est ensuite pulvérisée avec 25 parties de limaille fine de cuivre rouge (cuivre pur). Le mélange intime est porté au rouge blanc dans des creusets fermés, bien à l'abri de l'air. Après refroidissement, pulvériser la masse, et la laver à l'eau bouillante. Il reste l'oxyde rouge de cuivre ( $\text{Cu}^2\text{O}$ )

*Antimoine.* — (Sb) On emploie surtout en céramique l'antimoniate de plomb, dit « Jaune de Naples » pour les couleurs jaunes de feu de moufle.

*Étain* (Sn). On emploie surtout en céramique le bioxyde d'étain ( $\text{SnO}_2$ ) qui est une poudre blanc - neige donnant de l'opacité aux émaux stannifères de moufle. On utilise ordinairement l'oxyde d'étain en mélange avec de l'oxyde de plomb sous le nom de calcine — La calcine est le produit de l'oxydation d'un alliage de plomb et d'étain (de 20 à 25 % d'étain pour 80 à 75 % de plomb). Nous avons déjà parlé des Pincks qui sont des stannates de chrome — L'addition d'oxyde de zinc aux stannates de chrome permet de les fixer à des températures de grand feu en présence de couvertes calciques (montre 9) et au-dessus).

*Argent* (Ag) — Les minerais d'argent sont surtout des sulfures de plomb, qui contiennent toujours une certaine proportion d'argent fin. On emploie en céramique l'argent sous forme de nitrate et de carbonate. Au rouge, le carbonate d'argent se décompose en donnant de l'argent métallique finement divisé, d'où son emploi dans les ors pour leur donner le ton jaune vert désiré (alliage or et argent).

*Bismuth* (Bi) — Le bismuth forme de nombreux oxydes que l'on emploie parfois en céramique pour réaliser des couleurs irisées, ou lustres. On emploie également le sous-nitrate de bismuth ( $\text{BiO} \cdot \text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ) qui se décompose à la chaleur pour donner le sesquioxyde  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  — Les chlorure et chlorosulfure de bismuth sont utilisés comme fondants pour

les métaux brillants au feu de moufle.

*Or* (Au) L'or est un métal jaune brillant qui fond à  $1.050^\circ \text{C}$ . Il est inoxydable et résiste à tous les acides sauf l'eau régale, qui est un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide azotique. L'or est très employé dans la décoration céramique et les Japonais en ont abusé dans le décor de leurs vases en faïence et porcelaine. Il y a deux façons d'utiliser l'or pour le décor de feu de moufle : On l'emploie sous forme d'or précipité (ou or mat) et sous forme d'or brillant. L'or précipité peut s'obtenir de la manière suivante : On dissout 100 grammes d'or fin dans une eau régale composée de :

1.200 grammes acide chlorhydrique du commerce.

600 » » nitrique

Après dissolution, on verse la solution de chlorure acide d'or dans 10 litres d'eau distillée. Puis on ajoute peu à peu une solution de sulfate ferreux fraîchement préparée. L'or se précipite alors dans un état de division extrême. Il existe un autre moyen d'obtenir de l'or métallique précipité, qui s'appelle ; « préparation au mercure » — Dans ce procédé, on précipite l'or métallique de la solution par réduction, au moyen d'une solution mercureuse — Quel que soit le procédé employé, on doit broyer très finement les ors précipités avec leurs fondants et les matières d'addition. Les fondants ordinairement employés sont le sous-nitrate de bismuth avec un peu de borax et les oxydes de plomb. L'or brillant liquide est vendu tout préparé par des fabricants spécialisés dans cette industrie. Sa préparation est très délicate et très complexe. Les ors brillants liquides ont une valeur différente selon la proportion d'or pur qu'ils contiennent. On trouve dans le commerce des ors brillants liquides à 10, 11, 12 pour cent de poids d'or métal. Les ors mats ont besoin d'un polissage appelé aussi brunissage, après leur cuisson. Les ors brillants donnent au contraire une couche d'or mince et brillante sitôt après cuisson sans qu'il soit besoin de les frotter ou de les polir.

CHAPITRE XVII

Les couleurs vitrifiables pour feux de moufle —  
Procédés de décoration pour feu de moufle.

On appelle couleurs vitrifiables pour feux de moufle les produits qui servent à décorer les faïences, majoliques, grès et porcelaines, à la température des feux de moufle, c'est-à-dire entre 700 et 1.200° C. Ces couleurs vitrifiables sont composées d'une matière colorante et d'une matière fondante.

*Fondants de moufle.* — Les fondants pour couleurs vitrifiables de moufle doivent être appropriés à la nature des couleurs à obtenir. Il y a donc des fondants spéciaux pour telles ou telles nuances. Les matières utilisées pour obtenir les fondants de moufle sont : le sable quartzenx, le feldspath de première qualité, l'acide borique cristallisé, le borax l'azotate de potassium, le carbonate de potassium, le carbonate de sodium, le minium, la litharge, le carbonate de calcium et le kaolin.

*Composition de divers fondants.* — Les formules suivantes sont les plus employées :

Fondant pour les gris.	{	Litharge	66,66
		Quartz	22,22
		Borax fondu	11,12
Fondant pour les carmins :	{	Litharge	11,12
		Quartz	33,33
		Borax fondu	55,55
Fondant pour les pourpres :	{	Litharge	37,50
		Quartz	12,50
		Acide borique cristallisé	50,00
Fondant pour les violets :	{	Litharge	67,50
		Quartz	5,00

Fondant pour les verts :	{	Acide borique cristallisé	27,50
		Litharge . . . . .	73,00
		Quartz . . . . .	15,00
		Acide borique cristallisé	18,00
Fondant général :	{	Litharge . . . . .	68,00
		Quartz . . . . .	15,00
		Acide borique cristallisé	15,00

Il faut prendre des précautions spéciales pour fondre les compositions de fondants contenant de l'acide borique cristallisé. On n'ajoutera le mélange dans le creuset que par petites fractions pour éviter des boursoufflements et des projections. En principe, on ne fera une nouvelle addition de matières à fondre dans le creuset que lorsque les matières introduites antérieurement seront à l'état de fusion tranquille.

*Colorants verts.* — Les colorants dont compositions suivantes sont ceux du céramiste Brongniart, qui se rendit célèbre par ses découvertes techniques alors qu'il dirigeait la Manufacture Nationale de Porcelaine de Sèvres.

Colorant vert chrôme :	{	Oxyde de chrôme . . .	75
		Carbonate de cobalt .	25
Colorant vert bleuâtre :	{	Oxyde de chrôme . . .	50
		Carbonate de cobalt . .	25
		» de zinc . . . . .	25

Les colorants ci-dessus donnent des couleurs vitrifiables en les mélangeant intimement par broyage avec leurs fondants. On emploie les compositions suivantes :

Pour une couleur vitrifiable vert de chrôme :	
	Fondant aux verts . . . . . 75
	Colorant vert chrôme . . . . . 25
Pour une couleur vitrifiable vert bleuâtre :	
	Fondant aux verts . . . . . 75
	Colorant vert bleuâtre . . . . . 25

Pour une couleur vitrifiable vert clair	
Fondant aux verts . . . . .	85
Colorant vert bleuâtre . . . . .	15

Le vert olive s'obtient en ajoutant un peu de brun clair à du vert de chrome — Le vert-empire s'obtient en ajoutant un peu de jaune clair à du vert de chrome.

Pour une couleur vitrifiable vert d'eau :	
Fondant aux verts . . . . .	97
Oxyde de cuivre CuO . . . . .	3

Pour une couleur vitrifiable bleu foncé :	
Fondant aux gris . . . . .	61
Carbonate de cobalt . . . . .	13
Carbonate de zinc . . . . .	26

Pour une couleur vitrifiable bleu azur :	
Fondant aux gris . . . . .	67
Carbonate de cobalt . . . . .	11
Carbonate de zinc . . . . .	22

Pour une couleur vitrifiable bleu ciel :	
Fondant aux gris . . . . .	90
Carbonate de cobalt . . . . .	7
Carbonate de zinc . . . . .	4

Pour une couleur vitrifiable gris acier :	
Fondant aux gris . . . . .	22
Carbonate de cobalt . . . . .	5
Oxyde de fer jaune . . . . .	3

Pour une couleur vitrifiable jaune	
Fondant aux gris . . . . .	79
Antimoniate de Potassium . . . . .	14
Oxyde de fer rouge . . . . .	7

Pour une couleur vitrifiable corail :	
Chromate basique de plomb . . . . .	30
Fondant général . . . . .	70

Pour une couleur vitrifiable noire, employer le fondant ci-après :

Litharge . . . . .	60
Quartz . . . . .	15
Acide borique cristallisé . . . . .	25
Prendre de ce fondant . . . . .	85
Carbonate de cobalt . . . . .	10
Oxyde de fer hydraté . . . . .	5

Les couleurs vitrifiables violettes s'obtiennent à l'aide du fondant aux violets et d'oxyde de fer violet.

Les bruns s'obtiennent par mélange de fondant, oxyde de fer et oxyde de manganèse, etc . . . La plus grande variété de tons et nuances peut s'obtenir en couleurs vitrifiables suivant que l'on augmente ou diminue la proportion des colorants.

La décoration au feu de moufle s'exécute sur toutes les pâtes : faïences, majoliques, grès et porcelaines, ce qui contribue à rendre ce genre de décoration extrêmement commun. On est arrivé à décorer au feu de moufle de grands panneaux céramiques qui constituent de véritables tableaux comprenant toute la palette des couleurs. Des couleurs de moufle extrêmement fusibles sont fabriquées actuellement pour la décoration du verre. Ces couleurs se vitrifient entre 400 et 500° C. Etant donnée la facilité relative d'emploi des couleurs de moufle, on ne considère pas en céramique moderne ce genre de décoration comme ayant beaucoup de valeur. Le décor de grand feu est au contraire très prisé parce que beaucoup plus difficile à réussir.

*Outillage du décorateur céramiste.* — L'outillage du décorateur — céramiste se compose de pinceaux semblables à ceux que l'on emploie pour l'aquarelle. On emploie, pour peindre les fonds et égaliser les teintes plates d'une certaine étendue, le pinceau spécial appelé putois. La palette du

décorateur céramiste est en porcelaine, avec environ quinze cavités pour placer les couleurs. Il faut en plus une glace dépolie sur laquelle on fait les mélanges s'il y a lieu. La tournette est indispensable pour exécuter les filets. Cet

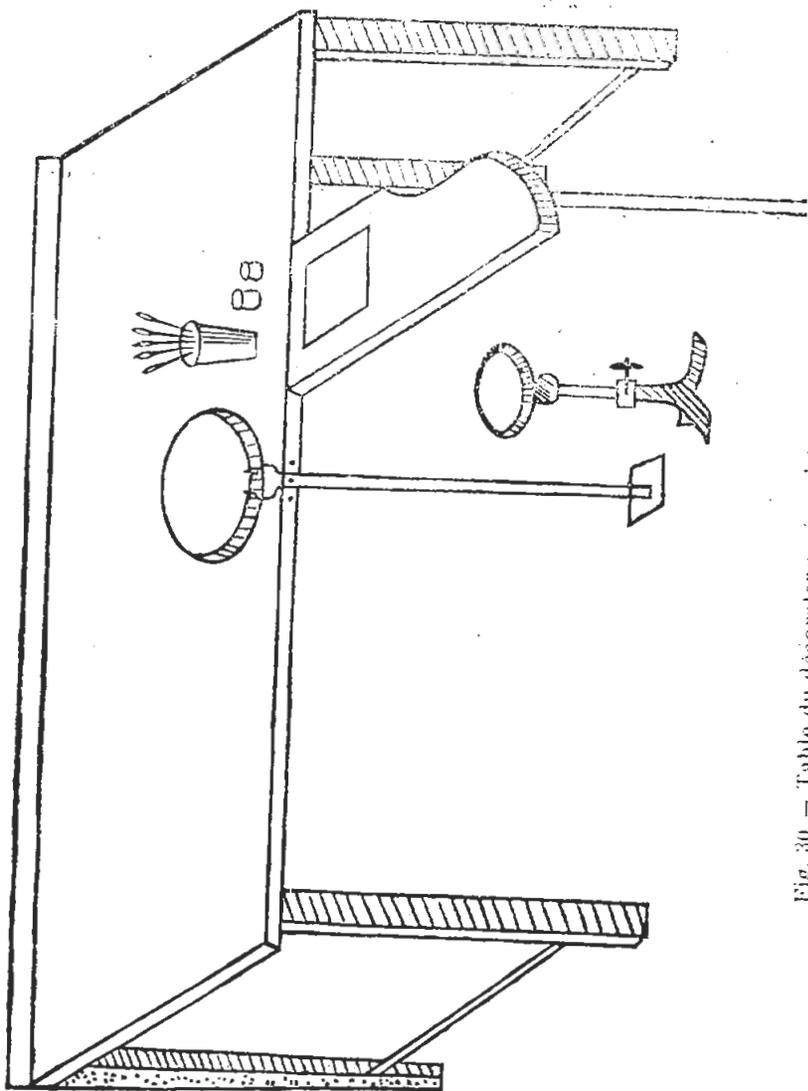


Fig. 30 — Table du décorateur-céramiste.

appareil est composé d'un plateau horizontal monté sur pivot. (fig 30)

Il est utile que ce plateau soit suffisamment lourd pour conserver pendant quelque temps le mouvement de rotation qu'on lui imprime — Une table avec tiroirs, une glace dépolie et une molette de cristal pour le délayage des couleurs compléteront l'outillage du décorateur.

*Délayage des couleurs.* — Pour délayer les couleurs de feu de moufle, telles qu'on les trouve dans le commerce, on emploie l'essence de térébenthine ordinaire et l'essence grasse de térébenthine. Cette dernière est tout simplement de l'essence de térébenthine ordinaire qu'on a laissé se résinifier en partie en l'exposant plus ou moins longtemps à l'air libre. Le délayage s'opère sur la glace dépolie en mélangeant l'essence ordinaire à la couleur en poudre. On broie convenablement le mélange demi-liquide ainsi obtenu au moyen de la molette et on ajoute quelques gouttes d'essence grasse destinée à donner de l'onctuosité et de l'adhérence à la couleur.

On ramasse au couteau la couleur ainsi délayée et on la place dans une des cavités de la palette. On opère de même pour toutes les couleurs de la palette laquelle doit être composée comme suit :

Noir foncé ou noir d'irridium — gris foncé — vert bleuâtre — jaune d'argent — jaune clair — brun jaune — brun de bois — bleu indigo — bleu d'outremer — bleu de ciel — rouge clair — brun rouge — violet de fer — carmin et pourpre.

*Mélange des couleurs.* — Au rebours de ce qu'on fait pour les autres peintures, on ne doit pas, en principe, mélanger les couleurs vitrifiables — Les réactions chimiques qui s'exercent dans le four pendant la fusion des couleurs mélangées peuvent modifier celles-ci au point de les faire disparaître. — On peut d'ailleurs superposer,

dans le décor, certaines couleurs qui ne se mélangent pas. Toutefois, on peut mélanger entre elles, sans danger, les couleurs grises avec les noires, les vertes, les jaunes et les brunes.

D'autre part, on peut mélanger la couleur pourpre vitrifiable du commerce, ainsi que le violet d'or, avec les bleus et les bruns. Le bleu turquoise ne supporte aucun mélange, non plus que le jaune d'uranium et le jaune jonquille. Les rouges et bruns de fer ne peuvent pas se mélanger aux autres couleurs, qu'ils détruisent, mais on peut mélanger le carmin aux bruns. Il va sans dire que les couleurs vitrifiables composant la palette du décorateur-céramiste doivent avoir toutes la même dureté. On doit essayer sur un tessou de porcelaine ou de grès les couleurs et mélanges que l'on se propose d'employer et ce moyen permet d'éviter bien des mécomptes à la cuisson.

*Procédés de dessin et peinture.*— Avant d'appliquer les couleurs au pinceau, il faut nécessairement tracer le dessin que l'on se propose d'exécuter sur la pièce de faïence, grès ou porcelaine — Pour dessiner directement au crayon de plombagine sur la faïence, le grès ou la porcelaine, on frotte la surface de l'objet avec un chiffon imbibé d'essence de térébenthine mélangée à un peu d'essence grasse. La surface brillante de l'objet conservera l'empreinte du crayon après évaporation de l'essence. On peut aussi dessiner directement en employant un crayon spécial appelé crayon lithographique. Dans ce cas il est inutile de frotter l'objet avec de l'essence.

Pour décalquer, on emploiera un papier à calquer aussi souple que possible. Après avoir calqué le tracé à reproduire on enduira l'envers du calque d'une légère couche de plombagine, on le fixera sur la pièce avec quelques morceaux de cire à modeler, et on suivra les

contours du calque avec une pointe de bois dur. On peut également décalquer au poncif.

Lorsque le contour du dessin a été fixé sur la couverte à décorer, on procède à l'exécution de la peinture en commençant s'il y a lieu par la pose des fonds. Pour poser les fonds, on applique la couleur de fond au moyen d'un pinceau large et flexible et on égalise ensuite cette couche en la frappant perpendiculairement et à petits coups avec le putois. Il faut avoir soin d'essuyer de temps à autre le putois sur un linge propre. Lorsque toute la surface de fond a été ainsi égalisée, on recommence l'opération avec un second putois bien sec et plus doux que le précédent jusqu'à ce que l'aspect granité du fond ait disparu. Pour obtenir des fonds très unis, il est nécessaire de les poser en deux couches minces, et l'on attendra que la première soit absolument sèche avant de commencer la seconde.

Pour enlever le fond, aux endroits où le décorateur doit mettre des couleurs, c'est-à-dire pour mettre partiellement à nu la couverte de l'objet céramique, là où c'est nécessaire, on emploie un linge fin humecté d'essence, que l'on enroule autour d'une pointe en bois. Les filets s'exécutent au moyen de la tournette. Il faut une longue pratique pour arriver à filer convenablement sans que le raccord soit visible. la main qui tient le pinceau doit être soutenue et le pinceau long et fin doit s'appliquer très légèrement. Les filets à l'or brillant doivent s'exécuter en dernier lieu.

## CHAPITRE XVIII

**Combustion — Degrés et Calories — Chaleur spécifique — Pouvoir calorifique des combustibles — Formule de Goutal**

La combustion est la combinaison de l'oxygène de l'air avec un corps combustible, généralement du carbone. La

combustion dégage de la chaleur. On mesure cette chaleur avec une unité de température qui s'appelle degré. Zéro degré centigrade est la température de la glace fondante — Cent degrés centigrades représentent la température d'ébullition de l'eau pure au niveau de la mer.

Les degrés indiquent l'élévation plus ou moins grande de la chaleur. Il existe une autre unité de mesure de la chaleur qui s'appelle calorie. La calorie représente la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un gramme d'eau pour l'élever de un degré. La calorie-kilog ou grande calorie est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à un kilogramme d'eau pour l'élever de un degré. C'est la grande calorie ou calorie-kilog qui s'emploie pour les mesures employées dans la cuisson des produits céramiques — La chaleur spécifique des corps est le nombre de calories qu'il faut fournir à un gramme de ces corps pour élever leur température de un degré. La chaleur spécifique de l'eau étant de 1 :

La chaleur spécifique du fer est.	. . . . .	0,11
» » de la fonte.	. . . . .	0,14
» » du bois.	. . . . .	0,42
» » du granit	. . . . .	0,20
» » de la porcelaine.	. . . . .	0,26

On appelle chaleur de combustion la quantité de chaleur exprimée en grandes calories que dégage la combustion d'un kilogramme de combustible solide ou de un mètre cube de combustible gazeux.

Le pouvoir calorifique des combustibles les plus usuels est ainsi de :

Pour un mètre cube de gaz hydrogène	2.580 calories
» » » d'oxyde de carbone :	3.000 »
» » » de gaz méthane	: 8.550 »

Pour un kilogramme de pétrole	9.450 calories
» » » mazout . . . . .	10.700 »
» » » coke de houille . . . . .	7.000 »
» » » charbon de Hongay . . . . .	7.500 »
» » » bois ordinaire . . . . .	3.000 »
» » » charbon de bois . . . . .	8.000 »

*Bois de chauffage.* — Les différents bois que l'on utilise pour le chauffage contiennent tous une importante quantité d'eau (environ 50 %) quand on les coupe dans la forêt. Même après un long temps de séchage, ils contiennent encore de 20 à 25 % d'eau. A l'état sec le bois a la composition chimique moyenne suivante :

Carbone . . . . .	50 %
Hydrogène . . . . .	6 %
Oxygène . . . . .	41 %
Azote . . . . .	1 %
Cendres . . . . .	2 %

En céramique, on est obligé de recourir au bois pour la cuisson des produits de luxe tels que les belles porcelaines décorées au grand feu, comme celles de Sèvres, décors fins de faïences au moufle etc . . . Les gaz provenant de la combustion du bois n'ont pas d'action nuisible sur la teinte des couvertes et décors, parce qu'ils ne contiennent pas d'anhydride sulfureux.

