

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie des Procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes
2^{ème} Année Master

Etude théorique des matériaux céramiques

Filière: Génie des Procédés

Spécialité: Matériaux et Génie des Procédés: Génie Chimique

Présenté par:

LAABADLA Hamid

Sous la direction de :

Dr. NEMAMCHA Abderrafik

Juin 2012

17/02/2012 756
840.898

Remerciements



Je tiens à exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude avant tous à « الله » le tout puissant qui m'a donné le courage et la force pour mener à bien ce travail.

Ma gratitude va d'abord à 'Dr. R.Nemamcha' qui m'a honoré de sa confiance par son encadrement, j'étais tout au long du travail impressionné par ses qualités humaines, puissent ces lignes être l'expression de ma profonde reconnaissance.

Comme je tiens à témoigner ma reconnaissance à tous mes professeurs durant toutes les années d'étude à l'université de 8 mai 45 pour leurs conseils rigoureux et leur aide précieuse. Ainsi je tiens à remercier tous ceux qui par leur enseignement, leur soutien et leurs conseils m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

Enfin au terme de ces remerciements je rends hommage à mes parents, à mes frères.

Dédicace

Je dédie ce travail
premièrement à mon père et
ma mère, mes frères, et
Toutes les familles Laabadla

Je dédie ce travail, tous
les amis: Panta, Haroune,
Tidjani, Walid, cherif,

LISTE DES TABLAUX

Tableau 1.1. Caractéristiques des matières premières.....01

Tableau 1.2: Matieres premieres utilisées dans la fabrication de la porcelaine.....02

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1: Schéma d'élaboration de la porcelaine.....13

SOMMAIRE

INTRODUCTION

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LES CERAMIQUES

I-1Introduction.....	1
I-2Les matières premières	2
I-2-1-Les matières plastiques	2
I-2-1-1-Les kaolins	3
I-2-1-2-Les argiles	4
I-2-2-Les matières non plastiques	4
I-2-2-1-Les dégraissants	4
I-2-2-1-1-Quartz	5
I-2-2-1-2-La chamotte	5
I-2-2-1-3-Le tesson	5
I-2-2-2-Les fondants	5
I-2-2-2-1-Les Feldspaths	5
I-2-2-2-2-Talc	6
I-2-2-2-3-dolomite	6
I-2-3-Les principaux oxydes formant les matières premières	8

CHAPITRE II: PROCEDE DE FABRICATION DES CERAMIQUES

II-1-Introduction	9
II-2-Les différentes étapes du procédé	9
II-2-1-Concassage	9
II-2-2-Broyage à sec	9
II-2-3-Tamassage et dosage	9
II-2-4-Broyage humide	9
II-2-5-Filtration	10
II-2-6-Déferrage	10

II-2-7-Malaxage I	10
II-2-8-Fermentation	10
II-2-9-Malaxage II	11
II-2-10-Façonnage	11
II-2-11-Séchage	11
II-2-12-Démoulage	11
II-2-13-L'émaillage	11
II-2-14-La cuisson	12

CHAPITRE III METHODES D'ANALYSES

III-1.Analyses chimiques	14
III-1-1 Principe de L'analyse Volumétrique	14
III-1-2 Principe de l'analyse gravimétrique	14
III-2. Analyse physique	19
III-2- 2. La densité apparent	20
III-2-3. La porosité totale.....	20
III-2 -5. La porosité en poids (Absorption en eau)	21
III-2 -6. Le Retrait	21
III-1-3. propriétés Mécaniques	22
III-3-1. Introduction	22
III-3-2. Résistance à l'écrasement	22
III-3-3. Résistance à la flexion	22

INTRODUCTION

Les produits céramique constitués des matières inorganiques, non métalliques, sont extrêmement intéressante dans le domaine de la technologie pour leur stabilité chimique et mécanique aux hautes températures, au contraire à leurs applications sont limitées à cause de:

- Leur fragilité relative a la quelle est liée une faible résistance aux chocs thermiques.
- Difficulté de fabrication ; mis en forme précision des dimensions.

Le terme « céramique » dévié du mot « kiramos » après avoir signifie un espèce commerciale bien déterminé du mot (les poteries emmaillées) a été ensuite étendu à toute une gamme de produit qui allaient de la prochaine et de la poterie aux appareils sanitaires ;aux briques et à d'autres produits similaires constitués principalement pas les silicates comme les oxydes (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , $KNaO$;etc.).

Actuellement on considère un matériau céramique tout matériau inorganique essentiel non métallique et généralement fragile.

Notre travail a pour objectif d'étudier les matériaux céramiques (Les matières premières, procédés de fabrication et les méthodes d'analyse physicochimiques).

