

MÉMOIRES

ÉTUDE

SUR

LES BRIQUES DE SILICE

employées dans les fours métallurgiques

Note de M. R. DE REYTERE

Ingénieur (A. I. G.)

Ingénieur d'artillerie de réserve

La note qui suit est le résumé très condensé des travaux préliminaires d'une étude faite sous les auspices de l'*Office de perfectionnement industriel* qui a fonctionné au Havre pendant les deux dernières années de guerre, sous la direction de M. l'Ingénieur principal des Mines G. LEMAIRE, au Ministère de l'Industrie et du Travail.

L'auteur a été associé aux divers travaux pratiqués au laboratoire du Conservatoire national des Arts et Métiers à Paris ; membre de la Commission *d'études sur les matériaux réfractaires*, il a pu suivre toutes les recherches pratiquées par les savants français. C'est un exposé de l'état actuel de la question qui est présenté, sous la forme la plus concise possible, aux lecteurs des *Annales*.

Etude sur les Briques de Silice employées dans les fours métallurgiques.

Les briques de silice, genre « Dinas », servent à la construction des fours Martin, des fours de verrerie, glacerie, etc., et sont encore utilisées comme revêtement des convertisseurs. Elles seules peuvent supporter les températures élevées des fours à récupération genre Siemens ; à l'heure actuelle, on n'a pas pu trouver un produit réfractaire capable de les remplacer.

Les producteurs d'acier savent combien il est difficile de se procurer de bonnes briques de silice. Les produits anglais et allemands jouissaient d'une grande réputation ; aussi la Belgique, la France et l'Italie étaient-elles tributaires de l'étranger.

Durant la guerre, les métallurgistes français, ont éprouvé une grande difficulté d'approvisionnements en briques de silice ; sans tarder ils ont dû mettre au point une fabrication de ces produits, alors que l'on ne possédait que peu de connaissances en la matière.

Avant la guerre, les fabricants allemands, devant la consommation toujours croissante des produits siliceux, avaient été obligés d'utiliser des matières premières de qualités diverses. Quelques-unes d'entre elles ayant donné de mauvais résultats, il fut décidé de confier à une mission la recherche des matières premières convenables. C'est dans ces conditions que WERNICKE et WILDSCHREG cherchèrent une classification des roches au point de vue de leur utilisation pour la fabrication des briques de silice de premier choix.

Bien que l'étude de ces savants Allemands contienne des renseignements très intéressants, elle est insuffisante pour aider efficacement la fabrication. Les techniciens Anglais et Américains ont étudié les propriétés de la silice, et en France des savants éminents se sont mis à la tâche pour aider, par leurs recherches de laboratoire, les industriels qui, activement, mettaient au point une fabrication permettant de donner des produits de premier choix. M. Henry LECHATÉLIER a publié ses études sur les briques de silice ; M. Léon BERTRAND a montré combien l'étude des caractères pétrographiques et géologiques des matières premières et des briques pouvait donner de renseignements précieux ; M. le colonel CELLERIER, directeur du

Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers de Paris, a exposé les travaux effectués au Laboratoire ainsi que ceux de la Commission des Produits Céramiques et Réfractaires.

Nous donnons ci-après un résumé succinct de tous ces travaux (1).

CHAPITRE PREMIER

La silice.

La silice existe sous différentes variétés :

ÉTAT	Densité	Température de transformation	Changement brusque de dimensions linéaires
Quartz.	2.65	570° C.	0.25 %
Cristobalite	2.33	225° C.	1.00
Tridymite.	2.27	150° C.	0.1
Verre	2.22	—	—
Calcédonite	2.58	—	—

Le quartz, la cristobalite et la tridymite présentent chacun deux états allotropiques distincts transformables l'un dans l'autre. Les transformations des quatre variétés : quartz, cristobalite, tridymite et verre, l'une dans l'autre sont lentes à se produire. Il ne se trouve aucune transformation de quartz en dessous de 800°. En présence d'un fondant après une chauffe suffisamment longue, le quartz se transforme à 870° en tridymite. Vers 1,470°, la tridymite se trans-

(1) Un rapport relatant d'une façon approfondie ces travaux se trouve au Ministère de l'Industrie, du Travail et du Ravitaillement.

H. LE CHATELIER. — *L'état actuel de la fabrication des briques de silice. — Sur la cristobalite.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)

H. LE CHATELIER et BOGITELS. — *Sur les propriétés réfractaires de la silice ; la fabrication des briques de silice.* (Société de l'Industrie minière.)