*Cendres de bois.* — La cendre de bois contient toujours une certaine quantité d'alcalis qui la fait rechercher pour la fabrication des couvertes indigènes en Indochine. C'est ainsi que la cendre de certains bois appelés : Sung, dâ y lân cut, sat, gio, est très alcaline. La cendre d'écorce des palétuviers ayant servi au tannage contient jusqu'à 10 % de Na<sup>2</sup> O, ce qui la fait employer comme couverte par les potiers de Batrang lorsqu'elle est mélangée intimement à une partie d'argile blanche.

La composition des cendres de bois varie selon les essences et selon l'âge des bois.

Le bois sec donne par distillation un excellent gaz qui est utilisé dans certains fours céramiques.

*Lignite.* — Le lignite est peu ou pas employé dans les foyers de fours céramiques en raison de son faible pouvoir calorifique. C'est un bois fossile, de formation relativement récente. Il renferme un gros pourcentage d'eau à l'extraction. Le lignite de Dong-Giao (Tonkin) a été utilisé dans des foyers spéciaux pour le chauffage d'un four à flammes renversées à Dapcau.

*Houille.* — La houille est d'origine végétale comme le lignite, mais de formation beaucoup plus ancienne. Il y a plusieurs sortes de houilles différenciées par leur teneur en matières volatiles et leur façon de se cokefier. Les houilles grasses contiennent beaucoup de matières volatiles et donnent une flamme longue. Les houilles maigres, peu volatiles, ont une flamme courte. La houille de Phan-Mê est une houille à coke agglutinant qui s'emploie au Tonkin pour certains fours céramiques en mélange avec des houilles plus sèches. La houille de Tuyên-Quang donne d'excellents résultats dans les alandiers des fours à porcelaines de Thanh-Tri et Haiphong. C'est une houille à longue flamme, riche en matières volatiles et qui ne produit pas de coke. Ses cendres sont alcalines et très fusibles. Les houilles maigres de Hongay ont un très haut pouvoir calorifique et donnent une flamme courte utilisée en céramique pour les fours à mouffles à foyers soufflés, ainsi que pour les fours à gazogènes. Les anthracites du Tonkin sont des houilles encore plus maigres que les charbons de Hongay. Ils sont utilisés en céramique pour la cuisson par contact direct (Fours Hoffmann) et pourraient être employés dans des fours à gazogènes (gaz pauvre).

*Combustibles liquides.* — On a essayé en Europe et en Amérique l'utilisation des huiles lourdes minérales (Mazout)

au chauffage des fours céramiques. Les combustibles liquides donnent d'excellents résultats mais leur prix est relativement trop élevé en Indochine, pour que leur emploi puisse être envisagé d'une façon courante. Ils ont toutefois été employés pour des fours à produits réfractaires aux Verreries du Cua-Cam à Haiphong.

Analyse du mazout de Bakou :

Carbone . . . . .	87,1 %
Hydrogène . . . . .	11,7 %
Oxygène et Azote . . . . .	1,2 %

*Analyse immédiate des houilles.* — Un procédé très simple d'analyse rapide des houilles consiste à prendre un gramme de la houille sèche à essayer et à chauffer dans un creuset de platine au-dessus d'une flamme — Les matières volatiles, qui sont du gaz brut de houille, se dégagent et prennent feu — Quand toutes les matières volatiles sont parties, on continue à chauffer quelques instants et l'on fait refroidir ensuite le creuset et son contenu dans un dessiccateur. On pèse alors le creuset avec le coke qu'il contient — La différence entre le poids primitif et le nouveau poids représente la perte des matières volatiles. On détermine ensuite le poids des cendres en pesant le même creuset avec son contenu après incinération dans un moufle de laboratoire. Le poids du carbone fixe est obtenu par différence. Si, par exemple, sur 100 centigrammes de houille sèche, on a trouvé 30 centigrammes de matières volatiles et 9 centigrammes de cendres, soit 39 centigrammes en tout, on soustraira 39 de 100 et le reste, soit 61 centigrammes, représentera le poids du carbone fixe. Une telle houille essayée dans ces conditions donnera donc en pourcentage :

Matières volatiles . . . . .	(M V) %	30
Cendres . . . . .	(C) %	9
Carbone fixe . . . . .	(C F) %	61
Total . . . . .		100

*Détermination du pouvoir calorifique (Pc).* — La détermination du pouvoir calorifique d'une houille peut s'effectuer sans appareil spécial et avec une approximation suffisante, au moyen de la formule de Goutal. La formule de Goutal s'énonce comme suit :  $Pc = 82 \times CF + A \times MV$ .

CF représente le poids du carbone fixe et MV le poids des matières volatiles. On trouve A d'après la table de Malher qui donne pour les valeurs de A :

Matières volatiles pour cent		Valeur de A en calories
1	à 5 %	100
5	—	145
6	—	142
7	—	139
8	—	136
9	—	133
10	—	130
11	—	127
12	—	124
13	—	122
14	—	120
15	—	117
16	—	115
17	—	113
18	—	112
19	—	110
20	—	109
21	—	108
22	—	107
23	—	105
24	—	104
25	—	103
26	—	102

27	—	101
28	—	100
29	—	99
30	—	98
31	—	97
32	—	97
33	—	96
34	—	95
35	—	94
36	—	91
37	—	88
38	—	85
39	—	82
40	—	80

*Exemple d'application de la formule de Goutal.* — Nous appliquerons la formule de Goutal à la détermination du pouvoir calorifique de la houille essayée dans l'exemple précédent soit :

C F carbone fixe.	0,61
M V matières volatiles	0,30
C cendres.	0,09
Total.	1,00

Nous commencerons par chercher la valeur de A dans la table de Malher : Pour 30% de matières volatiles, cette valeur est de 98. Nous appliquerons alors la formule :

$Pc = 82 \times CF + A \times MV$  ce qui nous donnera :  
 $85 \times 61 + 98 \times 30 = 7.942$  calories comme pouvoir calorifique de la houille en question.

CHAPITRE IX

Cuisson — Echauffement par convection — Flam-  
mes ascendantes et flammes renversées — Montres  
et pyromètres.

*Cuisson.* — Nous savons que la cuisson consiste à sou-  
mettre le produit façonné et séché à l'action du feu pour  
le porter à la température qui convient à chaque genre  
de produit céramique. La cuisson fixe donc définitive-  
ment la forme du produit et lui donne ses qualités  
de dureté et d'usage. Examinons le processus de la cuisson.

Lorsque le produit atteint la température de 500°C et  
jusqu'à 700°C environ, les matières argileuses de la pâte  
perdent leur eau de combinaison—(Voir graphique Fig. 31).

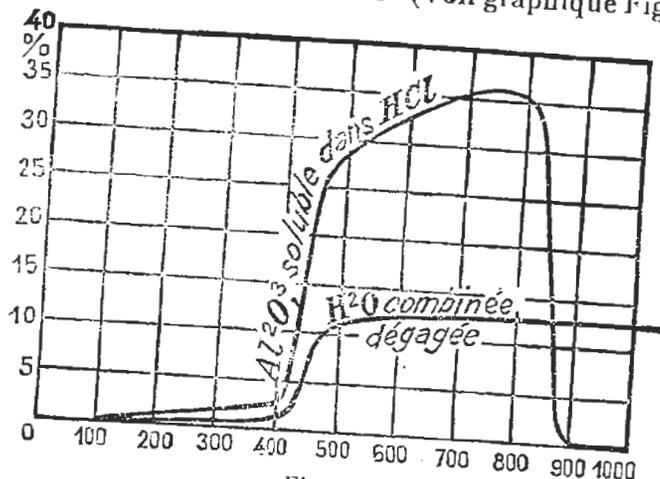


Fig. 31

On a pu observer lors de minutieux travaux de labo-  
ratoire que les deux molécules de Si O<sub>2</sub> et la molécule  
d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> qui composent la molécule d'argile théorique  
tendent à se dissocier au moment de la déshydratation.  
Si on laisse refroidir le produit céramique qui a été  
porté tout juste à cette température de déshydratation,  
on constate que sa pâte est peu solide et très poreuse.  
On constate également que cette pâte est attaquable à l'aci-

de chlorhydrique, alors qu'elle était inattaquable avant  
chauffage. On explique ce phénomène en montrant que  
le départ de l'eau combinée de la molécule d'argile  
(2H<sub>2</sub>O) a produit une véritable dislocation de la struc-  
ture moléculaire et amené temporairement ses consti-  
tuants ou tout au moins une partie de ceux-ci à l'état  
libre. Au-dessus de 700° C les éléments libres se com-  
binent à nouveau et le silicate reconstitué redevient in-  
attaquable aux acides. C'est à partir de cette tempé-  
rature que le retrait commence pour certaines pâtes fusibles  
(rapprochement des particules) ce qui diminue la porosi-  
té. Vers 1.000° C le retrait augmente et la porosité  
diminue toujours. Selon la réfractairité de la pâte céra-  
mique et le genre de produit, le commencement de la  
vitrification peut apparaître à partir ou au dessus de  
cette température de 1.000° C. Le commencement de  
la vitrification, ou grésage, marque la disparition de la  
porosité et le produit devient imperméable. Dans les  
pâtes à porcelaine dure, le grésage n'apparaît que vers  
1.200° C.

*Echauffement des produits.* — L'échauffement des pro-  
duits à cuire doit s'effectuer très progressivement pour  
diminuer les causes d'éclatement par évaporation brus-  
que de l'eau qui est encore contenue dans le produit  
céramique séché au-dessous de 100° C, c'est-à-dire dans  
les conditions industrielles habituelles. D'autre part, un  
échauffement trop brusque du produit aurait pour effet une  
dilatation trop brusque et inégale de la pâte, ce qui amè-  
nerait inévitablement le bris de la poterie. En outre, il  
faut bien se rappeler que les phénomènes de déshydrata-  
tion, retrait et vitrification des pâtes céramiques ne peuvent  
s'effectuer correctement que dans un minimum de temps.  
Ce minimum de durée de cuisson est déterminé pour  
chaque produit par l'épaisseur de la pâte, sa conduc-  
tivité, sa porosité, sa composition physique et chimi-

que et par d'autres facteurs s'appliquant aux conditions de fusion des couvertes. L'échauffement progressif des produits à cuire s'obtient pratiquement en partant d'un feu très modéré dans les alandiers, pour arriver au feu de cuisson proprement dit. On appelle « petit feu » la période d'échauffement préparatoire des produits et « grand feu » la période de cuisson.

L'échauffement des produits dans les fours explique par ce fait que les gaz chauds de la combustion appelés « flammes » cèdent leurs calories aux produits qu'ils traversent avant de s'échapper dans l'atmosphère. Il y a donc apport constant de chaleur par les flammes lesquelles se refroidissent par contact avec les produits enfournés. Cet apport de chaleur par des gaz chauds ou flammes en mouvement se nomme chauffage par convection.

Le trajet des flammes à travers les produits à cuire varie suivant les divers genres de fours — On distingue :

1°) Les fours à flammes directes ascendantes (Voir fig. 38) dans lesquels les flammes sortant des alandiers disposés au bas du four montent directement au travers des produits à cuire avant de s'échapper par le haut.

2°) Les fours à flammes renversées descendantes (voir fig. 39) dans lesquels les flammes sortant des alandiers traversent les produits à cuire de haut en bas avant de s'échapper par la sole percée du four.

3°) Les fours à flammes obliques, genres fours chinois (voir figure 42) dans lesquels les flammes traversent obliquement les produits à cuire de haut en bas ou de bas en haut selon les genres.

4°) Les fours à flammes horizontales, dont le type est représenté en Europe par le système qui a précédé le four Hoffmann (voir figure 43) et qui sert surtout à la cuisson des carreaux en grès commun et des briques et tuiles.

*Inconvénients des fours à flammes ascendantes.* — Les flammes ascendantes ont l'inconvénient de mal distribuer la chaleur dans l'intérieur des fours. Il est évident en effet que le tirage qui oblige les gaz chauds à monter à travers les produits à cuire ne peut pas pratiquement s'exercer d'une manière uniforme sur toute la section horizontale de l'enfournement : les flammes trouveront toujours en certains points des passages plus faciles, notamment là où l'enfournement a été moins serré qu'ailleurs et où par conséquent le passage des gaz éprouve le moins de résistance. Dans ces passages de moindre résistance, il se produit donc un appel des flammes plus énergique qu'à côté et cette espèce de cheminée ainsi créée à l'intérieur de l'enfournement va s'échauffer plus rapidement que le reste du four. A partir de ce moment, il sera très difficile d'éviter la surcuisson des produits qui touchent à ce passage de moindre résistance, parce que nous pourrions assimiler ce passage à une véritable cheminée dont le tirage est fonction de sa température comparée à celle du reste du four. Les « cheminées » en question tireront donc de plus en plus, au fur et à mesure de leur échauffement, et la seule façon d'atténuer leur rôle néfaste sera de diminuer la dépression intérieure du four au moyen d'un registre placé au sommet de la cheminée. Les gaz chauds ne pouvant plus s'échapper librement dans l'atmosphère resteront sous pression dans la partie haute du four et les « cheminées » cesseront de tirer exagérément, c'est-à-dire que la chaleur pourra à ce moment se répartir plus uniformément.

*Avantages des flammes descendantes.* — Avec les flammes descendantes, examinons ce qui se passerait dans les mêmes conditions d'enfournement : Dès l'allumage du four, les gaz chauds vont se précipiter également dans les passages de moindre résistance, mais cette fois de haut

en bas, et ils vont échauffer ces « cheminées » davantage que le reste de l'enfournement. Mais à partir de ce moment, les « cheminées » en question vont réagir en sens inverse, parce qu'elles vont se trouver dotées d'un véritable tirage de bas en haut dont la valeur sera fonction de la différence entre leur température et celle du reste du four. La compensation va donc se trouver automatiquement réalisée, et le tirage tendra à s'égaliser dans toute la section du four quelles que soient les inégalités de la résistance opposée à la descente des flammes. Un autre avantage des flammes renversées résulte du fait que les produits placés en haut du four sont toujours un peu plus cuits que ceux placés en bas, là où les flammes se sont en partie refroidies avant leur évacuation par la sole. Les produits enfournés au bas du four ne risquent donc pas de se ramollir sous l'action d'un excès de cuisson, ce qui entraînerait la chute de tout l'enfournement, défaut connu sous le nom de « coupage des files ».

*Montres et pyromètres.* — Pour apprécier la température intérieure d'un four en cours de cuisson, on peut employer les montres fusibles. Ces montres sont des petites pyramides à base triangulaire d'environ 5 centimètres de hauteur, constituées par des mélanges de silicates d'une fusibilité connue et soigneusement étalonnés pour chaque mélange, de 20 en 20° Centigrades. Il existe deux échelles d'étalonnage: l'échelle allemande de Seger et l'échelle française Guérineau, ou échelle décimale. Les montres françaises graduées à l'échelle décimale portent toutes un numéro auquel il suffit d'ajouter un zéro pour obtenir la température de fusion de la montre en degrés centigrades. C'est ainsi que la montre décimale n° 128 fond à 1.280° Centigrades. En échelle Seger, la montre 9 correspond à la montre décimale 128 et la montre 13 correspond à la montre décimale 138. Pour se servir des montres, la tempé-

rature à atteindre pour la cuisson de tel four étant connue, on dispose dans le four, en face d'un regard, le numéro de montre qui convient, ainsi que le numéro précédent et le numéro suivant. Si, par exemple, on veut cuire un grès à 1.280° C, on disposera dans le four une montre Seger n° 8, une montre Seger n° 9 et une montre Seger n° 10. On arrêtera la cuisson lorsque la montre 9 se sera inclinée ainsi que l'indique la figure 32.

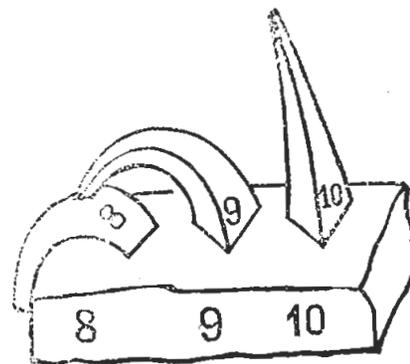


Fig. 32

La montre 8 aura tombé préalablement, ce qui aura averti les cuiseurs que la cuisson touchait à sa fin, et la montre 10 servira de témoin pour bien contrôler que la température de cuisson n'a pas été dépassée.

Pour des mesures plus précises au point de vue pyrométrie mais non pas au point de vue cuisson céramique, on

emploi couramment et concurremment avec les montres fusibles, des pyromètres électriques avec ou sans dispositif d'enregistrement (Fig. 33 et 34).

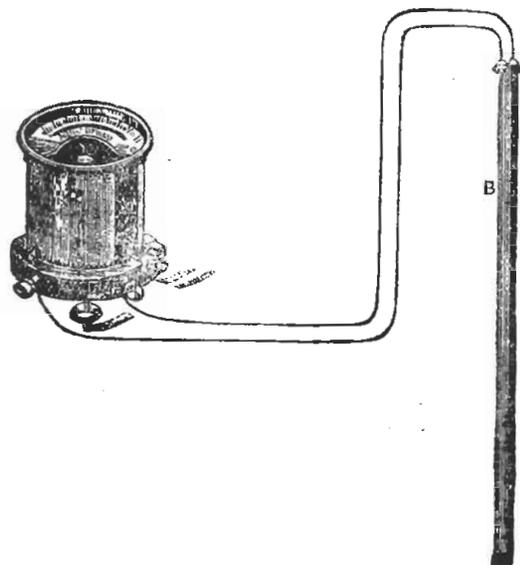


Fig. 33

Ces pyromètres, dont l'étude sort du cadre de notre cours, sont basés sur la propriété que possèdent les soudures de deux métaux différents d'engendrer un faible courant électrique lorsque l'on chauffe ces soudures (couples thermo-électriques). La valeur du courant électrique ainsi produit étant proportionnelle à la température du couple chauffé on mesure ce courant au moyen d'un appareil de mesure électrique gradué en degrés de chaleur. Deux systèmes de pyromètres électriques sont en présence et autant employés l'un que l'autre. Dans le premier système, le couple est enfermé dans une canne creuse en terre réfractaire laquelle canne est introduite dans le four (pyromètre à canne Fig 33)

Dans le deuxième système, le couple est chauffé à distance, par rayonnement d'un point chaud visé à l'intérieur du four (pyromètre Féry fig. 34).