Le mémoire est structuré en trois chapitres principaux. Dans le premier chapitre nous donnons des rappels théoriques sur la céramique et les matières premières utilisées. Le deuxième chapitre consiste à présenter le procédé de fabrication de la porcelaine. Le troisième chapitre est consacré aux méthodes d'analyses physicochimiques des céramiques.

**CHAPITRE I:
GENERALITES
SUR LES
CERAMIQUES**

I-1-INTRODUCTUON:

Les propriétés plastiques des argiles ont été utilisées de tout temps. On retrouve de nombreux vestiges de leur emploi à l'origine de toutes les civilisations.

C'est aux poteries égyptiennes que l'on s'accorde à attribuer la plus haute antiquité, elles nous ont été révélées à la suite des fouilles entreprises dans les anciennes nécropoles.

Où les égyptiens avaient coutume de placer divers objets qu'ils croyaient utiles après la mort, et parmi les quels se trouvent des vases à usages divers, des statuettes, etc.

La plus ancienne des productions céramiques fut celle des briques simplement séchées au soleil, aux quelles parfois, de bris de paille, donnaient une plus grande solidité.

Les chaldéens assyriens et les persans ont beaucoup employé la céramique dans l'architecture, ils ont connu de bonne heure le procédé d'émaillage de terres cuites un de leur plus beaux spécimens, la frise des archers de palais de Darius se trouve au musée de Louvre.

Les productions de la céramique grecque que présente une importance exceptionnelle. Les potiers grecs étaient très nombreux et ont porté leur art à un haut point de la perfection

Le VI^{ème} siècle marque la décadence de l'art grec, et à partir de cette époque, la céramique, comme tous les autres arts, marque en Europe, surtout en France au XV^{ème} siècle, une lacune qui s'étend jusqu'au moyen âge).

La fabrication de la porcelaine est très ancienne en chine et au japon. Si l'on en croit certains documents les premières porcelaines chinoises remonteraient à l'an 2600 avant J.C., mais nous n'avons de données certaines qu'à partir de l'an 86 au Japon, la fabrication a suivi une évolution parallèle.

De nos jours la céramique s'est industrialisée grâce à une connaissance plus approfondie des matières premières aux appareils de broyage et de préparation, aux procédés de façonnage et de cuisson.

L'enchaînement de ces opérations ont été associées pour donner une création spectaculaire de la nouvelle technologique qui se base sur l'argile en premier lieu telle qu'on la rencontre dans la nature.

Il faut d'abord travailler l'argile avec une quantité d'eau convenable pour transformer en une pâte plastique c'est-à-dire susceptible de recevoir et de conserver les formes aux empreintes les plus diverses. Pendant cette opération on lui incorpore souvent des matières étrangères. Dites dégraissantes, dans le but de lui donner des propriétés spéciales au façonnage et à la cuisson on donne à cette pâte la forme que l'on désire et en la laisse sécher par l'action de l'atmosphère. Le produit fabriqué est en suite soumis à la cuisson, pendant la quelle il subit des transformations diverses suivant la nature de sa pate et la température à la quelle on l'expose. En élevant suffisamment la température de cuisson la pâte change de la nature. Sa porosité diminue, puits disparaît, elle devient imperméable sans la secours d'aucun vernis, on dit qu'elle se vitrifie.

Toutefois pour l'argile pure cette vitrification ne se produit qu'à une température élevée pour être industrielle, on l'abaisse considérablement, en la mélangeant intimement à des matières fusibles, qu'on désigne sous le nom de fondants.

1-1. -LES MATIERES PREMIERES:

Les matières utilisées dans l'industrie céramique sont généralement des matières naturelles qui peuvent être classés en deux grandes catégories :

Les matières premières plastiques et les matières premières non plastiques.

1-2-1. Les matières plastiques:

Ce sont des produits d'altération à l'aspect terreux , friables à coloration très diverse selon les impuretés.

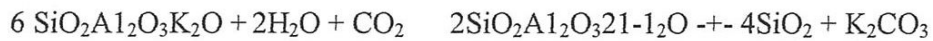
Elles ont la propriété de donner avec l'eau une pâte plastique, et ont un pouvoir liant très grand.

Les propriétés de ces matières sont :

- Plasticité de la pâte.
- Retrait de séchage et à la cuisson.
- Transformation et durcissement par la cuisson.

1-2-1-1. Les kaolins:

Ils sont constitués de kaolinite $2\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ qui forme la partie cristalline du kaolin et de certaines argiles. Ils proviennent de la kaolinisation des roches feldspathique :



Le kaolin débarrassé de ses impuretés a une couleur blanche. Après cuisson, la pâte perd sa plasticité et donne un produit de haute résistance mécanique.

La sélection entre un kaolin et une autre est faite selon le pourcentage des impuretés existantes dans ces matières.