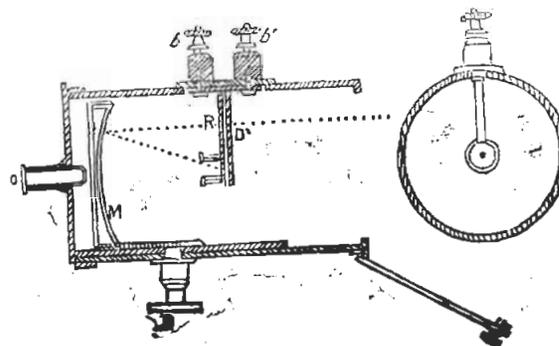


Fig. 34

## CHAPITRE XX

**Les foyers de fours — Alandiers à bois — Alandiers à charbon — Alandiers - gazogènes à air secondaire — Cheminées.**

Les fours céramiques pour faïences, grès et porcelaines sont ordinairement chauffés par plusieurs foyers extérieurs que l'on appelait autrefois des alandiers. Ce mot est devenu le terme de métier qui désigne les foyers extérieurs en question. Les fours céramiques chinois, du modèle à tunnel droit ou incliné, sont chauffés par introduction directe du combustible au milieu des produits à cuire et n'ont qu'un seul foyer disposé à l'origine du tunnel. Ce foyer sert uniquement à l'allumage du four et nous reviendrons sur son fonctionnement au chapitre suivant :

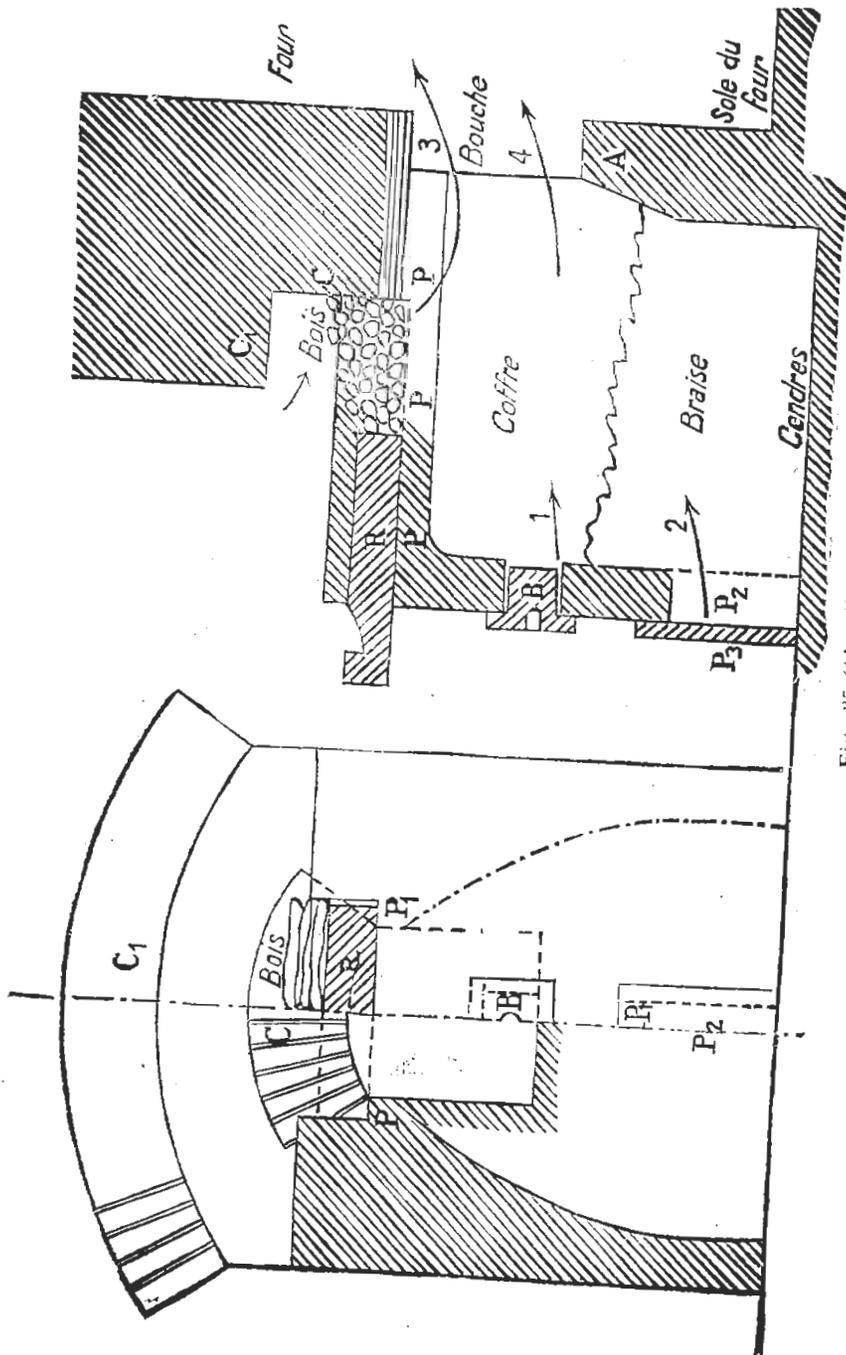


Fig. 35 (Alandier à bois)

donne le schéma d'un tel type d'alandier. Dans ce foyer le combustible, représenté par des rondins de bois, est chargé au-dessus du cendrier, les bûches étant jetées horizontalement les unes sur les autres. L'air comburant traverse ces bûches obliquement de haut en bas selon le trajet figuré par les flèches, et les flammes produites par la combustion pénètrent dans le four en 3 et 4. Cet alandier fonctionne sans grille et la plus ou moins grande ouverture du registre R. détermine l'allure réductrice, neutre ou oxydante de la combustion.

A ce propos, nous répétons qu'on appelle feu oxydant la combustion d'un combustible avec excès d'air (et par conséquent excès d'oxygène) et feu neutre la combustion d'un combustible avec la quantité strictement nécessaire d'oxygène. L'allure réductrice est obtenue par l'insuffisance d'oxygène, c'est à dire que les gaz produits par la combustion contiennent du CO, le manque d'oxygène n'ayant pas permis l'oxydation parfaite du carbone sous forme de CO<sub>2</sub> (gaz carbonique).

*Alandiers à charbon.* — En général les alandiers de fours céramiques chauffant au charbon présentent la disposition figurée en 36 (Usines céramiques de Thanh-Tri et Haiphong au Tonkin). Ce sont des alandiers-gazogènes ordinaires qui doivent être alimentés avec des charbons riches en matières volatiles, comme le charbon de Tuyên-Quang (Tonkin) ou les charbons japonais.

Dans ces foyers, le combustible introduit en T brûle sur la grille G et le décrassage, (enlèvement des machefers) se fait par l'ouverture C.

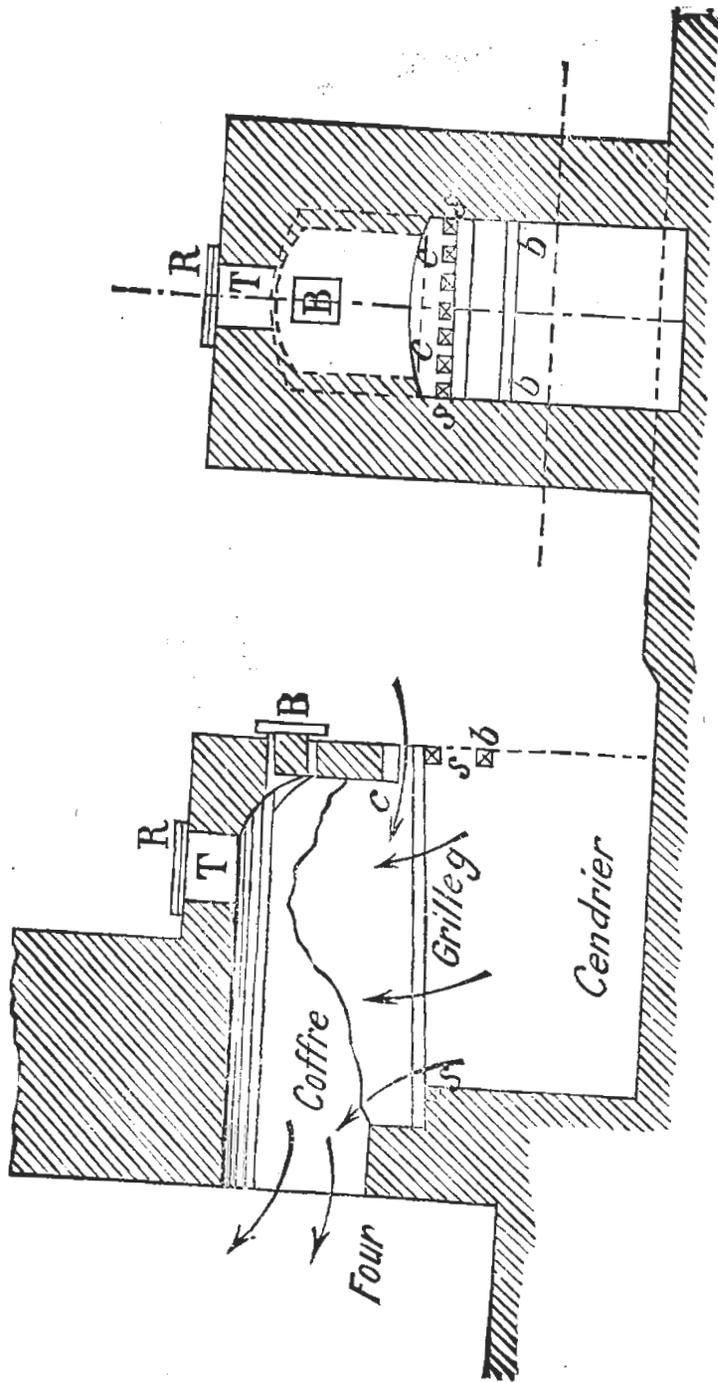


Fig 36 Alandier au charb n

Un autre modèle d'alandier-gazogène à décrassage et chargement semi-automatique fonctionne à l'usine céramique de Dapcau (Tonkin) et peut être représenté par le schéma de la figure 37

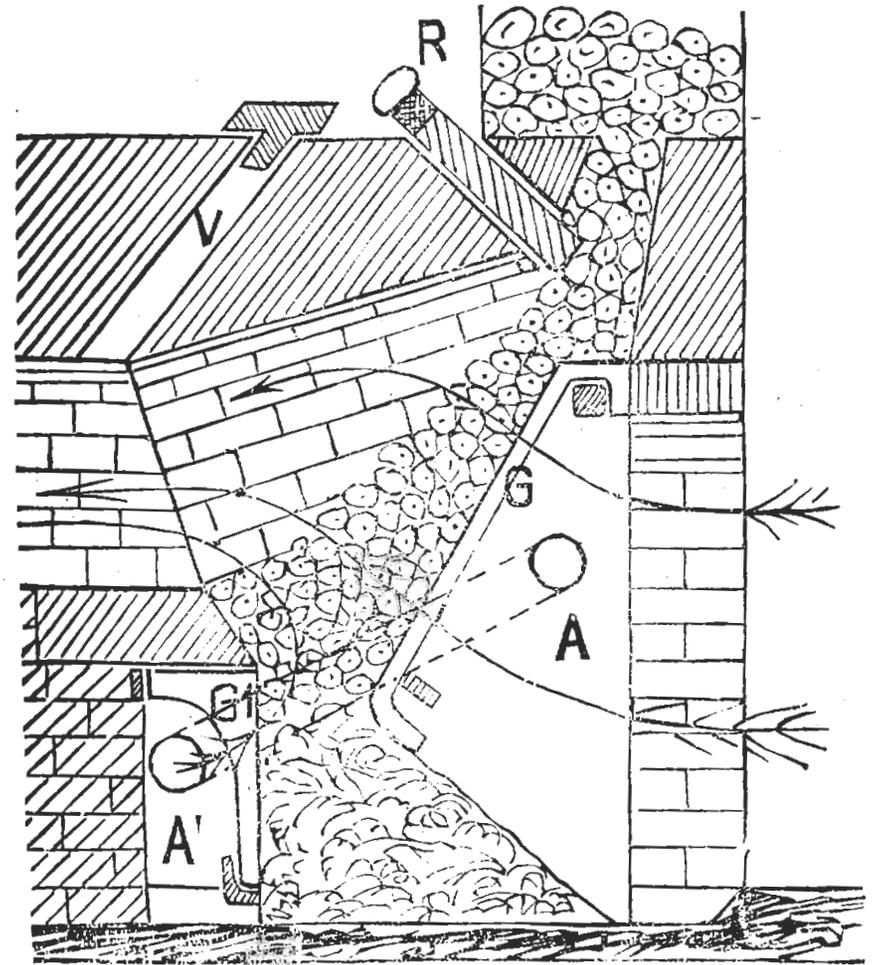


Fig 37

Dans cet alandier, d'un système perfectionné par l'auteur, le machefer très fusible résidu de la combustion du charbon de Tuyên Quang descend automatiquement au fur et à mesure de sa production le long de la grille G, très inclinée. Au bas de cette grille, le talus d'éboulement T des cendres arrête ce mouvement de descente. Tout le travail de décrassage consiste donc à enlever à la pelle, de temps en temps, une certaine quantité du talus d'éboulement T. On remarquera qu'il existe une grille auxiliaire G<sup>1</sup> derrière le talus d'éboulement des cendres. Cette grille admet un courant d'air secondaire en A<sup>1</sup> laquelle admission d'air permet la combustion complète des résidus charbonneux du talus T et la fusion des cendres au même endroit. Dans ce genre d'alandier, la hauteur réglable du registre en terre réfractaire R, détermine l'épaisseur de la couche de combustible sur grille et par suite l'allure oxydante ou réductrice du feu. Le courant d'air secondaire A<sup>1</sup> est réglable au moyen des registres d'admission A. Un regard V permet au chauffeur de se rendre compte de l'intensité du feu obtenu et, en conséquence, d'effectuer les corrections de réglage nécessaires en agissant sur les registres d'admission d'air secondaire ou en agissant sur l'écran R.

*Grilles des alandiers à charbon.* — D'après A. Cornille la base empirique que l'on prend généralement pour l'établissement des grilles d'alandiers à charbon est de 0<sup>m</sup>210 par mètres cube de capacité de four pour les capacités de 1 à 2 mètres cubes. Pour les fours moyens de 6 à 30 mètres cubes, on compte 0<sup>m</sup>20525 par mètre cube de four. Le réglage du four doit s'effectuer de la manière suivante :

Pour obtenir un régime plus réducteur, on peut :

- 1.) Augmenter le volume du combustible sans toucher à la section de grille.
- 2.) Augmenter la section d'entrée des flammes dans le four.
- 3.) Diminuer la section des orifices de sortie des flammes c'est-à-dire les trous de la sole du four.

4.) Diminuer la surface des grilles sans toucher au volume du combustible dans les alandiers.

Pour obtenir un régime plus oxydant, il faudrait agir inversement.

Bien entendu, le réglage dont il s'agit doit s'effectuer une fois pour toutes, lors des premiers essais de cuisson d'un four nouvellement construit.

*Cheminées des fours.* — Les cheminées des fours sont ordinairement construites en briques. Elles ont pour fonction d'évacuer les gaz produits par la combustion et de réaliser dans les alandiers l'appel d'air comburant. Les cheminées fonctionnent par dépression, due à la différence de température entre les gaz chauds dilatés, et par conséquent légers, évacués par la cheminée, et l'air extérieur plus lourd. La dépression est proportionnelle à la hauteur de la cheminée et environ à la racine carrée de la différence de température mentionnée plus haut. On a donc intérêt à évacuer des gaz chauds pour obtenir un bon tirage et à construire des cheminées hautes. Nous verrons au chapitre suivant que tous les fours céramiques n'ont pas besoin d'un fort tirage pour bien fonctionner, et que certains fours chinois, qui n'ont pas de cheminée du tout, fonctionnent plutôt en pression qu'en dépression.

## CHAPITRE XXI

**Fours à flammes directes et à flammes renversées — Fours de Thanh-Tri — Fours chinois — Fours de Moncay à chambres.**

Les fours céramiques d'Europe qui servent à la cuisson des faïences, grès et porcelaines, sont de deux sortes :

1°/ Les fours à flammes directes, c'est-à-dire ceux dont les flammes traversent les produits à cuire de bas en haut avant de s'échapper par la cheminée.

20/ Les fours à flammes renversées, c'est-à-dire ceux dont les flammes sont obligées de descendre à travers les produits à cuire avant de s'échapper par la cheminée.

La figure 38 donne le croquis d'un four à flammes di-

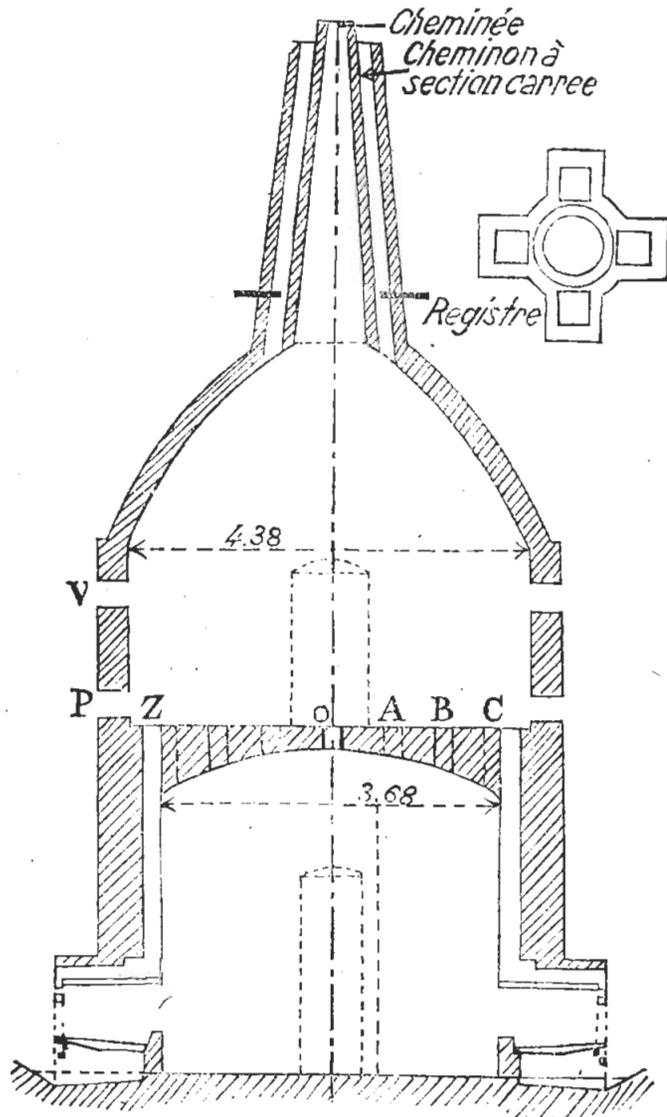


Fig. 38

rectes et la figure 39 donne le croquis d'un four à flammes

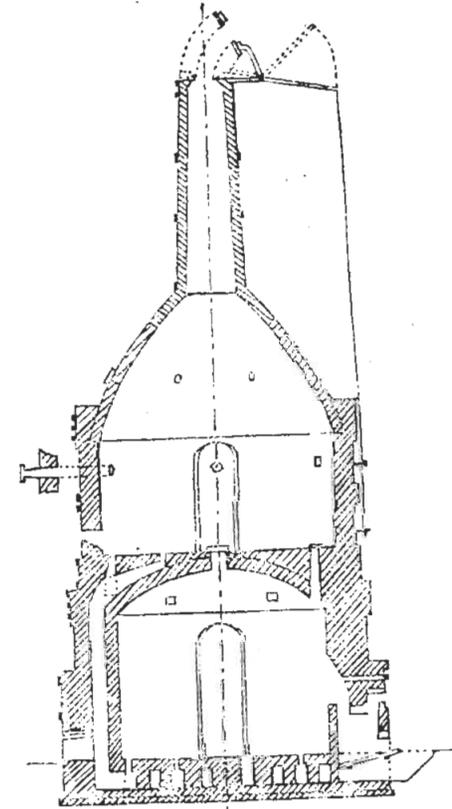


Fig. 39

renversées Ces fours sont composés chacun de deux compartiments qui s'appellent : le four proprement dit, où s'effectue la cuisson de grand feu, et le globe, qui constitue un compartiment auxiliaire traversé par les gaz chauds de la combustion avant leur accès à la cheminée. Ce deuxième compartiment, ou globe, sert à cuire les objets en faïence ou porcelaine avant leur mise en couverte ou avant l'émailage. Cette première cuisson est ainsi réalisée à une température inférieure à celle du grand feu, sans aucune dé-

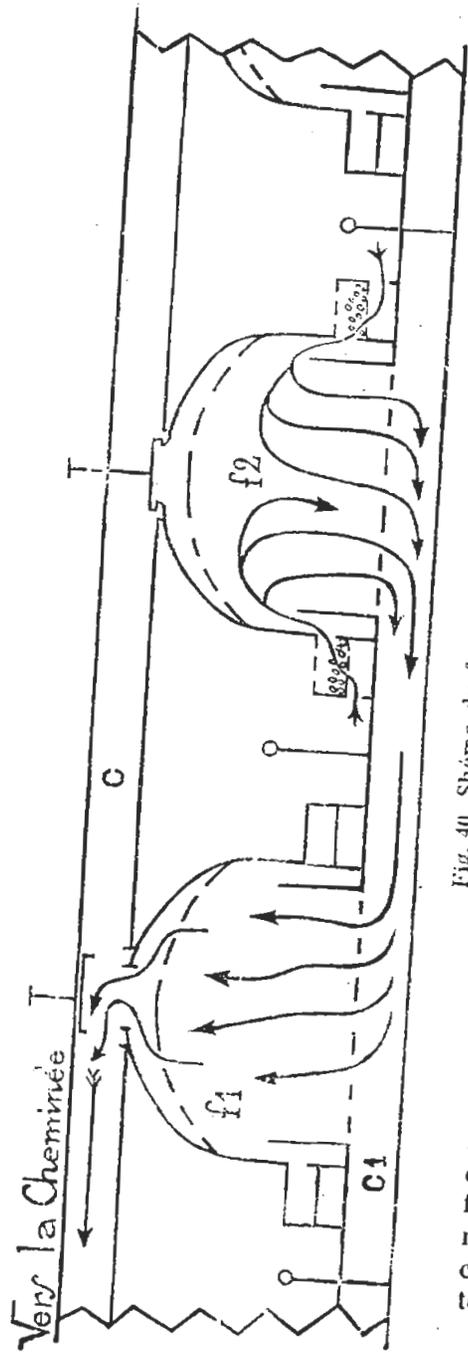


Fig. 40 Schéma du four Nguyen-ba-Chinh

pense de combustible. puisque l'on récupère de cette manière une partie de la chaleur perdue des gaz de combustion avant leur évacuation par la cheminée. Les fours à flammes renversées présentent sur les fours à flammes directes l'avantage de cuire les produits uniformément dans toute la section horizontale du four. Nous avons vu au cours des chapitres précédents qu'on n'employait pas la mise en cuverte sur biscuit (dégourdi) en Indochine. Même les décors sous cuverte sont exécutés sur cru, et la glaçure est toujours posée sur cru également. Dans ces conditions, il était naturel que les fours à flammes renversées en usage en Europe fussent modifiés selon les besoins de la technique du pays. Monsieur Nguyen-Ba Chinh, Industriel céramiste à Thanh-Tri (Hadong) fut un des novateurs de cette adaptation des fours à flammes renversées européens aux conditions locales. Son four continu à flammes renversées (Fig. 40) se compose d'une suite ininterrompue d'éléments F1

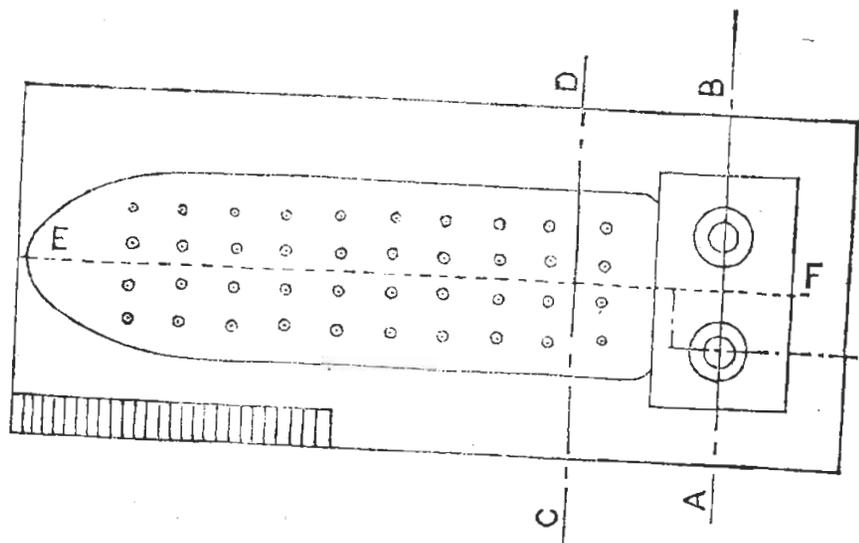
F2 etc . . . à trois alandiers chacun, disposés concentriquement autour d'une cheminée et de deux carneaux annulaires. L'un des carneaux sert à l'évacuation des fumées. L'autre assure la transmission des gaz chauds sortant du compartiment en grand feu F2, au four voisin F1 lequel joue alors le rôle du globe à dégourdi. Dès que la température de ce deuxième compartiment est jugée suffisante, on allume ses alandiers et l'on passe au grand feu en quelques heures. Le même processus a lieu pour le compartiment suivant et ainsi de suite. Le système de récupération ainsi réalisé est extrêmement pratique et fonctionne depuis de nombreuses années à l'entière satisfaction de son inventeur. Les produits de Thanh-Tri sont cuits à la montre 9.

*Fours chinois.* — Les fours chinois (intermittents et semi-continus) sont caractérisés par leur système de chauffage à flammes obliques, ascendantes, et parfois horizontales, sans emploi d'une sole percée. D'autre part les fours chinois fonctionnent généralement sans cheminées.

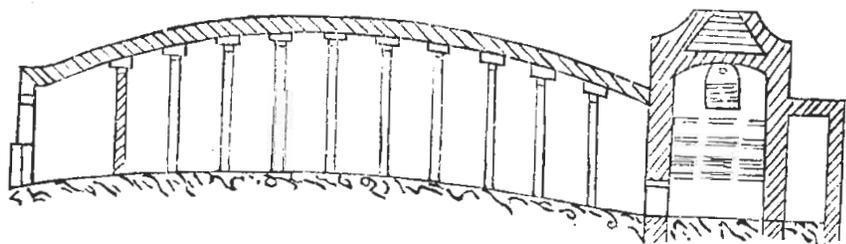
*Fours chinois à flammes obliques.* — Le plan d'un four chinois à flammes obliques est représenté figure 41.

Ce système de four est employé à Batrang (Tonkin) et comprend un globe, ou plus exactement une chambre de dégourdi, situé entre le laboratoire et les trous de sortie des fumées. La chambre de dégourdi des fours de Batrang sert à la cuisson de certaines faïences communes.

Grâce à l'amabilité de Monsieur Nguyen-Ba-Chinh, nous avons pu comprendre la visite annuelle de la Manufacture de Thanh-Tri dans notre cours de technologie céramique à l'E.B.A Hanoi.



Coupe EF



Coupe CD

Coupe AB (Clobe)

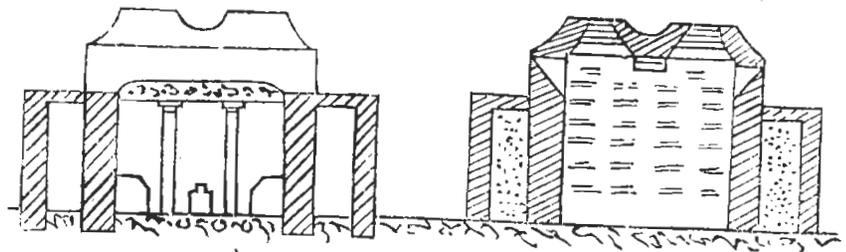


Fig. 41 Fours de Baltrang

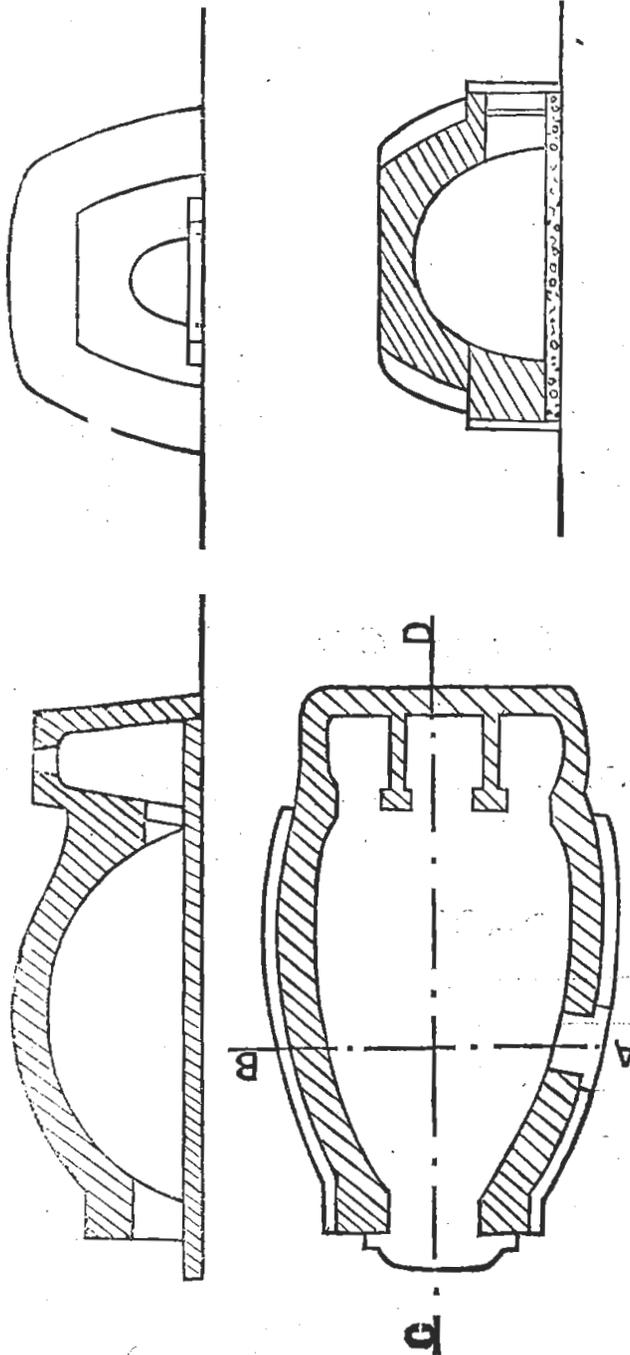


Fig. 42

La figure 42 représente un autre four chinois à flammes obliques. C'est le système utilisé à Iphan-Hoa (Nord-Annam) pour la cuisson de poteries diverses en grès.

Certains fours chinois se composent d'une galerie de cuisson horizontale (à voûte plate sur piliers), qui les apparente de très près aux fours semi-continus du même genre utilisés en Europe. La figure 43 donne le plan d'un four de Phu-Lang (Tonkin).

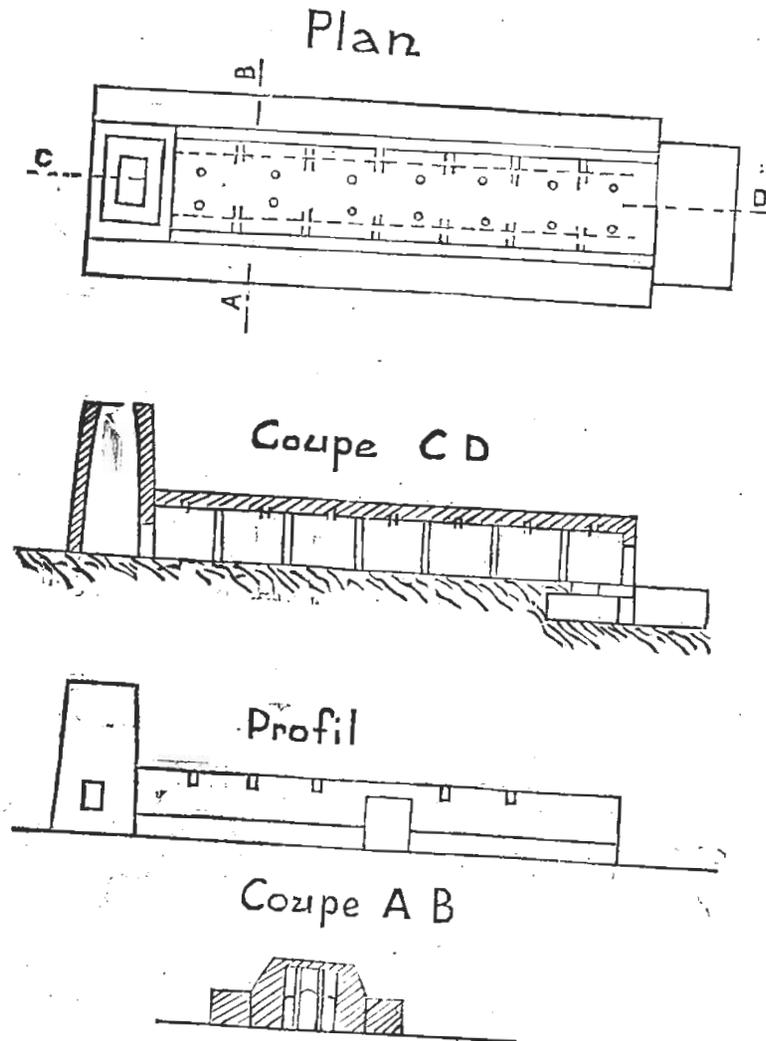


Fig 43.

Mais le système de four chinois le plus répandu est le four à galerie inclinée, dont la figure 44 donne une coupe schématique (Fours de Bienhoà et de Cay-Mai)

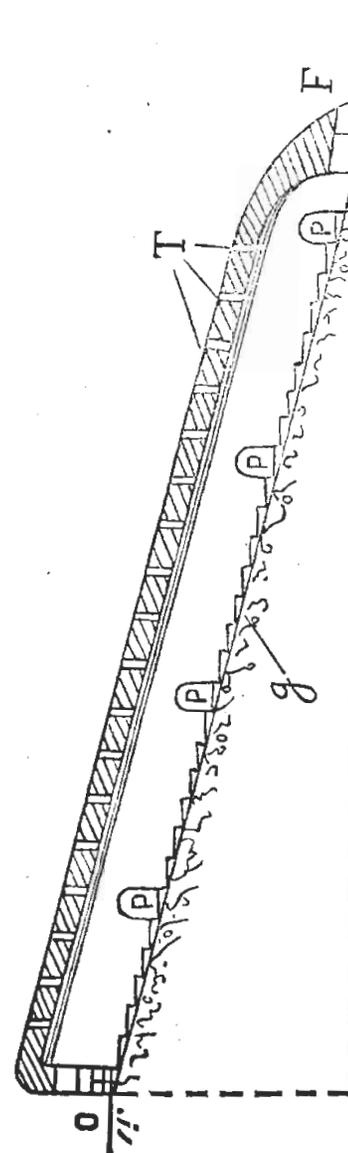


Fig. 44 — Four chinois à galerie inclinée

Principe du fonctionnement d'un four chinois à galerie inclinée. — Les fours chinois à galerie inclinée fonctionnent au début de l'allumage comme des fours à cheminée, c'est-à-dire par dépression. Il est bien évident en effet que la différence de niveau entre l'origine de la galerie (foyer d'allumage) et son extrémité haute, peut-être considérée au point de vue du tirage comme la hauteur d'une cheminée moins les résistances intérieures dues à l'enfournement. Mais le fonctionnement du four devient tout différent lorsqu'une certaine longueur de galerie déjà cuite est en cours de refroidissement. A ce moment, la zone cuite chauffe l'air comburant qui la traverse, et cet air chaud dilaté se trouve ainsi doué d'une force ascensionnelle qui le pousse dans la zone de cuisson. Si, dans

ces conditions, l'orifice de sortie des gaz à l'extrémité haute de la galerie se trouve suffisamment rétréci, on obtient dans la zone de feu une combustion sous pression qui est éminemment favorable à l'obtention de hautes températures (combustion sans excès d'air). On conçoit que l'atmosphère neutre ou réductrice du feu puisse être ainsi obtenue à volonté par le seul jeu de l'ouverture réglable de l'entrée de l'air comburant et de la sortie des gaz de combustion.

En fait, les cuiseurs chinois agissent encore sur un autre facteur de réglage qui est l'alimentation en bois des trous de chauffage. Il est bien évident que toutes choses égales d'ailleurs, l'atmosphère la plus oxydante sera obtenue avec l'alimentation minimum et inversement. La longueur de la zone de combustion (nombre des trous alimentés) a également son importance eu égard au résultat final.

Au point de vue de l'utilisation des calories du combustible, on peut dire que le four chinois à galerie inclinée est un appareil rationnel très intéressant.

Ce système a été perfectionné en vue de la cuisson économique des grès fins et porcelaines en divisant la galerie en un certain nombre de compartiments égaux dont la disposition assure un meilleur brassage de l'air comburant et un mouvement ascendant et descendant des flammes dans chaque compartiment.

La figure 45 donne la coupe schématique d'un semblable four (Moncay).

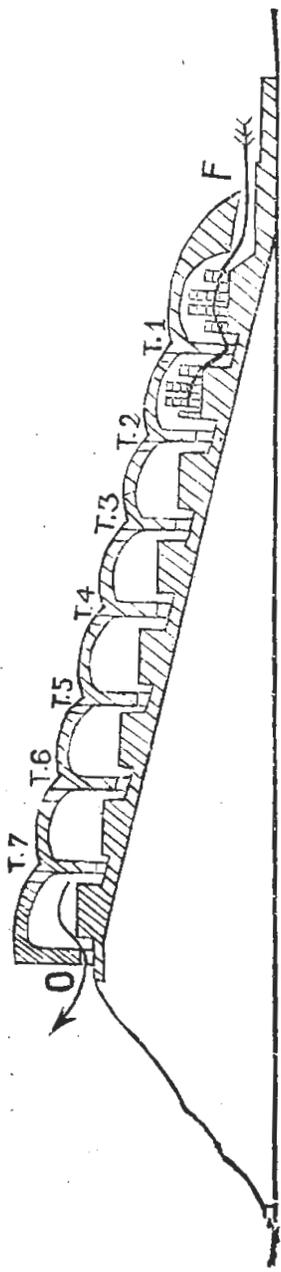


Fig. 45 - Four chinois à chambres

*Pratique du fonctionnement des fours chinois à galerie inclinée.*— Les produits en gazettes ou en « chapelles » sont enfournés entre les rangées de trous de chauffage T, T<sup>1</sup> T<sup>2</sup> T<sup>3</sup> T<sup>4</sup> etc... jusqu'en haut de la galerie inclinée. La section de galerie comprise entre deux rangées de trous s'appelle un compartiment. La sole du four est établie en gradins g, g<sup>1</sup>, g<sup>2</sup>, g<sup>3</sup> etc afin que les files de gazettes soient bien verticales. Tous les trous de chauffage de la voûte étant fermés, et l'orifice de sortie des gaz O étant grand ouvert, on allume un petit feu dans le foyer d'allumage F disposé au bas de la galerie. Le petit feu dure deux ou trois jours et on augmente progressivement l'intensité de ce feu jusqu'à obtenir l'incandescence des premières files de gazettes jusqu'aux trous T<sup>3</sup> et T<sup>4</sup>. On commence alors à alimenter les premiers trous en buchettes de bois sec et l'on cesse le feu dans le foyer F que l'on ferme incomplètement au moyen d'une murette en briques. L'orifice d'entrée d'air ainsi ménagé dans la murette servira pour le régle-

ge de l'intensité du feu dans la zone de cuisson, laquelle zone montera en quelques jours jusqu'en haut de la galerie. On n'alimentera que quelques rangées de trous T à la fois, pour conserver un contrôle effectif de l'intensité du feu dans chaque compartiment. Chaque fois qu'un de ceux-ci sera jugé suffisamment cuit, on bouchera soigneusement ses trous de chauffage et l'on passera au suivant. L'appréciation du point de cuisson s'obtient au moyen de « témoins » qui sont retirés latéralement au travers des portes d'enfournement P.

Plus le four est long, plus son réglage est facile et plus la récupération de chaleur sur les produits cuits est importante (cas des fours de Moncay).

Lorsque, pour des raisons de production, on est obligé de se servir de fours chinois à galeries courtes, comme ceux de l'Ecole d'Art de Bienhoà, la conduite du feu devient plus difficile, et la cuisson plus coûteuse.

## CHAPITRE XXII

**Fours à moufle à flammes directes. — Fours à moufle à flammes renversées. — Cuisson au bois et au charbon.**

*Moufles intermittents.* — Dans les fours ordinaires, les gaz, flammes ou fumées, circulent dans l'enceinte même du four. On conçoit facilement que, pour cuire des décors faits avec des couleurs contenant des oxydes de plomb, d'antimoine, de fer, de cuivre etc., c'est-à-dire d'oxydes facilement réductibles, il faut, de toute nécessité, éviter le contact des gaz et fumées avec les pièces décorées à cuire. On emploie donc un dispositif, sorte de boîte réfractaire, autour de laquelle circuleront les gaz incandescents et qui, par rayonnement, finiront par porter cette sorte de boîte et son contenu à la température voulue pour cuire les couleurs à point. Ces sortes de boîtes réfractaires portent le nom de moufles.