Tableau 1.1. Caractéristiques des matières premières

Désignation	Caractéristiques
DD₁	<ul style="list-style-type: none"> - Blanc un peu jaunâtre dur. - Bon pour la fabrication d'émail. - Forte plasticité meilleur liant.
DD₂	<ul style="list-style-type: none"> - Blanc jaunâtre. - Fiable - Bonne plasticité. - Bonne pour la céramique ordinaire.
DD₃	<ul style="list-style-type: none"> - Très faible . - Très bon pour la fabrication de gazettes.

1-2-1-2. Les argiles:

Les argiles sont des silicates d'alumine hydratés, sous l'action de la température elles perdent l'eau.

Elles sont rarement pures, et se trouvent mélangées avec des impuretés. Elles ont une influence sur la plasticité, ou peuvent être considérées comme fondant, parmi ces impuretés on trouve : le fer, magnésie, ... etc. les substances argileuses les plus connues sont:

- kaolinite $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$.
- Halloysites les $Al_2(Si_2O_5)(OH_4nH_2O)$ et sa composition contient de l'eau zéolitique.
- Montmorillonite $Al_2Si_5H_2O_{15}(Mg,Ca,Na,K)nH_2O$, s'emploie comme décolorant et possède la propriété de se gonfler en présence d'eau.
- illite : $3 \text{ ou } 4 SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot (Fe,Mg,K,Na)H_2O \cdot mH_2O$

Les argiles sont caractérisées par:

- la plasticité
- le retrait par élimination de l'eau d'imprégnation et de la constitution ainsi la transformation et le durcissement par la cuisson.

1-2-2.. Les matières non plastiques**1-2-2-1. Les dégraissants:**

Sont des matières siliceuses qui ont pour but de:

- Diminuer la plasticité de la pâte.
- Freiner le retrait lors de la cuisson.
- Augmenter la porosité de la pâte crue et sèche.

1-2-2-1-1. Quartz:

Sa formule chimique est SiO_2 . C'est la silice anhydre très pure et cristalline se trouve dans les roches primitives son rôle est de :

- Régler la plasticité permettant d'obtenir une bonne qualité.
- Diminuer le retrait au séchage.
- Augmenter la résistance mécanique.
- Améliorer la blancheur des produits.

1-2-2-1-2.. La chamotte:

C'est un débris de gazettes, autrement dit une argile traitée par la chaleur, son rôle est de donner une structure poreuse permettant de supporter la variation de la température.

1-2-2-1-3. Le tesson:

C'est un débris de la poterie broyée est introduit dans la pâte pour réduire la plasticité.

1-2-2-2. Les fondants:

Cette catégorie est utilisée pour la vitrification des argiles, en pratique on ne s'achève qu'aux alcalis (K_2O , Na_2O) aux alcalino-terreux et l'oxyde de fer, ils jouent le rôle de modificateur en provoquant la rupture des liaisons dans les compositions.

1-2-2-2-1. Feldspaths:

Sont des roches sableuses jaunâtres, composés de silicates, doublés d'alumine et d'un alcali. Sont toujours presque mixtes et se divisent en trois types:

- Orthose (potassique) $6\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{K}_2\text{O}$.
- Albite (sodique) $6\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{K}_2\text{O}$.
- Anorthite (Calcique) $2\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{CaO}$.

Leur rôle est de donner les éléments (K, Na, Ca) qui diminuent la réfractivité.

Les plus employées en céramique sont les feldspaths potassiques $6\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{K}_2\text{O}$ et les feldspaths sodiques $6\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3\text{Na}_2\text{O}$.

Les propriétés du feldspath sont les suivantes :

- 1) Température de cuisson $1190^\circ\text{C} - 1530^\circ\text{C}$
- 2) Il se dissout fortement.
- 3) Il augmente la viscosité à condition qu'elle soit sous forme quartzéuse et broyée fortement.

1-2-2-2. Talc:

Sa formule chimique est $(4\text{SiO}_2\text{MgO}\cdot\text{H}_2\text{O})$. c'est une poudre blanche, ayant les propriétés suivantes :

- Diminuer le coefficient de dilatation thermique.
- Diminuer la température de fusion du mélange.

Donner la résistance par la présence de MgO. Son rôle est la formation de la phase vitreuse.

1.2.2.2.3. La dolomie:

Sa formule chimique est $\text{MgCO}_3\cdot\text{CaCO}_3$. Elle est utilisée comme fondant secondaire dans les pâtes céramiques et surtout dans les glaçures pour augmenter les teneurs en MgO et CaO.