*Moufles à flammes directes.* — (Figure 46). Les moufles

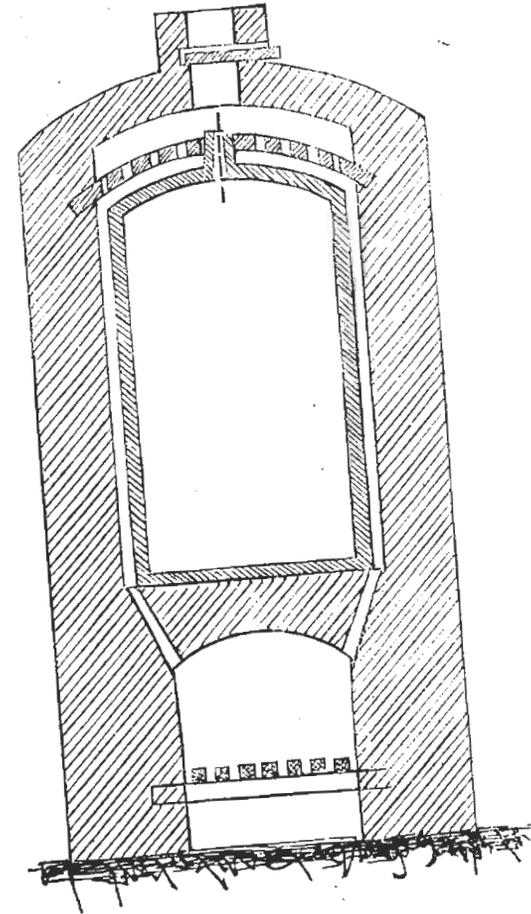


Fig. 46

pour cuire de petits objets, sont presque toujours d'une seule pièce, formant les cinq faces du moufle ; la sixième face, la porte, est aussi en une seule pièce.

Les portes de moufle, suivant les grandeurs, sont munies d'un ou plusieurs tuyaux réfractaires, qui débouchent en dehors de la contre-porte ou porte extérieure, de façon à donner un afflux d'air favorisant l'évaporation au début

et à juger le feu pendant la cuisson et pour l'arrêt du feu. Une lunette en tôle avec un verre blanc ou un mica peut se disposer à l'extrémité du ou des tuyaux en question, quand la température du moufle a passé la période d'évaporation et d'incinération des essences et mixtions céramiques qui servent d'excipients pour l'emploi des couleurs, ors et chromos.

*Moufles à charbon.* — (Figure 47). Ces moufles à charbon

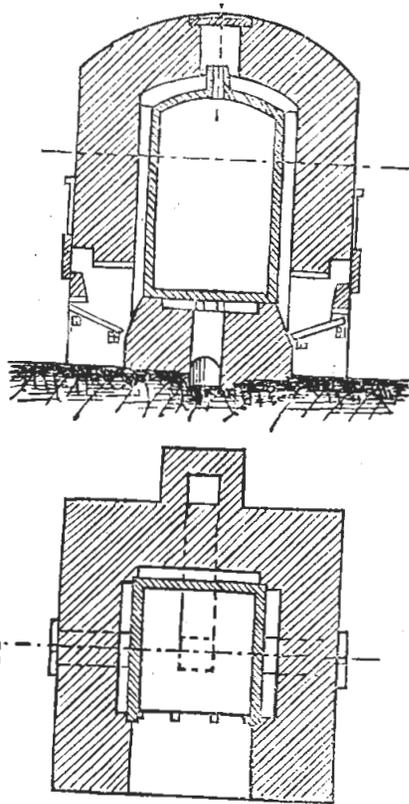


Fig. 47

sont à flamme renversée ; ils diffèrent des moufles précédents. Les foyers, souvent avec air secondaire, sont répar-

tis latéralement ; le cintre supérieur est fermé et, à travers ce cintre, passent le ou les tuyaux d'évaporation qui débouchent au dehors. Les flammes montent par les deux flancs et, ne trouvant pas d'issue à la partie supérieure, elles descendent par l'avant et par l'arrière du moufle, puis passent sous la « sole » du moufle et, de là, s'écoulent par un ou plusieurs carreaux qui communiquent avec une cheminée collectrice et de là avec une cheminée verticale assez haute pour donner un bon tirage à l'ensemble.

Pour cuire les décors dans ces genres de moufles, il est indispensable de mettre vers la sole plusieurs tuyaux munis de trous (comme une flûte) pour amener de l'air dans le moufle.

Cet air facilite l'évaporation, empêche les gaz de rentrer par les petites fissures ou par osmose et brûle ces gaz lorsque la température est suffisante. Cette introduction d'air empêche « l'empoisonnement », c'est-à-dire la réduction des couleurs, en maintenant toujours un excès d'air dans le moufle.

*Cuisson des moufles au bois.* — La contre porte et la porte du moufle étant enlevées et le moufle vidé, on bouche soigneusement toutes les fissures qui auraient pu se produire, puis on chauffe très légèrement le moufle, et on le badigeonne intérieurement avec un lait de chaux. Le moufle ne tarde pas à être sec, et on le remplit avec les décors à cuire en se servant du système dit en « chapelle », à l'aide de piliers et des plaques trouées formant des lits.

Lorsque le moufle est presque plein, on dispose les deux ou trois parties de porte, laissant le dernier panneau ou morceau supérieur à mettre ultérieurement ; on monte la contre-porte à même hauteur que la base de ce panneau supérieur, puis on fait un petit feu très doux.

C'est ce qu'on appelle faire l'évaporation. Les essences, mixtions etc., s'évaporent, et leurs vapeurs s'échappent

par le ou les tuyaux d'évaporation et par la porte qui n'est pas close à la partie supérieure. Quand l'évaporation est terminée, on place le dernier morceau de la porte, qu'on lutte parfaitement, comme pour les autres panneaux d'ailleurs ; on monte la contre-porte et on active le feu.

On se sert généralement de bois fendu. Peu à peu la température monte ; alors, quand le moufle a « pointé », c'est-à-dire lorsque la paroi du fond est au rouge très sombre, on bouche le tuyau de regard de la porte à l'aide d'un verre blanc ou d'un mica. On active le feu en chargeant le foyer assez souvent, et bientôt le moufle arrive presque à son point de cuisson. On juge de ce point par la teinte que prend l'intérieur du moufle (et certaines couleurs) A ce moment, on enlève le feu et on « débraise » en mettant le débraisage dans un étouffoir métallique. La température du moufle remonte encore un peu, puis on laisse refroidir. La cuisson des moufles de dimensions courantes demande cinq à six heures environ.

*Cuisson au charbon.* — On opère comme il vient d'être dit jusqu'à la mise en feu. Pour faire l'évaporation, on bouche complètement la porte et la contre-porte en laissant ouvert le ou les tuyaux de la porte. On chauffe très peu jusqu'à ce que l'évaporation soit terminée ; celle-ci se fait par les courants d'air provoqués par les tubes d'air de la sole, les tuyaux de la porte et les trois tuyaux d'évaporation qui surmontent le moufle. Ensuite, on chauffe plus fort en faisant un feu le plus oxydant possible et en employant une houille assez longue de flamme.

On arrête le feu comme dans les moufles au bois.

La conduite de ces moufles est plus délicate qu'au bois et demande beaucoup de soin pour réussir sans altérer les couleurs plombifères.

## CHAPITRE XXIII

### Cuisson des porcelaines et des grès — Action de la chaleur sur les pâtes et couvertes — Principes de la cuisson.

La cuisson de la porcelaine et des grès fins est une opération industrielle des plus complexes, partant de là, des plus délicates et des plus difficiles à réussir.

Elle comporte deux opérations principales :

1°) La cuisson proprement dite, qui s'effectue dans le four proprement dit ou « laboratoire » (température finale : 1.280° C, à 1.400° C)

2°) Le dégourdi, qui s'effectue dans la partie supérieure (ou étage) d'un four ordinaire, partie que l'on appelle « globe » en raison de la forme de sa voûte (température 800° environ).

*Principales variables de la cuisson.* — Les principales variables de la cuisson sont :

Températures ;

Atmosphères ou gaz des fours ;

Dépressions ou tirages des fours ;

Durée ou temps de chaque phase de la cuisson ;

Combustibles employés ;

Matières premières des pâtes et couvertes ;

Enfournements ;

Circonstances atmosphériques ;

Matériel de gazetterie ;

Conduite du feu.

*Température.* — L'action de la chaleur considérée seule sur les pâtes et couvertes peut se résumer ainsi :

*Action de la chaleur sur les pâtes.* — Constituants entrant ou pouvant entrer dans la composition des pâtes : argiles

plus ou moins halloysitiques, kaolins, sables, pegmatites, feldspaths, carbonate de calcium (marne blanche, calcaire broyé, marbre blanc broyé).

De 15° à 170°, l'eau hygrométrique se dégage.

De 200° à 800°, l'eau combinée de l'halloysite et des hydrates se dégage.

De 400° à 800°, départ de l'eau combinée des argiles et des kaolins et d'une bonne partie du CO<sub>2</sub> du carbonate de calcium.

De 800° à 1.000°, départ du reste de l'eau combinée des micas potassiques contenus dans nombre de kaolins employés. Décomposition avancée, bien qu'incomplète, des sulfates : eaux employées, plâtre provenant des moules sulfate de calcium produit au globe par le gaz sulfureux SO<sub>2</sub> provenant des pyrites et du soufre nuisible des charbons (SO<sub>2</sub>+O+ corps poreux=SO<sub>3</sub>), (SO<sub>3</sub>+CaO=CaSO<sub>4</sub>).

De 1.000° à 1.200°, contraction de la masse, commencement du retrait de cuisson. Décomposition presque totale des sulfates.

De 1.200° à fin de cuisson, action progressive des fondants (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, CaO), des feldspaths, pegmatites et de la CaO provenant du CaCO<sub>3</sub>, pour obtenir finalement le corps de pâte vitrifié et translucide.

Cette vitrification s'accompagne, en fin de cuisson, de la formation de silicates d'alumine cristallisés, principalement du monosilicate Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si O<sub>2</sub> ou sillimanite.

*Action de la chaleur sur la couverte.* — 1° couverte feldspathique. — L'action de la chaleur seule est la même que sur la pâte en ce qui concerne les hydrates (silice hydratée produite en petite quantité par le broyage prolongé et intensif des couvertes lors de leur fabrication). Mêmes actions que sur les pâtes en ce qui concerne la petite quantité (2 à 3%) de kaolin qu'elles contiennent, ainsi que sur la très

faible quantité de carbonate de calcium qu'elles renferment dans nombre d'échantillons.

2° Couvertes calciques. — S'il s'agit de couvertes calciques genre couvertes chinoises, ces couvertes se comportent comme il a été dit pour les pâtes, et ce jusqu'à leur point de fusion (ces couvertes contiennent les mêmes constituants que les pâtes calciques, avec une plus forte proportion de carbonate de calcium).

Vers 1.250°, la couverte, qui est très finement broyée à l'eau, fondra rapidement et recouvrira la pâte d'une couche vitreuse imperméable aux gaz.

Jusqu'à la fin de la cuisson, la couverte réagira par ses bases sur le corps de pâte qui lui sert de support. Finalement, il peut y avoir un peu d'alcalis volatilisés (K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O.)

Observation — Avec les couvertes calciques, l'action de la chaleur est aussi complexe que pour les pâtes, avec cette différence que les réactions provoquant des dégagements gazeux devront être terminées avant le ramollissement ou « grippage » de ces couvertes pour éviter la production de bulles (ou grésil).

*Action des divers feux sur les matières premières.* — Feu oxydant. — Presque toutes les matières premières contiennent un peu d'oxyde de fer et de l'acide titanique ou du titanate de fer (argiles et kaolins notamment).

Si, pendant toute la cuisson, on cuisait en feu oxydant, l'oxyde de fer resterait ou passerait entièrement à l'état de sel ferrique et donnerait à la porcelaine une teinte jaune roux (litanate ferrique). Défaut connu sous le nom de « jaune » (porcelaine de rebut).

D'autre part, en cuisant en oxydant, la progression des températures serait trop rapide, les dégagements gazeux signalés plus hauts (action de la chaleur seule sur les pâtes) n'auraient pas le temps de se produire avant la vitrification

de la couverte, d'où soufflures ou bouillons produits par ces dégagements gazeux à travers la couverte fondue, et même éclatement du corps de pâte (porcelaine sans valeur).

De plus dans les fours ordinaires, l'équilibre de température n'aurait pas le temps de s'établir; le matériel de cuisson ou gazetterie serait fondu ou détruit au voisinage des foyers, alors que la porcelaine ne serait pas cuite dans les pieds de files et dans le centre des fours.

Donc, une cuisson faite complètement en feu oxydant serait un désastre complet.

Remarquons toutefois que semblables cuissons en oxydant, conduites dans certaines conditions, sont employées pour cuire des, « biscuits » et pour la cuisson de couvertes bleu de grand feu posées sur porcelaines préalablement cuites une première fois en blanc, porcelaines pour lesquelles l'action des gaz de four ne se pose plus, sauf pour la réusite de la couverte cobaltique, qui demande un feu légèrement oxydant.

*Feu réducteur.* — Pour éviter les graves inconvénients d'une cuisson oxydante dans certaines périodes ou phases de la cuisson, il suffit de faire un feu réducteur dans ces mêmes périodes ou phases.

Le feu réducteur aura pour effet de maintenir le fer à l'état de composés ferreux ou de réduire les composés ferriques à l'état de composés ferreux. Le « jaune » sera ainsi évité. Les composés ferreux donnent une teinte vert bleu pâle qui corrige la teinte légèrement crème qu'aurait la porcelaine en fin de cuisson. De même, la progression de la température sera moins rapide qu'en feu oxydant, et, par suite on évitera le « bouillon » et les autres accidents signalés plus haut à propos du feu oxydant.

Toutefois, il importe de remarquer que le feu réducteur peut aussi produire de très graves défauts dans certaines phases de la cuisson.

En effet, le feu réducteur est caractérisé par une proportion très notable d'oxyde de carbone CO. D'après les travaux d'O. Boudouard, qui, de son vivant, était titulaire de la chaire de Céramique au Conservatoire National des Arts et Métiers de Paris, l'oxyde de carbone se dissocie surtout de 400° à 800°.

Cette dissociation se fait donc avec un dépôt de carbone chimique qu'il est ensuite très difficile de réoxyder ou brûler. Si le feu est très réducteur, ce carbone chimique se dépose et imprègne profondément le corps de pâte qui est poreux et il se produit le très grave défaut connu sous le nom de noir (porcelaine noire surtout vers les bords des pièces); souvent même, avec des pâtes ou des dégourdis ainsi « empoisonnés » par le carbone chimique déposé dans la masse des pièces, il y aura production du défaut connu sous le nom de tombage.

Le « tombage » est dû à la combustion interne du carbone chimique déposé dans la pâte lors de la reprise d'un feu oxydant; ce carbone chimique brûlant alors avec de l'air porté à 1.000° produit une température telle que les pièces se déforment, « tombent ». C'est d'ailleurs ce qui se produit souvent lors de la cuisson des corps poreux céramiques obtenus par cuisson oxydante d'argiles ou de pâtes mélangées avec de la sciure de bois, ou mieux avec de la braise, ou du charbon de bois ou du coke pulvérisés.

Il importe donc d'éviter la production d'oxyde de carbone entre les limites de températures où ce gaz se dissocie facilement, c'est-à-dire entre 400° et 800° tant dans les atmosphères de fours que dans celles de globes (noir de four, noir de globe)

L'excès de carbure d'hydrogène peut aussi produire les défauts de gris et de noir.

Dans la cuisson au gaz, ou dans la cuisson au bois, on peut obtenir des atmosphères de four de composition presque constante : oxydantes, neutres ou réductrices.

Par contre, dans les fours ordinaires chauffés à la houille, les atmosphères sont très variables ; au moment où l'on charge les foyers ou « alandiers » le feu est très réducteur puis, au bout d'un certain temps, le feu devient neutre, et enfin, si l'on ne charge pas à nouveau les « alandiers » en temps utile, le feu deviendra oxydant. Par suite, dans ce genre de fours, on obtiendra une série de réductions et d'oxydations, et nous dirons que le feu est oxydant quand la balance des réductions et des oxydations est en faveur des oxydations et que le feu est réducteur dans le cas inverse.

*Dépression ou tirage des fours.* — Le tirage des fours est fonction de plusieurs variables : les unes dépendent du four les autres des combustibles et de la conduite du feu, d'autres enfin, dépendent des températures des fours des circonstances atmosphériques, des enfournements, etc.

Les variables qui dépendent des fours, ou plutôt de leur genre de construction ou "type" sont : la nature des fours (à flamme directe, à flamme renversée) ; le nombre et la nature des foyers, la surface des grilles, les espacements ou vides entre les barreaux qui constituent les grilles, les dimensions des fours (hauteur, diamètre, section et nombre des carneaux et cheminées, prises d'air etc...)

Les variables qui dépendent de la conduite de la cuisson sont le plus ou moins de fréquence des charges, les piquages de grilles, les décrassages, égalisages, les manœuvres diverses effectuées à l'aide des prises d'air (ventouses, registres, clapets, etc...)

Sous le rapport combustible, les variables sont la nature des combustibles ; la teneur en matières volatiles, l'état physique (criblage), la teneur en cendres, etc.

Variables dépendant des circonstances atmosphériques température ambiante, pression atmosphérique, état hygrométrique, vents, brouillards, orages, etc.

Variables dépendant des enfournements ; enfournements plus ou moins serrés, files montées plus ou moins près des voûtes, hauteur des « savons » dans les fours à flamme renversée, c'est-à-dire vides entre les « files » et la « sole » des fours de ce genre, grosseur et poids des « files » etc.

*Variable dépendant des températures.* — Elle est la principale ; les autres variables que nous venons d'indiquer ne font qu'influencer plus ou moins le tirage, alors que l'élévation des températures est la cause principale du tirage des fours.

En effet, la densité d'un mélange gazeux diminue au fur et à mesure que sa température augmente (sous pression constante). Ainsi, à 0°, la densité d'un mélange gazeux étant représentée par 1, les densités de ce même mélange deviendront : 1/2 à 273° ; 1/3 à 546° ; 1/4 à 819° ; 1/5 à 1.092° ; 1/6 à 1.365° ; etc ...

Un litre d'air à 0° et à la pression de 760 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> de mercure pèse lgr 293 ; Ogr 430 à 546° Ogr. 322 à 819° ; Og 258 à 1.092° ; Ogr. 215 à 1.365° etc ..

Un four en activité, rempli de gaz chauds, peut donc être considéré comme une « montgolfière » ou ballon dont on ouvrirait la soupape de sûreté, laquelle soupape est constituée par la cheminée du four par laquelle « s'échappent les gaz chauds » qui se répandent ensuite dans l'atmosphère. La force ascensionnelle des gaz chauds sortant de la cheminée sera d'autant plus grande que ces gaz présenteront une plus grande différence de densité avec l'air ambiant ou atmosphérique. C'est-à-dire que le tirage sera d'autant plus grand que les gaz du four seront plus chauds, puisqu'e leur densité sera d'autant plus petite que

leur température sera plus élevée.

Cette augmentation du tirage en fonction directe avec les températures se vérifie et se constate parfaitement à l'aide des indicateurs de tirage.

M. W. E. Groume Grjmailo a traité cette question d'une façon magistrale, ainsi que beaucoup d'autres relatives aux fours industriels (Essai d'une théorie des fours à flammes 1914)

*Temps ou durée de chaque phase de la cuisson.* — L'action de la chaleur n'est pas instantanée. Les matières à chauffer et à cuire ont une faible conductibilité; elles représentent une masse considérable; de plus, il y a des réactions chimiques endothermiques à réaliser.

Il faut que la progression de température soit lente pour éviter divers accidents de cuisson, savoir.

1° / Au début pour éviter la rupture du matériel de gazetterie (perte de matériel et production de nombreux « grains » résultant de la rupture des gazettes sans compter le « gauche » etc.).

2° / de 400° à 1.000°, progression assez lente, pour permettre le dégagement complet des composés du soufre et du fluor qui accompagnent l'eau combinée des argiles, kaolins et micas, de l'anhydride carbonique du carbonate de calcium.

3° / Entre 1.000° et 1.150° assez lente pour permettre le dégagement de  $SO_3$ ,  $SO_2$ , O, provenant de la décomposition des sulfates, ainsi que de  $CO_2$  et de CO pouvant provenir de la combustion du carbone chimique ayant pu se déposer dans le corps de pâte.

Par contre, la période où se fait la glaçure ne doit pas être trop lente pour obtenir un beau glacé, car on sait que les matières vitreuses ont tendance à se dévitrifier lorsqu'elles sont maintenues longtemps à une tempéra-

re voisine de celle de leur fusion. C'est ce que les porcelainiers observent dans les fournées cuites trop lentement. Toutefois, il faut le temps nécessaire pour que les combinaisons chimiques provenant de la réaction des fondants des pâtes et couvertes sur les autres éléments de ces compositions puissent se produire, vitrifier la pâte et affiner la couverture et produire la cristallisation de la sillimanite et autres silicates encore plus alumineux.

Ce temps (ou durée) s'augmente avec l'épaisseur des porcelaines à cuire.

C'est pourquoi on peut taxer d'utopie l'idée de produire des vraies porcelaines dures par l'emploi de fours dans lesquels la période de feu serait réduite à moins d'une heure.

*Matériel de gazetterie.* — Le matériel de gazetterie a une très grande importance au point de vue de la réussite des pièces et du rendement ou capacité utile du four, et par suite, au point de vue du coût de la cuisson des pièces. Laissant cette question qui est du domaine de la fabrication proprement dite, nous allons examiner le matériel de gazetterie seulement au point de vue cuisson.

D'abord, si le matériel est bien réfractaire, on a toutes facilités pour cuire sans craindre le coupage ou tombage des files, surtout dans les « feux » c'est-à-dire au voisinage des « alandiers » et dans les parties chaudes du four lorsqu'on arrive à fin de cuisson.

Si le matériel, en plus de ces qualités réfractaires, est assez peu sensible aux changements brusques de température ce matériel se comportera d'une façon satisfaisante, sans se fendre pendant la période allant du début du feu jusqu'au rouge et ainsi pendant la période inverse, lors du refroidissement après cuisson.

D'autre part, lorsque le matériel est en dégourdi (gazettes, biscuit), il y aura, lors de la première cuisson de

ce matériel, des dégagements gazeux dus aux terres ou argiles réfractaires employées. Enfin les gazettes sont plus poreuses en dégourdi qu'en cuit. Dès lors on s'explique pourquoi certains défauts se constatent sur les pièces qui cuisent dans une gazette dégourdie, alors que ces défauts ne se produisent plus dans des gazettes ayant cuit au moins une fois, et pourquoi très souvent la porcelaine est d'autant plus belle qu'elle a cuit dans des gazettes ayant passé de nombreuses fois au four.

Enfin, puisque le matériel de gazerterie renferme les pièces à cuire, en même temps qu'il les supporte, les actions oxydantes et réductrices ne pourront agir sur les porcelaines en cours de cuisson que par osmose à travers les parois des gazettes.

De même les dégagements gazeux produits par ces pièces ne pourront s'évacuer qu'en passant à travers ce même matériel.

Les gazettes doivent donc posséder une certaine perméabilité aux gaz.

*Principes généraux de la cuisson.* — 1° — La combinaison des éléments des pâtes demande, outre une température voulue, un temps ou durée suffisante pour permettre la combinaison intime ou vitrification de la pâte. Ce temps ou durée nécessaire varie avec la finesse de moutures des sables, feldspaths et pegmatites employés et avec la proportion de « fondants » des pâtes feldspath et carbonates de calcium). Plus ces éléments sont fins ou en plus grande proportion, plus la combinaison s'effectue rapidement et à une température moins élevée ;

2° — Les éléments de la couverte, qui sont broyés très finement et qui forment une composition beaucoup plus fusible que la pâte, se combinent très rapidement dès leur point de fusion, et la couverte fondue enrobe (en cours de cuisson) la pâte qui lui sert de support.

La couverte fondue, véritable verre :

a. — S'oppose au passage des gaz du four et, par suite, à l'action de ces derniers sur la pâte en cours de cuisson.

b. — Si des produits gazeux quelconques veulent se dégager de la pâte en cours de cuisson, ces gaz, traversant la couverte fondue, peuvent la rendre bulleuse. Grésil, coque d'œuf (qui n'est qu'un grésil fondu), boutons, bouillons.

c. — Si le fer des pâtes en présence de l'acide titanique  $TiO_2$  contenu naturellement dans les argiles et kaolins se trouve à l'état ferrique (feu oxydant) au moment où la couverte a fondu, la porcelaine sera jaune roux, par contre, si, à ce même moment, le fer est à l'état ferreux (feu réducteur), la porcelaine sera blanche ;

d. — Si, au moment, de la fusion de la couverte, la pâte renferme trop de carbone chimique provenant soit de la dissociation de l'oxyde de carbone au dessous de  $1000^\circ$  soit par des hydrocarbures très carburés, ce carbone chimique, déposé dans la pâte et la couverte, pourra donner des dépôts noirs ou gris (noir de four, noir de globe).

3° . — *Cuisson rationnelle et théorique de la porcelaine dure ( $1.400^\circ C$ )*, Supposons que nous possédions un four de petite capacité, 1 mètre cube par exemple, et que nous puissions réaliser dans toutes les parties de ce four et à chaque instant une égalité absolue de température et de composition d'atmosphère, depuis l'allumage jusqu'à l'extinction de ce four idéal. La conduite du feu de ce four pourrait se résumer ainsi :

a) Petit feu. — De l'allumage à  $1.000^\circ$ , feu oxydant, allure lente pour permettre le dégagement des eaux hygrométriques et combinées des produits, le dégagement des composés du soufre et du fluor, de l'anhydride carbonique, etc. Feu oxydant pour éviter la production de CO et par suite

sa dissociation (qui donnerait du carbone chimique).

b) Grand feu.— De 1.000° à 1.250, neutre, puis un peu réducteur, puis franchement réducteur vers 1.200° à 1.250° (pour éviter le « jaune »); de 1250° à 1280°, feu réducteur (maximum de réduction): de 1.280° à 1.330°, feu de moins en moins réducteur; de 1.330° à 1.375°, fin de cuisson, feu légèrement oxydant (vitrification de la pâte, affinage de la couverte ou glaçure),

D'après les derniers travaux de M. A. A. Klein (traduction de M. A. Granger, la Céramique et la Vererie, Novembre 1925), les réactions et les changements d'état des constituants des pâtes à porcelaines seraient les suivants d'après les examens micrographiques;

1.200°.— Feldspath fondu. aucune dissociation apparente du kaolin déshydraté, pas de dissolution du quartz libre.

1.225°.— Comme ci-dessus, mais légère dissociation du kaolin avec formation de sillimanite amorphe.

1.250°.— Comme ci-dessus, mais dissociation plus avancée du kaolin.

1.275°.— Comme ci-dessus, mais dissociation presque complète du kaolin et traces de cristallisation de la sillimanite.

1.300°.— Comme ci-dessus.

1.325°.— Dissociation complète du kaolin, augmentation de la cristallisation de la sillimanite, la sillimanite amorphe restant prédominante; faible dissolution du quartz.

1.350°.— Comme ci-dessus, les quantités de sillimanite

cristallisée et amorphe étant à peu près égales; la dissolution du quartz augmente.

1.375°.— Comme ci-dessus, la sillimanite cristallisée est prédominante; le quartz se dissout de plus en plus.

1.400°.— Comme ci-dessus, la sillimanite est presque toute cristallisée, et la dissolution du quartz complète.

1.425°.— feldspath fondu et le quartz totalement dissous forment un verre contenant la sillimanite cristallisée en aiguilles microscopiques.

C'est ce qui explique les changements d'aspect des montres ou épreuves tirées des fours en cuisson au cours des dernières heures de chauffe et marque aussi la supériorité des porcelaines cuites à hautes températures (porcelaines dures), Copenhague notamment.

Si nous remarquons que la sillimanite,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , est extrêmement réfractaire, on peut penser que c'est à cette propriété et à la formation cristalline de la sillimanite que les pâtes à porcelaines peuvent arriver à finir de cuire sans trop se déformer. La dissolution du quartz à fin de feu achève de donner les qualités à la pâte et assure le bon accord de dilatation entre la pâte cuite à fond et sa couverte.

C'est probablement la formation de sillimanite dans la première cuisson à 1.400° qui explique la plus grande tenue au feu des pâtes céramiques, argiles, kaolins, etc..., ayant cuit une première fois.

En fin de compte, la cuisson de la porcelaine pourrait être considérée comme une synthèse de sillimanite au sein d'un verre silico-alumineux. (Figure 48).

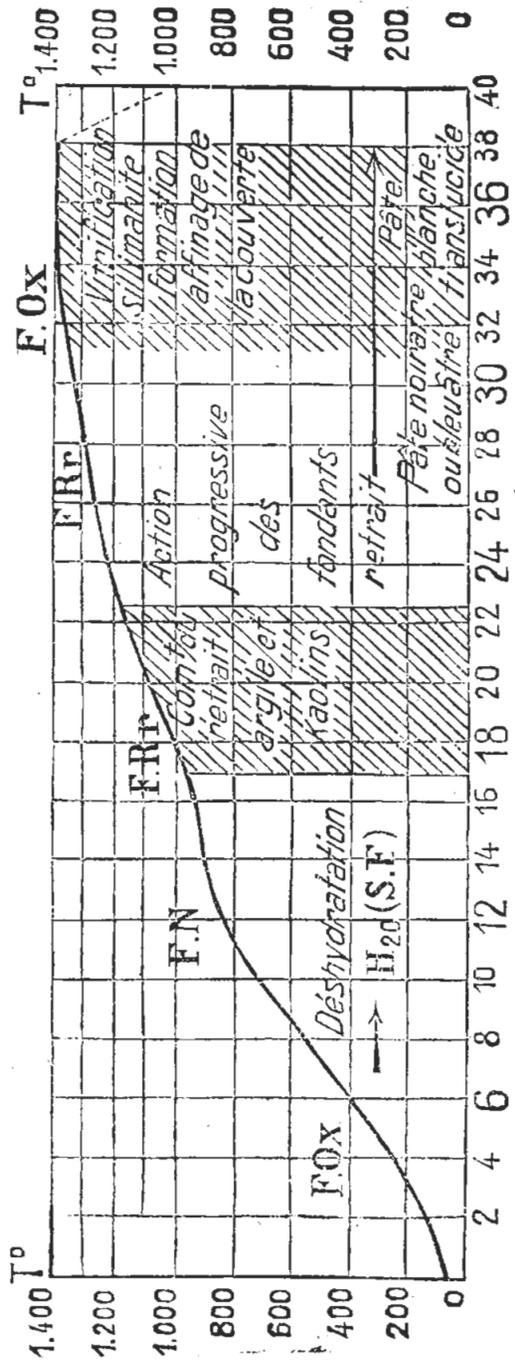


Fig. 48

Fig. 48 - Diagramme de cuisson d'une pâte à porcelaine dure. Les températures en degrés centigrade sont indiquées de 0 à 1.400° C. (verticalement) Le temps de cuisson est indiqué en heures de 0 à 40 heures sur la ligne horizontale.

### CHAPITRE XXIV

**Matériel d'encastage — Divers genres de gazettes Terres réfractaires d'Indochine pour gazettes et briques de fours.**

*Cuisson.* — La cuisson des produits céramiques s'effectue de diverses façons :

1° Les produits eux-mêmes peuvent servir de " foyers " c'est-à-dire être en contact direct avec les combustibles employés ; cuisson des briques par la méthode wallone ; cuisson des briques à l'aide de tourbe (Aarnhem, Hollande) cuisson des briques et tuiles, etc . . . . , à l'aide des fours continus genre " Hoffman ".

Inconvénients de cette méthode : Détériorer les produits qui forment les " foyers " ainsi que les produits qui se trouvent dans leur voisinage immédiat ; scories, taches, déformations ; quelquefois même scorification des produits-surcuits, etc.

2° Enfournement en " capelle ", " chapelle " ou " échappade ". Dans ce système, les produits à cuire sont en fournés dans le four à l'aide de piliers et de plaques réfractaires formant une série d'étages sur lesquels les produits sont empilés suivant des règles précises et minutieuses.

Des " foyers " ou " alandiers " sont répartis sur la périphérie du four. Pour empêcher les " coups de feu " ou pour éviter les défauts résultant des scories dans le voisinage des foyers, on dispose des plaques réfractaires protectrices formant écran dites " contre-feux ".

Ce système est employé pour la cuisson des poteries communes, des grès cérames ; c'est aussi le même dispositif qui est employé sur les wagonnets des fours-tunnels cuisant à l'air chaud (four Dressler, faïences fines)

3° Pour soustraire complètement les produits aux actions nuisibles des scories et des gaz de fours, on emploie deux procédés :

A. Cuisson en moufle. — Décors, porcelaines sanitaires, majoliques, etc.

B. Cuisson en gazettes — Faïences fines et autres (lorsqu'on fait usage de combustible solide dans des fours intermittents) et surtout pour la cuisson des porcelaines.

Rôle des gazettes. — 1° Les gazettes ont pour rôle de soustraire les pièces à cuire qu'elles renferment à toutes les actions nuisibles des fumées et des scories provenant des « alandiers » et circulant dans tout l'intérieur du four pendant la cuisson.

2° Les gazettes jouent le rôle des piliers et des plaques réfractaires du système « chapelles », car par leur empilage, les gazettes permettent d'utiliser la capacité brute du four au mieux du rendement industriel.

3° Enfin, pour les poteries à pâtes vitreuses, facilement déformables en fin de cuisson, les gazettes deviennent indispensables pour supporter les parties sur lesquelles les pièces en cuisson reposent et empêcher ainsi les déformations de ces pièces.

En général, celles-ci reposent sur des parties dressées ou planes (fond dressé des gazettes ou sur des « rondeaux »).

Gazettes en usage pour cuire les porcelaines. — Les gazettes en usage pour la cuisson des porcelaines peuvent se classer en deux groupes, savoir :

- 1° Les gazettes dites de « plein fond ».
- 2° Les gazettes dites « à cul-de-lampe ».

Les gazettes plein fond sont surtout utilisées pour tous articles en « faïencerie et porcelaines tendres » et, seulement, pour la cuisson des pièces de porcelaines qui ne peuvent s'empiler, telles que théières, vases, pots, tasses, etc ; elles sont d'un emploi général pour le « dégourdi » des pièces (voir fig. 50).

Les gazettes à « cul-de-lampe » sont, au contraire, indispensables pour cuire toutes les pièces de porcelaines qui

peuvent s'empiler telles que : assiettes, plats, saladier, soucoupes, etc.

Rondeaux Plaques, pernettes pattes de cōq. etc. — Les rondeaux et les plaques sont les accessoires des gazettes de plein fond et à cul-de-lampe utilisées pour cuire les porcelaines.

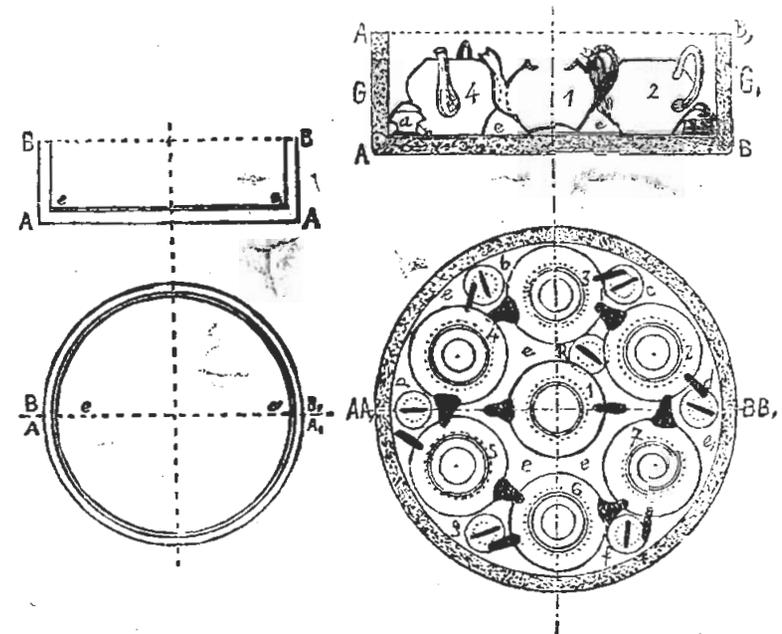
Les gazettes de plein fond ou à cul-de-lampe comportent ou ne comportent pas de rondeaux ; d'où gazettes dites avec rondeau et gazettes dites sans rondeau.

Une gazette de plein fond est un étui réfractaire formé de deux parties, savoir : le cerce, partie verticale ; le fond ou plein fond, partie horizontale.

En plan, les gazettes de plein fond ont diverses formes : circulaires, elliptiques, ovales, oblongues, carrées, rectangulaires, suivant leur emploi ou destination.

Gazette de plein fond avec rondeau. — Cette gazette avec rondeau a généralement un vide au centre du fond. Ce dernier reçoit un rondeau (ou plaque réfractaire) dressé, plan qui supporte les pièces à cuire.

Gazette de plein fond sans rondeau. — Dans ce genre c'est le fond même de la gazette qui supporte les pièces à cuire. Ce fond est parfaitement dressé, (figure 49).



g.Fi 49 — Gazette de plein fond

Fig. 50 — Encastage de théières

Souvent pour les grandes gazettes le fond porte un vide calibré vers le centre, vide dans lequel on met un petit rondeau. Les gazettes de plein fond sans rondeau sont les plus employées en Indochine.

*Gazette à cul-de-lampe.* — Une gazette à cul-de-lampe est un étui réfractaire qui est formé de deux parties savoir :

Le cerce ou partie verticale ; le cul-de-lampe qui affecte une forme concave, forme qui varie essentiellement avec la forme et la grandeur de la pièce que l'on se propose de cuire dans cette gazette.

a) avec rondeau ; le rondeau est supporté par le fond du "cul-de-lampe" et reçoit la pièce à cuire (fig 51).

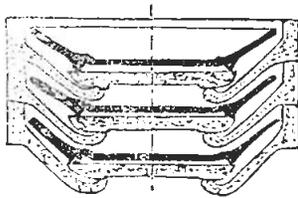


Fig. 51. — Encastage d'assiettes dans des gazettes à culs de lampe avec rondeau.

b) sans rondeau ; c'est le fond du "cul-de-lampe" fond parfaitement dressé. qui reçoit la pièce à cuire (fig. 52)

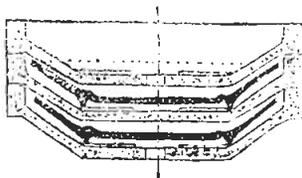


Fig. 52 — Encastage d'assiettes dans des gazettes à culs de lampe sans rondeau.

*Conditions générales que doit remplir un bon système d'encastage.* — Le matériel de cuisson (ou gazetterie) pour les produits céramiques fins (faïences et porcelaines) est le

facteur le plus important au point de vue du rendement industriel d'une manufacture.

En effet, il ne suffit pas d'avoir de bonnes pâtes et de bonnes couvertes, d'obtenir un bon façonnage, de cuire suivant toutes les règles de l'art pour éviter les défauts de cuisson. Il faut aussi que les produits cuits ne soient pas perdus ou dépréciés par le fait de défauts tels que : gauches, collages, grains, provenant d'un mauvais matériel de gazetterie employé pour la cuisson des produits

Nous devons donc étudier avec la plus grande attention le matériel de gazetterie puisque son rôle est de toute première importance et qu'il est le critérium de la réussite.

*Conditions à réaliser.* — 1° Les gazettes doivent résister au feu, c'est-à-dire supporter sans déformations notables la température maximum de la cuisson normale du produit qu'elles doivent renfermer lors de la cuisson.

2° Avoir un point de fusion ou de déformation notablement plus élevé que la température maximum ci-dessus afin de pouvoir résister, même dans les feux, à l'écrasement que pourrait produire (avec un mauvais matériel) la charge ou poids supporté par les cerces des gazettes ou la déformation des fonds et culs-de-lampe des gazettes, toutes choses qui entraînent la perte complète du matériel et des produits qu'elles contiennent («tompage» ou «coupage» des «files»).

3° Avoir des cerces dont la hauteur soit aussi petite que possible afin d'obtenir le maximum de rendement en augmentant la densité de l'enfournement.

4° Les gazettes doivent être d'une manipulation facile.

5° Les gazettes doivent être élastiques, poreuses, et subir les changements brusques de température sans se briser. Leurs dimensions doivent être invariables à partir de la première cuisson (ni retraits, ni gonflement).

Les gazettes doivent être assez poreuses pour éviter les

accidents dus à la condensation de vapeur d'eau et aussi pour permettre aux gaz des fours de produire leurs actions oxydantes ou réductrices suivant les phases de la cuisson.