Tableau 1.2: Matières premières utilisées dans la fabrication de la porcelaine

Désignation	Formule	Composition Chimique	Propriétés physiques
Feldspath Potassique	$Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot K_2O$	93 PF 74.7% SiO_2 12.9% Al_2O_3 0.3% Fe_2O_3 0.24% CaO 0.03% MgO 10.56% K_2O	Couleur blanche rose ou jaunâtre Dureté 2.62 Aspect très compact Et dure Point de fusion 1410°C
Talc	$4SiO_2 \cdot 3MgOH_2O$	9.5 PF 44.79% SiO_2 11.21% Al_2O_3 1.54% Fe_2O_3 0.47% CaO 31.15% MgO 0.06% K_2O	Fusion vers 1400°C Dureté 2.7-2.8 Couleur blanche Jaune pale Formation de Cordiérite de 1100-1350°C
Agrile	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$	4.85% PF 69.4% SiO_2 21.5% Al_2O_3 0.83% Fe_2O_3 0.1% CaO 0.31% MgO 2.38% K_2O	Très bonne Plasticité Résistance du Kaolin brut à La traction 20Kg/cm ² Couleur crème très réfractaire
Halloysite N°3	$2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O + nH_2O$	14.7% PF 45.10% SiO_2 38.7% Al_2O_3 0.16% Fe_2O_3 0.37% CaO 0.16% MgO 0.10% K_2O	Perd nH_2O à 105°C Cuit gris à 1280°C Et claruer à 1410°C Broyage Mauvaise plasticité Retrait total à 1280°C 8.9% Résistance à la Flexion à sec 20kg/cm ² Contient L'aluminium en Quantité minimale
Sable de quartz	SiO_2	0.51% PF 97.9% SiO_2 1.00% Al_2O_3 0.10% Fe_2O_3 0.1% CaO 0% MgO 0.14% K_2O	Cuit blanc Contient du mica Claire Très bonne Réfractaire Densité 2.65 Dureté 6.5-7

1.2.3. Les principaux oxydes formant les matières premières:

La silice (SiO_2) : c'est un élément dégraissant elle diminue le pouvoir liant et la résistance mécanique sur cru et sur cuit et augmente la porosité .

L'alumine (Al_2O_3) : donne une grande plasticité aux argiles et une grande résistance aux produits finis.

La chaux (CaO) : elle facilite le séchage et diminue la dilatation par contre au de la température normale de l'argile considérée elle provoque une fusion brutale et aussi une perte au feu (CO_2) considérable.

L'oxyde de fer (Fe_2O_3) ; donne une couleur rouge au produit.

Magnésie (MgO) : elle a peu d'influence.

Les sels solubles (sulfates) soude (Na_2O) et potasse (K_2O) ; se sont des fondants qui diminuent la température de la cuisson et augmentent la résistance mécanique.

**CHAPITRE II:
PROCEDE DE
FABRICATION
DES
CERAMIQUES**

II.1. INTRODUCTION :

Une pate est un mélange convenablement dosé de constituants choisis pour obtenir un produit céramique déterminé qui contiennent en outre la quantité d'eau voulue pour l'amener à l'état plastique.

Une barbotine est un mélange constitué comme ci dessus mais dans lequel la quantité d'eau a été augmentée de crème fluide ,on y ajoute divers flocculants alcalins (silicates carbonate de soude) qui ont pour but de diminuer la quantité d'eau nécessaire et de faciliter le démêlage des ces constituants (matières premières)et stockée dans la porcelaine exige ,des matières première finement broyée, bien homogénéisées et régulièrement distribuées et leur fait subir diverses opérations.

II-2. LES DIFFERENTES ETAPES DU PROCEDE :

II.2.1. Concassage:

Tout d'abord on trouve la section de concassage seul. Le feldspath est la matière première à concasser, car il se trouve sous forme de roches. L'opération s'effectue à l'aide d'un concasseur à mâchoires afin de diminuer les dimensions des roches feldspathiques pour faciliter le broyage.

II-2.2. Broyage à sec:

Les roches ainsi réduites sont affectées dans des trémies grâce à des alimentateurs, le produit concasse et transporte à l'aide de l'élévateur à un broyage à sec dans un broyeur à meules destiné à broyer les particules dure la ou la grosseur ou la dimension des cailloux sera moindre.

II-2-3: Tamisage et dosage:

La poudre obtenue transportée par des élévateurs dans les tamis vibreurs pour le tamisage dont se but est d'éliminer les gros grains, le feldspath ainsi traité est stocké est prêt pour le dosage qui se fait en poids avec des proportions bien déterminées de chaque matière première.

II.2.4.. Broyage humide

Après avoir fait le dosage on procède à un broyage humide avec le reste des matières premières nécessaires qui sont l'argile et le DD pour la préparation de la pate en tenant compte bien sur de la capacité du broyeur qui est 2,5 tonnes de matières premières sèches en lui ajoutant une quantité d'eau suffisante proportionnelle à celle de la matière à broyer, ajoutant aussi les galets de mer pour avoir un bon broyage

Après la durée compte accordée au broyage, on contrôle la finesse si on respect les paramètres on arrive à obtenir une pate uniforme durant les 14 heures. La finesse doit être comprise entre 3-7 % maintenant on procède au vidage du broyeur. Ou la pate est contrôlée par l'analyse de la finesse en suite la pate est vidée dans une bassins sous terrains d'agitation pour éviter la décantation et pour avoir une bonne homogénéité de la matière.

II.2.5. Filtration:

A l'aide d'une pompe bicylindrique la pate est acheminée vers les filtres presses qui éliminent l'eau qui accompagne le broyage.

II.2.6. Le déferrage:

Cette opération consiste à éliminer les impuretés provenant de matières premières, pour cela on se sert d'un système d'électro-aimant pour attirer ces particules nuisibles car leur existence dans le produit donne une coloration noire après cuisson, ce qui le dévalorise.

II.2.7. Malaxage 1:

Les galettes obtenues son extrudées a l'aide d'une vis extrait deux afin d'assurer une meilleure homogénéité de pate avant l'acheminement pour le poulssage

II.2.8. Fermentation:

Cette étape est très importante pour donner une excellente plasticité lors de façonnage.

Ce phénomène est conditionne par l'action des bactéries contenues dans l'argile.

II.2.9. Malaxage II:

Le deuxième malaxage est effectuée dans des malaxeurs qui servent à échapper l'air de la pâte fermentée et assurer une bonne homogénéité et plasticité.

II.2.10. Façonnage:

Cette opération est réalisée au niveau de l'atelier de fabrication en tenant compte de la conformité de l'humidité par rapport aux formes des produits (tels que tasses, assiettes.....etc.).

En ce qui concerne les produits tels que les cafetières,....on utilise une pâte humide de floccule dite barbotine.

II.2. le Séchage:

On distingue deux étapes de séchage :

Séchage primaire. Pour les produits façonnés la $T^{\circ}C$ est comprise entre (45-60°C).

Séchage secondaire .celui vient après l'étape de finissage des produits secs précédemment en utilisant le papier de verre l'éponge mouillée la température

désirée est de 80 à 100° C

Ce dernier séchage sert à faciliter l'opération d'émaillage qui nécessite un produit chaud absorbant la quantité d'email collée au dernier après trempage.

II.2.12 Démoulage :

Le démoulage est l'opération intermédiaire entre le premier et deuxième séchage qui consiste au produit façonné.

II.2.13. L'émaillage:

C'est la dernière opération qui s'effectue sur le produit et se fait par trempage de celui-ci dans des bains d'email avant son envoi en four. L'email et la glaçure qui ont pour but de diminuer les pores et d'assurer une bonne blancheur et brillance au

produit final.

II.2.14. La cuisson :

La cuisson est l'opération finale est la plus importante et la plus délicate dans la fabrication des produits céramiques, elle modifie les propriétés chimiques et physiques de la pâte, elle est importante parce que c'est elle qui donne aux objets la forme et leur aspects définitifs.

Parce qu'elle exige l'emploi de températures très élevées.

La cuisson est pour but :

- De déshydrater la pâte et de lui donner la résistance nécessaire à l'usage
 - Desserrer ses molécules et de le rendre imperméable s'il s'agit d'une pâte vitrifiable.
 - D'amener la fusion des glaçures et le développement des couleurs
- elle s'effectue dans des équipements plus ou moins compliqués nommés fours qui utilisent la chaleur produite par la combustion de l'air atmosphérique des certains corps solides, liquides ou de O_2 de l'air pour brûler totalement les gaz combustibles.
- Zone neutre : lorsqu'il y a aucun excès de combustion au O_2
 - Zone de refroidissement : la température diminue jusqu'à $75^\circ C$ elle se divise en trois sections:
 - Zone de refroidissement se produit par voie indirecte le refroidissement se fait par parois latérales.
 - Zone de refroidissement : se produit par voie indirecte suivant le refroidissement de la dalle moufle
 - Zone de refroidissement : elle se produit par voie directe.

L'élaboration d'une pâte à porcelaine suit les étapes suivantes :