*Plaques, supports.* — Lorsqu'une pièce à bord mince doit cuire sur ce bord, il est indispensable, pour obtenir cette pièce non déformée, de faciliter le retrait régulier du bord de cette pièce en adjoignant au bord une plaque ou un support fait avec la même pâte et par le même procédé de façonnage que la pièce elle-même, de façon à se trouver en présence des mêmes retraits pendant le séchage et la cuisson. La plaque ou le support doivent pouvoir se détacher facilement de la pièce cuite (engommage ou terrage) et sans détériorer cette pièce.

La plaque ou le support devront avoir une épaisseur suffisante pour entraîner le retrait de la pièce supportée sans se rompre.

Les supports sont tournés, moulés ou coulés, suivant le mode de façonnage employé pour la production des pièces à supporter. En général ces supports sont épais.

Exemple : Supports pour la cuisson des jattes, vases, assiettes à pied « jambes minces » (figure 53).

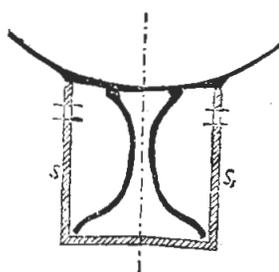


Fig. 53 — Support pour cuisson d'un pied de coupe

*Engommage. terrage. sablage.* — Pour cuire les porcelaines dans les gazettes, il faut non seulement que la couverte (ou émail) soit parfaitement enlevée sur toutes les parties sur

lesquelles les pièces doivent reposer pendant la cuisson, mais il faut aussi que les fonds des gazettes, les rondeaux ou plaques réfractaires soient parfaitement dressés pour obtenir des pièces non déformées. Pour réaliser cette condition de rectitude des fonds, rondeaux et plaques, il y a plusieurs procédés employés,

a) Le premier procédé consiste à dresser ces parties en se servant de meules en matières dures telles que sable quartzeux, corindon, carborundum. C'est la méthode en usage à Sèvres, méthode dont l'emploi est facilité par une composition spéciale des terres à gazettes et à rondeaux de notre Manufacture Nationale.

b) Le deuxième procédé, qui est le plus employé, consiste à rapporter sur le fond brut de la gazette sans rondeau (ou sur le rondeau) à "dresser", une composition pâteuse constituée par un mélange de terres réfractaires et de "ciment" ou "chamotte" broyés et tamisés ; cette composition rendue pâteuse par addition d'eau doit donner une pâte maigre, très maigre même, ne prenant pas de retrait au séchage, ne retraitant pas ni ne gonflant pas non plus lors de la cuisson ou par les cuissons successives que supportera la gazette ou le rondeau,

Ces compositions spéciales prennent le nom de terrage ou engommage. L'engommage est dressé en cru soit à l'aide de calibres, soit à l'aide de tournasins montés sur un bras de levier dit « bascule », soit en se servant d'un marbre de fonte en ce qui concerne les rondeaux et les plaques réfractaires.

*Sablage.* — Il ne suffit pas de « broser » parfaitement les pieds des pièces à cuire pour enlever toute trace de couverte fusible ou « émail », il faut aussi empêcher le « collage » de ces pieds sur la partie réfractaire qui leur sert de support pendant la cuisson.

De même il faut aussi, et à plus forte raison, isoler les parties des pâtes devant cuire l'une sur l'autre, supports, plaques, couvercles, tasses minces, etc...

Pour les gazettes et ronds, on se sert de sable quartzeux, d'alumine en suspension dans une émulsion gélatineuse de goémons ; pour les pièces, on se sert aujourd'hui d'alumine calcinée mélangée à des émulsions de dextrine (glycérinées ou non, suivant les cas).

*Terres réfractaires* — Dans la confection des gazettes; nous avons vu qu'il fallait réaliser diverses conditions en vue d'obtenir la réfractarité, la résistance mécanique et une certaine porosité. La question des matières premières employées est donc là aussi d'une importance capitale.

*Terres réfractaires siliceuses.* — En Indochine, on utilise surtout les terres réfractaires siliceuses pour confectionner les gazettes à grès et à porcelaines. Ce sont des argiles qui contiennent à l'état naturel une forte proportion de sable quartzeux. Elles sont employées par les fabriques de Mon-cay, Thanh-Tri, Haiphong, Kiên-An, Cholon etc...

Voici l'analyse d'une de ces terres réfractaires cuites.

Terre extra siliceuse de la vallée du Song-Cau (par Pic).

Silice sableuse . . . . .	75 %
Silice combinée . . . . .	13,10 %
Alumine . . . . .	9 20 —
Oxyde de fer . . . . .	0 80 —
Chaux . . . . .	0 23 —
Magnésie. . . . .	0,34 —
Acide titanique. . . . .	0 75 —
Alcalis . . . . .	0,57 —
Perte au feu. . . . .	0,00 —
Non dosé et pertes . . . . .	0,01 —

Point de fusion : 1.719° C

Ces argiles quartzeuses sont très réfractaires mais elles ont le défaut de se fissurer sous l'action du gonflement des grains de quartz (variations allotropiques de la silice). Elles sont extrêmement répandues en Indochine, et on en trouve dans tous les gisements d'argiles blanches, en bancs plus ou moins épais alternant avec des bancs non sableux. En Cochinchine, on les exploite à Thu Duc, près de Bienhoà, et aux environs de Thu-dâu-Môt. Au Tonkin, on en trouve près de Yên-Láp, à Trang - Bach et à Dap - Cau où elles sont utilisées pour la fabrication d'excellentes briques réfractaires pour foyers de chaudières et construction de fours. Dans ces mêmes régions, l'industrie des produits réfractaires exploite également certains bancs de grès très quartzeux pour servir de chamotte siliceuse dans les mêmes fabrications.

*Terres réfractaires alumineuses.* — Les terres réfractaires alumineuses sont beaucoup plus rares que les terres siliceuses. On n'en trouve guère que dans la région de Lang-son, où nous les avons découvertes avec Monsieur Rétif en 1924— Ces argiles font partie de sédiments tertiaires et constituent toute une gamme de produits plus ou moins basiques dont la composition se rapproche des bauxites pour les plus alumineux d'entr'eux et des latérites pour les plus ferrugineux.

Nous donnons ci-dessous l'analyse de deux terres réfractaires bauxitiques de Tam-Lung (Par les laboratoires de la Cie Mre et Métallurgique).

		Silice libre	7,25%		
		Silice combinée	29,75%		
N° 1	Silice totale	31,60%	N° 2	Alumine	43,78%
	Alumine	18,55%		Oxyde de fer	2,40%
	Oxyde de fer	5,51%		Chaux	0,31%
	Magnésie	traces		Magnésic	0,18%

L'essai pyrométrique de ces bauxites situe le point de fu-

sion entre 1.760° et 1.870° C. Cette matière se présente en roches dures et ne possède aucune plasticité, même broyée à l'eau. Nous l'utilisons comme terre à chamotte dans la fabrication de produits réfractaires extra-alumineux.

Nous avons trouvé dans le même bassin des terres moins compactes, susceptibles d'acquérir une certaine plasticité par broyage à sec suivi d'un trempage de longue durée.

Analyse d'une terre réfractaire alumineuse de Langson (Laboratoires de la Cie Minière et Métallurgique).

Silice totale . . . . .	42,80 %
Alumine . . . . .	39,02 %
Oxyde de fer . . . . .	5,36 %
Perte au feu . . . . .	13,50 %

Résistance au feu : 1.760° C.

A Dong-Dang, près la frontière de Chine, nous exploitons un important gisement de terre alumineuse que nous utilisons à Dap-cau dans la fabrication de nos produits réfractaires alumineux.

Monsieur Bernadet ancien élève de l'École de Vierzon, Directeur de la Manufacture de Porcelaines de Haiphong, a essayé cette terre au début de 1931 pour la confection de gazettes à porcelaines et elle a donné de bons résultats. Voici sa composition : Analyse de la terre alumineuse de Dong-Dang (par Pic)

Silice libre . . . . .	2,00 %
Silice combinée . . . . .	38,60 %
Alumine . . . . .	39,00 %
Oxyde de fer . . . . .	7,50 %
Perte au feu . . . . .	12,80 %

L'essai pyrométrique de cette terre situe son point de fusion à 1.770° C.

*Terres réfractaires silico-alumineuses.* — Ces terres ont une composition qui les rapproche des kaolins et halloysites.

Nous citerons les remarquables argiles silico-alumineuses de Binh-Thang (Province de Gia-Dinh) en Cochinchine, exploitées pour la fabrication de briques et pièces réfractaires.

Cette argile très plastique donne à l'analyse : (par Pic)

Silice libre . . . . .	29,00 %
Silice combinée . . . . .	37,00 %
Alumine . . . . .	21,10 %
Oxyde de fer . . . . .	1,90 %
Chaux . . . . .	0,21 %
Magnésie . . . . .	0,09 %
Alcalis . . . . .	0,36 %
Perte au feu . . . . .	8,70 %

Cette argile résiste à 1.680° C.

L'argile réfractaire plastique de Long-Buu, dans la même région, présente la composition suivante (analysée par Bodin à Paris, sur échantillon cuit) :

Silice totale . . . . .	73,50 %
Alumine . . . . .	21,70 %
Oxyde de fer . . . . .	4,30 %
Chaux . . . . .	0,70 %
Magnésie . . . . .	0,30 %
Alcalis . . . . .	1,30 %

Cette argile fond entre 1.690 et 1.710° C.

Elle a été utilisée comme argile à gazettes par l'École d'Art de Bienhoa pour cuisson de grès à la montre 9. *Briques réfractaires pour Construction de Fours.* — On trouve donc en Indochine toutes les variétés d'argiles réfractaires nécessaires à la construction des fours et à la confection des gazettes. Les briques réfractaires pour construction de fours et pièces de petites dimensions sont ordinairement fabriquées en réfractaire siliceux ou extra-siliceux. On réserve les qualités silico-alumineuses

pour les pièces réfractaires de grandes dimensions, qui seraient susceptibles de se fendre ou de se rompre par suite d'inégalités de chauffage (défaut de la grande dilatabilité du quartz avant d'atteindre la forme stable de la cristobalite), on emploiera de préférence les briques réfractaires alumineuses pour les alandiers, là où le charbon et les mâchefers sont en contact direct avec les parois chaudes du foyer. On évite de cette façon l'attaque trop rapide du matériau siliceux par les cendres très alcalines de charbons gras tels que celui de Tuyen-Quang. D'une façon générale, il faut se souvenir que moins la brique réfractaire contiendra de silice libre, plus difficile sera l'attaque chimique des bases (silicatisation). Les voûtes de fours pourront sans inconvénients être construites en briques réfractaires siliceuses et même extra-siliceuses.

Il n'en serait pas de même pour le nouveau système de voûte qui commence à se répandre dans l'industrie céramique et que l'on nomme « voûte suspendue ». Dans les « voûtes suspendues » les briques réfractaires travaillent mécaniquement à la traction, ce qui implique l'obligation d'utiliser des briques réfractaires alumineuses (à chamotte également alumineuse) et à l'exclusion de celles qui contiennent de la silice en grains.

En Indochine, on trouve dans l'industrie, fabriquées d'avance, toutes les briques réfractaires utiles pour la construction des fours céramiques, telles que: briques pour voûtes, « à couteau » « en coins » « radiales » pour cheminées et carreaux, carreaux pour soles, etc... L'usine de Dapcau s'est spécialisée dans ce genre de produits et fabrique sur commande toutes les pièces pour les fours céramiques, fours de verreries et fours métallurgiques.

## CHAPITRE XXV

**Matières premières céramiques d'Indochine — Argiles communes — Argiles blanches — Halloysites — Kaolins — Pegmatites — Feldspaths.**

*Argiles plastiques communes.* Les argiles plastiques plus ou moins colorées par des oxydes et hydrates de fer sont très nombreuses en Indochine. Elles constituent tout le Delta du Mékong et du Donai en Cochinchine et tout le Delta du Fleuve Rouge au Tonkin. Ces argiles sédimentaires ferrugineuses sont impropres à la fabrication des faïences, grès et porcelaines — Elles conviennent toutefois à la fabrication de poteries communes telles que jarres, marmites, vaisselle grossière, tuiles et briques de construction, avec un degré de cuisson convenable pour chaque genre de produit.

Il arrive parfois que ces argiles renferment naturellement en mélange le sable fin nécessaire comme dégraissant. Elles sont alors employées telles qu'on les extrait du sol.

Les argiles sédimentaires du Donai, entre Trian et Long-Báu, ainsi que celles de la Rivière de Saigon, entre Thudau-Môt et Saigon, sont employées à la fabrication de jarres et poteries notamment à Bienhoà — On les emploie également à la fabrication des tuiles et briques — Les argiles du Mékong sont relativement peu employées. — Celles de Kompong Chnang, au Cambodge, sont utilisées pour la fabrication de marmites renommées. L'une de ces terres analysée par Monsieur Dupouy a donné comme composition

### Argile de Kompong Chnang

Perte au feu :	8,2	} Essai pyrométrique fusion entre 1.310 et 1.350° C
Silice sableuse :	2,5	
Silice combinée :	50,6	
Alumine :	25,2	
Oxyde de fer :	7,6	
Chaux :	1,4	
Magnésie :	1,0	
Alcalis :	1,4	

Au Tonkin, les argiles alluvionnaires du Delta du Fleuve Rouge et du Sông-Cau sont extrêmement plastiques, ce qui est dû à la nature colloïdale de leur élément argileux.

D'après leur teneur en alumine, silice combinée et eau de combinaison, on doit les classer dans la catégorie d'argile dénommée " Montmorillonite ", par le savant minéralogiste Laeroix.

Les centres de fabrications céramiques exploitant ces argiles sont très nombreux : Dans la région du Song-Cau, on fabrique des jarres à Tho-Ha et à Phu-Lang, près de Bacninh. Dans la vallée du Fleuve Rouge, on fabrique des jarres, des marmites et des poteries diverses à Huong-Canh, près de Vinh-Yên, et des vaisselles grossières à Batrang, près de Hanoi.

Au Sud du Tonkin, dans la région de Thanhhoa, on compte également de très nombreuses poteries utilisant ces argiles plastiques plus ou moins ferrugineuses et fusibles.

*Argiles blanches d'Indochine.* — Les argiles blanches sont beaucoup plus rares que les argiles colorées par le fer — On trouve dans la région de Uong-Bi, au Tonkin des argiles noires très plastiques qui ne sont pas ferrugineuses et qui cuisent blanc.

On trouve également des argiles noires cuisant blanc dans la région de Binh-Thang, en Cochinchine — Ces argiles doivent ordinairement leur coloration foncée à une certaine proportion de matières organiques qu'elles contiennent.

Les argiles blanches de Dap-Cau (Tonkin) présentent la composition moyenne suivante : (par Pic).

Analyse d'une argile blanche de Dapcau

Silice totale :	65,10 %	} Essai pyrométrique fond entre 1.360 et 1.400° C.
Alumine :	22,06 %	
Oxyde de fer :	3,20 %	
Alcalis :	1,57 %	
Titane :	1,10 %	
Perte au feu :	6,43 %	

Les argiles blanches du Dong-Trieu (Tonkin) existent sur la rive gauche du Song-Tam-Bac depuis Dong-Trieu jusqu'à Yen-Lap — Elles ont une composition type qui peut être représentée par l'analyse suivante, se rapportant à l'argile blanche de Ho-lao, entre Trang-Bach et Uông-Bi

Argile blanche de Ho-lao (Dupouy)

Perte au feu :	4,8 %	} Essai pyrométrique : Fond entre 1350 et 1.400 C
Silice sableuse :	28,1 %	
Silice combinée :	11,2 %	
Alumine :	18,9 %	
Oxyde de fer :	0,5 %	
Alcalis :	2,2 %	

Cette argile est utilisée pour la fabrication de grès fins. et on l'emploie également pour certaines faïences dites "terre de pipe".

Dans le Sud-Annam, il existe à Dalat une remarquable argile blanche dont nous avons fait exécuter l'analyse par Monsieur Pic :

Argile blanche de Dalat :

Silice libre (sable très fin)	20,33 %
Silice combinée	36,67 %
Alumine	29,31 %
Oxyde de fer	1,75 %
Chaux	0,45 %
Magnésie	0,25 %
Acide titanique	1,31 %
Alcalis	1,60 %
Perte au feu	8,20 %

En raison de sa haute teneur en alumine et de son faible pourcentage de silice combinée, cette argile doit être classée dans la catégorie des argiles kaoliniques, non halloïtiques, parce que peu plastiques Elle se trouve en gisements importants au fond de certaines cuvettes et vallées du plateau du Lang-Biao, et convient à la fabrication d'une pâte à porcelaine de bonne qualité.

En Cochinchine, les argiles blanches les plus employées sont celles du plateau de Thu-Duc, qui donnent l'analyse moyenne suivante :

Argiles blanches de Thu-Duc

Silice totale . . . . .	72,70 %
Alumine . . . . .	19,77 %
Oxyde de fer . . . . .	2,83 %
Alcalis . . . . .	1,66 %

Ces argiles sont utilisées par les créamistes chinois de Cay-Mai — Cholon pour leurs productions ordinaires — Elles rentrent dans la composition de la pâte à grès de l'École d'Art de Bienhoà, en mélange avec un dégraissant composé de tesson de porcelaine — Au-dessous du commencement de vitrification, les argiles blanches de Thu-Duc cuisent crème — Vitrifiées elles sont de couleur gris bleuté. La température de cuisson qui convient le mieux à leur grésage est donnée par la montre 9 ce qui permet l'emploi des glaçures alcalino — calcaires ordinairement employées par les Chinois pour leurs grès.

Enfin, nous signalerons au Tonkin une remarquable argile schisteuse cuisant crème et se vitrifiant parfaitement à la montre 9. Analysée par Monsieur Pic, cette argile a donné la composition suivante :

Silice totale . . . . .	68,10 %
Alumine . . . . .	21,49 —
Oxyde de fer . . . . .	1,45 —
Chaux . . . . .	traces
Magnésie . . . . .	0,94 —
Acide titanique . . . . .	0,65 —
Alcalis . . . . .	1,48 —
Perte au feu . . . . .	5,80 —

Fusion à 1.545° centigrades

Cette remarquable argile a été découverte près de Kep par Monsieur Guilles-Desbuttes, Directeur de l'usine céramique de Dapcau. Nous l'employons pour la fabrication de poteries et carreaux en grès cérame.

*Halloysites.* — Au milieu des gisements kaoliniques, du Tonkin et du Sud-Annam, notamment à Dalat et à Ya Bac, on trouve fréquemment des filonnets d'halloysite extrêmement pure laquelle constitue une matière céramique de premier ordre.

Voici la façon dont s'exprime notre éminent Maître, Marc Larchevêque, au sujet de ces halloysites du Sud Annam :

« Broyée à sec, puis moulue à l'eau au cylindre Alsing pendant quatre à cinq heures, cette halloysite donne une barbotine légèrement crème — La barbotine desséchée, pulvérisée à sec, puis pétrie avec de l'eau, donne une pâte extrêmement plastique, se prêtant parfaitement au coulage avec emploi de réactifs composés de tannate et silicate de soude — Cette matière cuit très blanc, perd 14 % au feu, et devient translucide à la cuisson de porcelaine (montre 14) Une proportion de 8 à 12 % de cette halloysite dans un kaolin avec adjonction des proportions nécessaires de quartz et feldspath donnerait des porcelaines très belles ».

Les halloysites indochinoises se trouvent dans presque tous les gisements de kaolin sous forme de minces filons de remplissage déposés par les eaux.

La composition chimique de ces halloysites est en tous points semblable à celle de la kaolinite de Ngoi-Hop, au Tonkin, dont nous donnons l'analyse plus loin. Ces halloysites diffèrent physiquement de la kaolinite par leur compacité à l'état naturel et leur extrême plasticité à l'état de pâte. On peut donc voir là un cas très net de polymérisation colloïdale (1), et conclure à la même origine pour les deux produits dont l'un, formé sur place, (kaol-

(1) Nos élèves qui désirent étudier particulièrement cette question pourront consulter avec fruit l'ouvrage de Mr. Paul Pary sur "La Chimie des colloïdes" (Dunod 1929).

liuite) est à l'état cristalin et l'autre, (halloysite) déposé par les eaux selon un processus encore indéterminé est à l'état colloïdal.