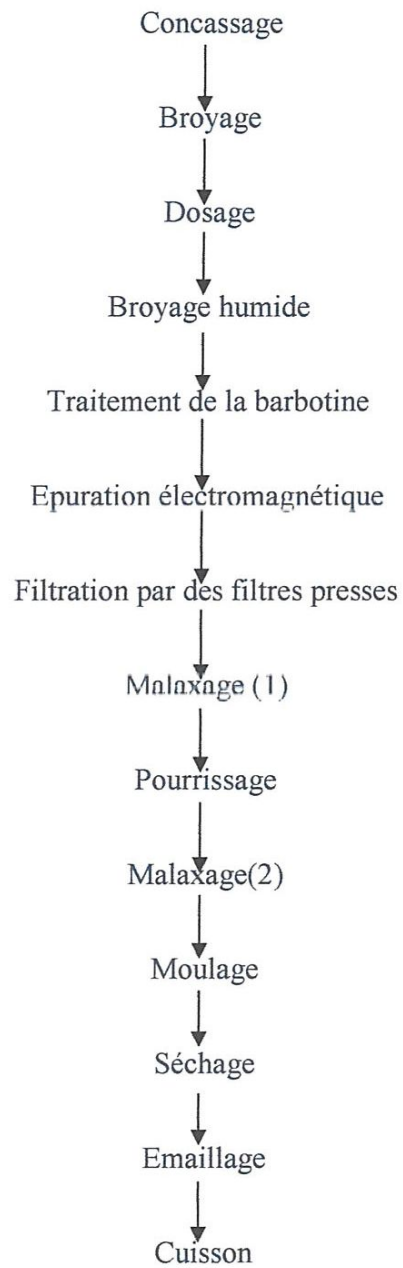


Figure 2-1: Schéma d'élaboration de la porcelaine

CHAPITRE III
METHODES
D'ANALYSES

La qualité des produits céramiques dépend de la composition de la pâte pour déterminer cette composition il faut faire des analyses chimiques pour chaque matière ainsi que des analyses physiques.

III-1. Analyses chimiques

Le but de l'analyse chimique est la détermination de la teneur des différents oxydes (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO ,.....) qui influent sur la composition de pâte. Cette opération s'effectue par deux méthodes :

-Volumétrie.

-Gravimétrie.

III-1-1 Principe De L'analyse Volumétrique:

Cette méthode d'analyse consiste à mesurer le volume d'une solution de réactifs dont la concentration est connue avec précision. Elle présente l'avantage de la rapidité d'exécution des opérations.

III-1-2 Principe de l'analyse gravimétrique:

En général, la teneur en élément à déterminer de la substance à étudier est définie au cours de l'analyse gravimétrique par le poids du précipité obtenu sous forme d'une combinaison difficilement soluble.

les opération successives des dosages gravimétriques sont :la pesée, la mise en solution de l'échantillon à analyser, la précipitation, la séparation et le lavage du précipité.

a- Détermination De La Silice Par Gravimétrie

* Réactifs : les réactifs nécessaires sont :

-L'alcool éthylique $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

- HCl concentré ($D=1,19$)

-Gélatine 1%.

-L'eau distillée chaude.

-Potasse KOH .

- On filtre à l'aide d'un papier filtre courant.
 - Le filtrat est r *Mode Opérateur:
 - On pèse **1g** d'échantillon broyé (**0.1 mm**) et séché à l'étuve dans un creuset en nickel ($T=110^{\circ}\text{C}$) pendant 30 minutes.
 - On verse quelques gouttes d'alcool éthylique **C₂H₅OH**.
 - On ajoute de **5 à 6g** de **KOH** en grains solides.
 - On chauffe le creuset sur une plaque chauffante à $T = 60-80^{\circ}\text{C}$ pour fondre le contenu jusqu'à la cristallisation puis on le met dans un four à moufle à basse température.
 - On augmente graduellement la température jusqu'à **500-600°C** par pas de **10°C** jusqu'à la fusion.
 - On fait refroidir le creuset.
 - On introduit le creuset contenant l'échantillon dans un bêcher de **250ml**
 - On lui ajoute de l'eau chaude + **1% HCl** afin de fondre le contenu.
 - On lave le creuset à l'aide d'une baguette e, verre.
 - On ajoute **25 ml** de **HCl** concentré.
 - On évapore la solution à une $T=100^{\circ}\text{C}$ puis on la refroidit.
 - On ajoute **25 ml** d'**HCl** concentré.
 - On dépose le bêcher sur la plaque chauffante sous $T=70-80^{\circ}\text{C}$ on y ajoute **10ml** de la gélatine (**1%**).
 - Stabiliser la température au moyen de thermostat entre **70-80°C** par pas de 1°C on ajoute **50 ml** d'eau chaude.
- pris dans les fioles de **250ml**.
- On lave le précipité et le bêcher plusieurs fois avec **HCl 2%**
- Le précipité se trouvant dans le papier filtre est mis dans un creuset en porcelaine qu'on met dans le four pour calcination à $T=950^{\circ}\text{C}$ pendant **30** minutes.



-Puis on le refroidit dans un dessiccateur, enfin on pèse le creuset avec le précipité à l'aide d'une balance analytique.

$$SiO_2 \% = \frac{A-B}{G} * 100$$

A: Le poids du creuset vide en porcelaine.

B: Le poids du creuset en porcelaine + précipité.

G: La prise d'essai (1g).

b- Détermination de Al_2O_3

- Réactifs

phénol phtaléine

NaOH à 25 %

$C_4H_4O_6$ KNa (tartrate de sodium potassium 25 %)

HCl 10 %

KF à 25 %

NaOH à 0.4 %

HCl à 0.3 % (solution standard).

* mode opératoire :

- prendre **25 ml** de la solution à analyser dans un bêcher de 250 ml, ajouter 2 gouttes de phénolphtaléine goutte à goutte jusqu' au virage rouge pâle de la solution de **NaOH** à 25 % et 25 ml de **$C_4H_4O_6$ KNa** à 25 % jusqu'au rouge foncé.

- On laisse reposer pendant des minutes.

- On ajoute goutte à goutte le **HCl à 10 %** jusqu'à la disparition de la coloration rouge puis goutte à goutte **NaOH à 0.4 %** jusqu'a' au virage rouge pâle .

- on lave les parois du bêcher plusieurs fois avec H_2O distillée puis goutte à goutte à 0.3 % jusqu'à disparition du rouge.

- On ajoute 1ml de KF à 25% . si le rouge réapparaît on continue le titrage jusqu'à décoloration. Si non le titrage est terminé et on note le volume (**V**) ; de **HCl** dépensé durant le titrage.

$$Al_2O_3 \% = (Al_2O_3/HCl * V_{HCl} * A * 100) / G$$

$T_{Al_2O_3/HCl}$ = titre de Al_2O_3 par rapport à HCl .

v = volume de HCl consommé par le titrage .

A = volume du bêcher **250/25** volume prélevée .

G = prise d'essai **1 gr**

$T_{Al_2O_3} = 0.5652$

c-détermination de Fe_2O_3

*Réactifs:

NH_4OH à 50% 1:1

HCl à 1N

Acide sulfasalicylique à 10%

EDTA à 0.01 M dont le titre $Fe_2O_3/EDTA$ est connu.

+mode opératoire:

-prendre 25 ml de la solution à analyser dans un becher de 250 ml, on ajoute 50ml d'eau distillée et on chauffe à $70 - 80^\circ C$.

-Ajouter goutte à goutte NH_4OH à 50% pour obtenir $PH = 7-8$ jusqu'à obtention d'une solution trouble.

- ajouter 4ml HCl à 1N et 2ml d'acide sulfosalicylique ($CH_3(OH)COOH_5O_3H$) H_2O à 10% .

-Titrer avec la solution de **L'E.D.T.A à 0.01 M** jusqu'à la disparition de la couleur violette.

$$Fe_2O_3 \% = \frac{T_{Fe_2O_3 / EDTA} * EDTA * A}{G} = 100$$

D – détermination de CaO ;

*Réactifs:

-Triethanol amine (**T.E.N**) à 50%

-Papier rouge cango.

La masse de l'échantillon ; déjà connue, on détermine la masse saturée d'eau et la masse immergée dans l'eau pour obtenir la saturation, c'est-à-dire remplacer l'air des pores par l'eau. Et on porte à l'ébullition jusqu'à un poids constant :

$$d_{ap} = \frac{m_0}{V} = \frac{m_0}{m_h - w}$$

m_0 : Masse de l'échantillon sec.

m_h : Masse de l'échantillon humide saturée.

w : Masse de l'échantillon immergé dans l'eau.

III-2-3. La porosité totale:

La porosité totale est calculée par la formule suivante.

$$\pi = 100\left(1 - \frac{D_{ap}}{D_v}\right)$$

π : porosité totale

D_{ap} : Masse volumique apparente.

D_v : Masse volumique .

IL existe desx types:

III -2-4. La propositéé apparente (ouverte)

C'est le rapport du volume des pores ouverts au volume apparent du corps le volume des pores ouverts : $m_h - m_0$

Le volume apparent du corps : $V_a = m_h - w$

Donc la porosité apparente P_a est donnée par la formule suivante:

$$P_A(\%) = \frac{m_h - m_0}{m_h - w} * 100$$

III-2 -5. La porosité en poids (Absorption en eau):

Cette porosité est le rapport entre la masse de l'eau absorbée par l'échantillon à sa masse à l'état sec multiplié par 100

La masse de l'eau absorbée = $m_h - m_0$

$$P_p(\%) = \frac{m_h - m_0}{m_0} * 100$$

La masse de l'échantillon ; déjà connue, on détermine la masse saturée d'eau et la masse immergée dans l'eau pour obtenir la saturation, c'est-à-dire remplacer l'air des pores par l'eau. Et on porte à l'ébullition jusqu'à un poids constant :

$$d_{ap} = \frac{m_0}{V} = \frac{m_0}{m_h - w}$$

m_0 : Masse de l'échantillon sec.

m_h : Masse de l'échantillon humide saturée.

w : Masse de l'échantillon immergé dans l'eau.