**Kaolins.** — Les kaolins sont assez répandus sur le territoire Indochinois et c'est logique si l'on songe aux nombreuses et puissantes formations éruptives qui règnent du Sud au Nord de la péninsule. Les kaolins véritables, c'est-à-dire ceux dont la composition se rapproche de la formule théorique ( $2\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ont été formés par la décomposition d'une pegmatite à mica blanc dont certains épanchements ont traversé les gneiss de la rive gauche du Fleuve Rouge dans la région du moyen et haut Tonkin. On trouve les mêmes kaolins, en tous points assimilables au type minéralogique, dans le plateau éruptif du Lang-Bian, aux environs de Dalat et sur les contreforts du même massif, au niveau de la plaine.

C'est à tort que l'on a classé dans la catégorie des produits kaoliniques les argiles blanches du Dong-Trieu dont la composition chimique s'avère très différente de celle du bisilicate hydraté d'alumine. Ces produits argileux blancs correspondent plutôt à la formule de la « Montmorillonite » ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) et nous ne savons pas encore de quelles roches ils sont issus.

On les trouve en sédiments importants au pied de la chaîne de montagnes shisto-gréseuses qui s'étend depuis Moncay et le bassin houillier de Hôngay jusqu'à Sept Pagodes, Dapcau et Bac-Giang.

Monsieur Dupouy a analysé l'argile blanche improprement dénommée « argile kaolinique » de Port Wallut, (Quang-Yên) qui donne :

Perte au feu :	5,1 %	} Essai pyrométrique infusible à 1.350° C.
Silice libre :	3,7 %	
Silice combinée :	65,3 %	
Alumine :	20,7 %	
Oxyde de fer :	0,1 %	
Chaux :	0,9 %	
Magnésie :	0,2 %	
Alcalis :	1,6 %	

Cette analyse nous montre que l'argile en question est composée d'un silicate encore plus acide que la « Montmorillonite » laquelle donne théoriquement, d'après sa formule, 63,3% de silice combinée à 27,1 % d'alumine.

En revanche, il est intéressant de constater que l'argile de Ho-Lao, au Tonkin et celle de Dô-Len (frontière d'Annam) ont des compositions très voisines de celles de la Montmorillonite.

Les véritables kaolins indochinois sont de composition régulière et nous avons remarqué que ceux du Lang-Bian donnaient sensiblement la même analyse que ceux de la haute vallée du Fleuve Rouge au Tonkin.

Analyse du kaolin de Ngoi-Hop (Tonkin (par Pic)

Silice libre	(traces)	} Essai pyrométrique Fond entre 1.750 et 1780° C
Silice combinée	44,50 %	
Alumine	40,43 %	
Oxyde de fer	0,43 %	
Chaux	0,23 %	
Magnésie	0,36 %	
Alcalis	0,40 %	
Acide titanique	0,10 %	
Chlore	traces	
Perte au feu	14,00 %	

Ce kaolin très pur peut être dénommé kaolinite, parce qu'il correspond à la formule théorique de ce minéral. Il se trouve en poches assez volumineuses dans le gisement de Ngoi-Hop. La composition moyenne des autres gisements kaoliniques du Nord et du Sud de l'Indochine donne de 1 à 2% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et de 37 à 39% d' $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Tous ces kaolins constituent de bons produits marchands et certains d'entr'eux sont absolument remarquables.

Analyse du kaolin de Yénbay ( par Pic).

Silice libre . . . . .	5,80 %	} Essai pyrométrique Fond à 1.770° C
Silice combinée . . . . .	42,60 %	
Alumine . . . . .	36,46 %	
Oxyde de fer . . . . .	1,34 %	
Chaux . . . . .	0,29 %	
Magnésie . . . . .	0,39 %	
Alcalis . . . . .	0,90 %	
Acide titanique . . . . .	0,10 %	
Perte au feu . . . . .	11,90 %	

*Pegmatites.* — Les pegmatites qui ont donné naissance aux kaolins indochinois se trouvent au pied des massifs éruptifs, en filons de plus ou moins d'importance, encaissés dans les gneiss.

En général, la kaolinisation s'est effectuée aux endroits où ont eu lieu les plus puissantes précipitations atmosphériques (eaux de pluie chargées de gaz carbonique) et les feldspaths et pegmatites ne sont restés instacts que là où ils ont été moins exposés à ces agents de décomposition.

Les pegmatites de bonne qualité céramique abondent dans le Sud-Annam, et même dans le Centre-Annam où nous en avons trouvé de qualité supérieure aux environs de Lang-Cô. Une pegmatite de qualité moyenne existe aux environs de Krong Pha — Elle est malheureusement souillée par des pyrites de fer, ce qui nécessiterait un tri très soigné au moment de l'extraction. La présence de la moindre parcelle de pyrite (sulfure de fer  $Fe S_2$ ) dans une pâte à grès ou à porcelaine détermine en effet des accidents graves tels que taches ou trous dans les objets fabriqués.

La composition d'une pegmatite utilisable en céramique est donnée par l'analyse suivante effectuée par Monsieur Pic :

Pegmatite de Phanrang (Sud-Annam)

Silice totale . . . . .	74,90 %
Alumine . . . . .	16,80 —
Oxyde de fer . . . . .	1,90 —
Chaux . . . . .	0,48 —
Acide titanique . . . . .	0,15 —
Alcalis . . . . .	5,10 —
Perte au feu . . . . .	0,40 —

Cette pegmatite broyée et mélangée à 2 % de  $CaCO_3$  donne une excellente couverte pour grès cuisant à la montre 9. Les essais de cette pegmatite ont été exécutés à l'École d'Art de Bienhoà sous la direction de Madame Ballick, ancienne élève de l'École de Sèvres.

Nous avons d'autre part utilisé avec succès pour la fabrication de grès divers cuisant à la montre 9 certaines granulites "cornish-stones" que nous avons découvertes dans la même région.

Les feldspaths et pegmatites du Tonkin se trouvent sur la rive gauche du Fleuve Rouge et sur la rive droite du Song-Chay au pied des chaînes montagneuses parallèles à ces cours d'eau. Les seuls employables en céramique sont ceux qui ne sont pas pyriteux et ceux dont la teneur en  $Fe_2O_3$  et acide titanique ne dépasse pas 2 %. Ces bons feldspaths sont rares.

Voici les analyses de quelques uns d'entr'eux :

Analyse d'un feldspath du Haut-Tonkin (Urai-Hut)

(Minéralogiquement cette roche doit être dénommée mylonite).

Silice totale . . . . .	64,40 %
Alumine . . . . .	22,45 —
Oxyde de fer . . . . .	0,56 —
Chaux . . . . .	0,50 —
Acide titanique . . . . .	traces
Alcalis . . . . .	10,85 %
Perte au feu . . . . .	0,75 —

Analyse d'un autre feldspath de la même région :  
(Mylonite de Khé Sé).

Silice totale . . . . .	72,00 %.
Alumine . . . . .	17,60 —
Oxyde de fer . . . . .	0,70 —
Chaux . . . . .	1,00 —
Acide titanique . . . . .	0,05 —
Alcalis . . . . .	6,80 —
Perte au feu . . . . .	0,60 —

En 1931, nous avons découvert un remarquable gisement de feldspath albite dans la vallée du Song Chay au Tonkin :

Analyse de l'albite de Phu-Hiên (par Pic)

Silice totale . . . . .	64,50 %.
Alumine . . . . .	20,60 —
Oxyde de fer . . . . .	0,14 —
Chaux . . . . .	0,26 —
Magnésie . . . . .	0,16 —
Acide titanique . . . . .	0,00 —
Soude . . . . .	12,50 —
Perte au feu . . . . .	1,70 —
Non dosé et perte . . . . .	0,14 —

Point de fusion : 4.260° C.

Dans la vallée de la Haute Rivière Noire au Tonkin, on trouve également des feldspaths orthose très purs se rapprochant de la composition théorique, mais qui sont malheureusement éloignés de toutes voies de communications, ce qui en rendrait l'exploitation trop onéreuse.

Tous ces feldspaths et pegmatites conviennent à la fabrication de la porcelaine et nous avons réalisé des pâtes parfaitement translucides cuites à la montre 9 et à la

montre 10 avec les kaolins et feldspaths du Sud-Annam et du Tonkin (1).

---

(1) Dans un ouvrage en préparation qui sera intitulé "Matières premières céramiques de l'Indochine française" nous dresserons l'inventaire complet de toutes les argiles, kaolins et roches feldspathiques que nous connaissons en Indochine, où l'industrie céramique est appelée à un grand avenir, notamment au Tonkin. N. de l'A.

## Progression des cours pratiques d'atelier

*1ère leçon.* — Démonstration des inconvénients dus au retrait des argiles — Déformation, fissuration, rupture — Influence des divers dégraissants utilisés pour combattre les effets du retrait. Préparation d'une pâte.

*2è leçon.* — Généralités sur le moulage. Moulage à la main et à la croute. Les outils du modelleur et mouleur céramiste. Moulage des pièces pleines

*3è leçon.* — Modelage de panneaux pleins et creux — Collage des nervures à la barbotine (Les élèves doivent s'exercer chacun sur une pièce).

*4è leçon.* — Continuation et achèvement des pièces commencées au cours précédent — Finissage des produits (Noter les mieux réussis).

*5è leçon.* — Généralités sur le tournage — Les outils du tourneur céramiste — Démonstrations faites par le moniteur — Montage "au colombin".

*6è leçon.* — Exercices au tour, Battage de la pâte — Préparation des balles — Mise au rond de la balle. Tournage d'une forme cylindrique.

*7è leçon.* — Continuation des exercices précédents. Chaque élève essaiera de tourner une pièce facile, telle que soucoupe ou tasse (Il faut au moins deux années pleines d'apprentissage pour acquérir l'adresse nécessaire à la pratique du métier de tourneur.)

*8è leçon.* — Démonstration de tournage faite par le Moniteur — Outils du tournage. Exercices de tournage et caillitrage.

*9è leçon.* — Polissage des pièces. Garniture des pièces tournées — Collage à la barbotine. Soins à donner pour le séchage.

*10è leçon.* — Confection des moules en plâtre — Essai du plâtre — Modèles en terre et modèles en plâtre. Confection

des modèles — Enterrage du modèle. Savonnage — Entourage — Coulage du moule-mère.

*11è leçon.* — Finissage du moule-mère — Coulage du "noyau" ou moule à moule. Coulage des moules définitifs. Finissage des moules. Tenons, armatures, gorges. Séchage des moules.

*12è leçon.* — Estampage de pièces creuses au moule en plâtre (petits vases ou autres objets) Démoulage et finissage des pièces

*13è leçon.* — Moulage des pièces par coulage en barbotine. Confection d'une barbotine de coulage. Moule en plâtre pour coulage. Démonstration.

*14è leçon.* — Exercice de coulage en barbotine (tasse et soucoupe).

*15è leçon.* — Fabrication d'une couverte de faïence tendre. Dosage des éléments — Fusion au creuset (petit creuset d'essai chauffé au gaz d'essence) Broyage à l'eau de la couverte.

*16è leçon.* — Mise en glaçure "au trempé" Pose de la couverte par aspersion — Pose de la couverte au pinceau (sur dégourdi et sur cru).

*17è leçon.* — Décoration sur pâte crue sous couverte — Tracé du dessin — Décalcomanie (Chaque élève décorera une pièce).

*18è leçon.* — Continuation de l'exercice précédent — Mise en glaçure sur décor — Emploi du pulvérisateur.

*19è leçon.* — Décoration sur cru et dégourdi par couvertes colorées (émaux de grand feu montre 9) Tracé préliminaire — Pratique du procédé.

*20è leçon.* — Continuation de l'exercice précédent (chaque élève décorera une pièce).

*21è leçon.* — Fabrication des gazettes — Préparation d'une pâte à gazette avec chamotte — Confection au tour et au moule.

22<sup>e</sup> leçon. — Dressage et engommage des gazettes cuites — Encastage des produits en vue de la meilleure utilisation du volume intérieur des gazettes — Emploi des "colifichets" : pattes de coq, pernettes, etc. . .

23<sup>e</sup> leçon. — Enfournement des gazettes de grand feu. Disposition des files. Gazettes spéciales pour "feux". Pieds de files, savons.

24<sup>e</sup> leçon. — La cuisson - Petit feu — Importance d'un fort tirage de début pour l'élimination rapide des buées.

25<sup>e</sup> leçon. — Pratique de la conduite du grand feu — Le chauffage du globe ou chambre de dégourdi.

26<sup>e</sup> leçon. — Défournement. Triage. Meulage des grains.

27<sup>e</sup> leçon. — Décor de moufle — Application des couleurs de moufle sur couvertes cuites.

28<sup>e</sup> leçon. — Continuation de l'exercice précédent — Application d'ors mats et ors brillants. Filets.

29<sup>e</sup> leçon. — Enfournement d'un moufle. Chapelles, plaques, piliers.

30<sup>e</sup> leçon. — Cuisson d'un four à moufle.

### Note sur l'emploi du temps

La progression des leçons énumérées ci-dessus n'est donnée qu'à titre indicatif. En fait, les séances de façonnage et décor devront être aussi longues que possible (six heures par semaine au moins).

En conséquence, le professeur doit exiger de ses élèves qu'ils consacrent tout leur temps disponible aux travaux pratiques d'atelier en dehors des leçons régulières — Dans ce but, il autorisera en permanence le libre accès de l'atelier sous la responsabilité du maître-ouvrier moniteur.

Etant donnée l'impossibilité matérielle pour un seul moniteur de s'occuper de plus de douze élèves à la fois, on considérera ce nombre de douze élèves par classe comme un maximum.

### Fonctions du Maître-ouvrier moniteur

Le maître-ouvrier faisant fonction de moniteur sera un potier professionnel sachant très bien tourner. L'apprentissage du métier de potier demande plusieurs années, et il ne faut pas compter sur les élèves pour le façonnage au tour de vases ou autres pièces dont ils auront composé le dessin. En revanche, tous les travaux de décor et mise en glaçure ainsi que l'estampage au moule en plâtre seront exécutés par les élèves. Le maître-ouvrier n'interviendra que pour aider ceux-ci à couler leurs moules, encaster, enfourner et cuire.

C'est également le maître-ouvrier qui s'occupera du broyage des matières premières, préparation des pâtes, confection des gazettes, etc. Il sera responsable du bon entretien du matériel mécanique et responsable des combustibles et autres produits dont il aura la charge.

Les cuissons devront s'exécuter sous sa surveillance directe, de jour et de nuit.

Ce maître-ouvrier sera recruté autant que possible dans un établissement céramique moderne d'Indochine où il aura reçu la formation technique nécessaire sous la direction d'employeurs compétents.

Le laboratoire servant de salle de conférence et de démonstration pour les cours théoriques sera établi dans une pièce isolée, nettement séparée de l'atelier. En cas d'insuffisance de locaux, il pourra servir en même temps de magasin pour les matières premières et émaux ou de salle d'exposition pour les objets terminés. Cette salle sera pourvue d'un petit matériel de laboratoire : verrerie, tubes à essais, produits chimiques utilisés en céramique, mortiers, appareil de Schultze, balance de précision, trébuchet, petit four d'essai, etc.

## Matériel minimum de l'atelier

(Pour douze élèves)

- 1 four de un mètre cube chauffé au mazout ou au bois.
  - 1 jeu de bassins de lavage et décantation avec eau courante.
  - 1 bascule 100 kgs.
  - 1 broyeur machoires petit modèle.
  - 1 Jeu de cribles et tamis.
  - 1 broyeur Alsing petit modèle pour pâte
  - 1 broyeur à jarres pour couvertes
  - 1 petit filtre-presse avec sa pompe
  - 1 malaxeur ou batteuse de pâte
  - 3 tours de potier modèle chinois et accessoires
  - 6 tournettes avec établis et bancs
  - 12 jeu d'ébauchoirs, mi-ettes, et outils divers.
  - 1 lot de bassins en zinc et seaux pour gâchage du plâtre
  - 1 mouret à meule bois et meule carborundum
- Les étagères et rayons nécessaires pour le séchage des produits.

*Nota.* — La force motrice sera fournie par un moteur électrique de 3 C. V au moins.

## Récapitulation des chapitres

### CHIMIE ÉLÉMENTAIRE

(cours d'une heure au labora'oire)

- Chapitre I.* — Page 14 Corps simples et corps composés - Mélange et combinaison Synthèse et analyse
- Chapitre II.* - Page 15 L'oxygène — Les oxydes — Combustion. L'eau
- Chapitre III.* — Page 17 Métaux et métalloïdes. Les acides et les bases, Invariabilité des corps combinés.
- Chapitre IV.* - Page 20 Les atomes et les molécules — Notation symbolique — Poids atomique et poids moléculaire.
- Chapitre V.* - Page 23 Composés gazeux. Volume atomique des corps simples. Volume moléculaire des corps composés.
- Chapitre VI.* — Page 26 Valence des corps simples — Formules développées.
- Chapitre VII.* — Page 29 La silice et les silicates

### Technologie céramique

(Cours d'une heure au laboratoire)

- Chapitre I.* — Page 31 Définition de l'art céramique. Classification des produits céramiques.
- Chapitre II.* — Page 34 Matières premières des pâtes céramiques. Kaolins et argiles. Origine des kaolins et argiles.
- Chapitre III.* — Page 38 Etude de la plasticité des argiles et des pâtes. Rôle des col-

		Acides des argiles.
<i>Chapitre IV.</i>	Page 41	Etude du retrait de séchage des argiles et des pâtes. Rôle des dégraissants.
<i>Chapitre V.</i>	Page 45	Analyse des pâtes et argiles. Silice libre et silice combinée — Principes de l'analyse chimique
<i>Chapitre VI.</i>	Page 51	Classification des argiles d'après leur analyse chimique — Représentation graphique de Bertrand.
<i>Chapitre VII.</i>	Page 69	Réfractairité et fusibilité — Rôle des alcalis et de la silice libre — Essais de fusibilité.
<i>Chapitre VIII.</i>	Page 72	Composition des pâtes poreuses — Pâtes à terre cuite — Pâtes à faïences.
<i>Chapitre IX.</i>	Page 76	Les pâtes vitrifiées — Pâtes à grès communs. Pâtes à grès fins — Pâtes à porcelaines.
<i>Chapitre X.</i>	Page 84	Traitement des matières premières — Concassage et broyage. Appareils concasseurs et broyeurs.
<i>Chapitre XI.</i>	Page 92	Dosage des éléments des pâtes — Tamisage — Raffermissment des barbotines — Filtres-presses.
<i>Chapitre XII.</i>	Page 99	Préparation des barbotines de coulage. Formules employées.
<i>Chapitre XIII.</i>	Page 101	Engobes et couvertes. Vernis — Emaux — Couleurs sous couverte.

<i>Chapitre XIV.</i>	Page 103	Etude des matières premières des glaçures tendres et de grand feu. Fusibilité des glaçures.
<i>Chapitre XV.</i>	Page 107	Préparation des glaçures. Procédés d'emploi. Accord des glaçures avec leurs pâtes.
<i>Chapitre XVI.</i>	Page 112	Les divers genres de décoration céramique — Etude des matières colorantes céramiques.
<i>Chapitre XVII.</i>	Page 120	Les couleurs vitrifiables pour feux de moufle. Procédés de décoration au feu de moufle.
<i>Chapitre XVIII.</i>	Page 127	Combustion. Degrés et calories. Chaleur spécifique. Pouvoir calorifique des combustibles. Formule de Goutal.
<i>Chapitre XIX.</i>	Page 131	Cuisson — Echauffement par convection. Flammes ascendantes et flammes renversées. Montres et pyromètres.
<i>Chapitre XX.</i>	Page 141	Les foyers de fours céramiques — Alandiers à bois — Alandiers à charbon — Alandiers — gazogènes — Cheminées.
<i>Chapitre XXI.</i>	Page 147	Fours à flammes directes et à flammes renversées — Fours de Thanh-Tri — Fours chinois. Fours de Moncay.
<i>Chapitre XXII.</i>	Page 158	Fours à moufle à flammes directes et à flammes renversées — Cuisson de moufle au bois et au charbon.

- Chapitre XXIII.* — Page 163 Cuisson des porcelaines et grès  
— Action de la chaleur sur les  
pâtes et couvertes Principes de  
la cuisson.
- Chapitre XXIV.* Page 177 Matériel d'encastage — Divers  
genres de gazettes — Terres ré-  
fractaires d'Indochine pour ga-  
zettes et briques de fours.
- Chapitre XXV.* — Page 189 Matières premières céramiques  
d'Indochine Argiles communes  
— Argiles blanches — Halloy-  
sites — Kaolins — Feldspaths  
et Pegmatites.