III-2-3. La porosité totale:

La porosité totale est calculée par la formule suivante:

$$\pi = 100\left(1 - \frac{D_{ap}}{D_v}\right)$$

π : porosité totale

D_{ap} : Masse volumique apparente.

D_v : Masse volumique .

IL existe desx types:

III -2-4. La propositéé apparente (ouverte)

C'est le rapport du volume des pores ouverts au volume apparent du corps le volume des pores ouverts : $m_h - m_0$

Le volume apparent du corps : $V_a = m_h - w$

Donc la porosité apparente P_a est donnée par la formule suivante:

$$P_A(\%) = \frac{m_h - m_0}{m_h - w} * 100$$

III-2 -5. La porosité en poids (Absorption en eau):

Cette porosité est le rapport entre la masse de l'eau absorbée par l'échantillon à sa masse à l'état sec multiplié par 100

La masse de l'eau absorbée = $m_h - m_0$

$$P_p(\%) = \frac{m_h - m_0}{m_0} * 100$$

III-2 -6. Le Retrait

En élevant la température ; la matiere argileuse présent des variation de dimensions linéaires.

Ces variation peuvent etre des dilatation mais généralement des diminutions de dimesion qu'on appelle « RETRAIT »

a- Retrait de séchage:

Est définie par la formule :

$$R_s(\%) = \frac{L_0 - L_1}{L_0} * 100$$

L_0 : Ecartementr entre les reperes avant séchage.

L_1 : écartement entre les repérées apres séchage.

b- Retrait de cuisson:

Est définie par la formule:

$$R_c(\%) = \frac{L_1 - L_2}{L_1} * 100$$

L_2 : éc artement entyre les repérés après la cuisson.

c- Retrait Total:

Définir par la formule:

$$R_T(\%) = \frac{L_0 - L_2}{L_0} * 100$$

III-1-3. propriétés Mécaniques

III-3-1. Introduction :

Les propriétés mécaniques sont extrêmement importantes pour la fabrication des produits céramiques. En effet ; leur fragilité impose des limitations dans les techniques de fabrication et d'emploi ; mais les caractéristiques qui rendent fragiles les céramiques sont en même temps celles qui leur confèrent les désirées de la dureté de réfracté rite et résistance chimique.

III-3-2. Résistance à l'écrasement :

La résistance à l'écrasement à température ambiante est le quotient de la charge maximale F supportée par l'éprouvette au cours de l'essai ; par la section S_0

$$R.E = F/S_0$$

Elle s'exprime généralement en **Kgf/cm²**

La presse hydraulique ou mécanique utilisée doit être munie d'un système de mesure tel que l'on puisse mesurer l'effort exercée sur l'éprouvette (échantillon)

a) Mode opératoire :

Les éprouvettes utilisées sont de forme cubique.

- Mesurer les surfaces sur lesquelles seront exercées les pression à l'aide d'un pied à coulisse, pour calculer l'air des surfaces d'appui ; en suite on doit mettre l'éprouvette sur le plateau et on applique la force jusqu' à l'écrasement de l'éprouvette.

- Lire la valeur de force sur le manomètre de la presse hydraulique.

III-3-3. Résistance à la flexion :

Dans ce cas les éprouvettes sont des poutres reposant sur deux appuis parallèles et portant une charge qui augmente jusqu'à la destruction des pores.

Dans le cas d'une charge et d'une poutre à section rectangulaire ; la limite de flexion est définie par :

$$R_f = \frac{3.P.L}{2b.h^2}$$

Dont:

P : La charge de rupture **kgf**.

L : La distance entre appuis **cm**.

B : La largeur de l'éprouvette **cm**.

H : La hauteur de l'éprouvette **cm**.

$$R.P = \frac{M}{L/V}$$

Dont :

M: Moment fléchissant **PL/4**

L : Moment d'inertie **bh³/12**

V : Hauteur de l'axe neutre **1/2h**.

-4- Résistance aux chocs thermiques :

Conclusion

Cette étude m'a permis d'approfondir mes connaissances en matériaux céramiques et les matières premières utilisées ainsi que les méthodes et techniques expérimentales utilisées pour l'étude des matériaux céramiques.

Enfin, il serait intéressant de compléter cette étude théorique par des essais expérimentaux pour comprendre le comportement de ces matériaux en fonction des contraintes mécaniques et thermiques.

Références

- MATÉRIAUX du CÉRAMISTE QUÉBÉQUOIS
- Argiles et minéraux à glaçures par Julien Cloutier
- Matériaux du céramiste québécois, Éditions du CFCMA, 1985, 165 pages et épisodes de la céramique au Québec;
- <http://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=Technologie/Matériaux/Céramiques&oldid=365660>
»

Catégories :