Ministère de l'Armement et des Fabrications de Guerre. Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers. *Exposé pratique des méthodes optiques pour l'étude microscopique des roches*, par M. le professeur Léon BERTRAND. (Paris, Librairie militaire Chapelot, 1918.)

Résumé des travaux sur la fabrication des briques de silice, par le Colonel CELLERIER. (Paris, Librairie militaire Chapelot, 1918.)

forme en cristobalite. La région de stabilité du verre se trouve à 1,780°. D'après M. H. LE CHATELIER, vers 1,600° C, au contact de dissolvants, le quartz se dissout avec une solubilité plus grande que les variétés plus stables, cristobalite et tridymite. Le quartz donne ainsi des solutions sursaturées qui laissent cristalliser l'une des variétés plus stables. La masse fondue n'étant plus saturée par rapport au quartz peut en dissoudre une nouvelle quantité.

La totalité de quartz recristallise dans ces conditions, et le quartz est remplacé finalement par la variété la plus stable aux hautes températures : la tridymite.

Causes de la supériorité des briques de silice sur les autres matériaux réfractaires.

M. LECHATELIER en donne l'explication suivante :

Les matières premières employées à la fabrication des briques de silice, contiennent toujours des fondants. Sous l'action d'une cuisson à haute température et d'une durée suffisante, il se forme des cristaux de cristobalite et de tridymite. Pour avoir une cristallisation de tridymite, il faut une longue cuisson, en pratique il reste de la cristobalite en quantité supérieure à la tridymite. Les gros grains de quartz difficilement attaquables se retrouvent dans les briques. Le mécanisme de la formation de la tridymite aux dépens de la cristobalite est le même que celui de la formation de cette dernière aux dépens du quartz. Leur transformation est plus lente à se produire parce que la différence qui existe entre les solubilités de la cristobalite et de tridymite est bien moindre qu'entre ces deux variétés et le quartz. La cristallisation de la tridymite forme un *réseau continu* dans les pores duquel se loge la masse fondue de la matière contenant les oxydes fusibles. Les briques peu cuites n'ont pas le réseau bien formé, les grains de quartz y nagent simplement dans la masse fondue, elles sont plastiques et ne donnent pas de bons résultats. Les bonnes briques de silice ne présentent pas à haute température un ramollissement progressif, mais vers 1,750° il y a rupture nette ; à 1,700°, elles peuvent avoir encore une résistance à la compression de 10 kilogrammes par centimètre carré et c'est cette propriété qui assure la stabilité des voûtes des fours Siemens.

Les produits magnésiens ou alumineux dont l'infusibilité peut être plus élevée que celle de la silice, commencent à se ramollir vers 1,500° ; à cette température ils ne peuvent plus supporter des efforts

importants et ils s'affaissent sous leur propre poids. Les grains solides de magnésie ou d'alumine nagent dans la masse fusible et, comme il n'y a aucune cristallisation, donc aucun réseau, les grains solides glissent facilement les uns sur les autres et la matière devient plastique.

Si l'on chauffe une bonne brique de silice, sa résistance diminue avec l'élévation de température. Cela tient à l'accroissement de solubilité de la silice avec la température, ce qui produit une dissolution progressive du réseau cristallisé, une désagrégation et même une dislocation complète. Cet effet est d'autant plus retardé que le réseau est mieux développé. C'est une condition essentielle à la production d'une bonne brique de silice.

Étude des matières premières.

Caractères géologiques et pétrographiques : Les matières premières destinées à la fabrication des briques de silice doivent chimiquement contenir presque exclusivement de la SiO_2 anhydre. Cette silice se présente sous forme de quartz et plus rarement sous forme de calcédoine. On peut trouver dans certaines roches, en proportion relativement faible, certains minéraux accessoires. La muscovite, le zircon, la tourmaline, le minerai de fer, l'argile, etc., introduisent des impuretés : Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O . Ces fondants se combinent lors de la cuisson avec une partie de la silice et facilitent l'agglomération et le développement du réseau cristallin. Ils jouent donc un rôle très favorable du moment que la proportion n'est pas suffisamment élevée pour abaisser le point de fusion en dessous de 1,720°. On peut admettre un total d'impuretés d'environ 5 % tout en remarquant que l'action du Fe_2O_3 est faible comme fondant et que, par contre, les alcalis agissent d'une façon énergique ; aussi faut-il limiter la quantité d'alcalis admissible à quelques millièmes au maximum. Il est évident que ces impuretés doivent être régulièrement réparties et que, pas plus que l'addition de chaux servant d'agglomérant dans la fabrication, elles ne peuvent pas constituer des plages ou nids fusibles. Cependant, ni l'examen chimique, ni l'examen pyrométrique d'une matière première ne suffit pour apprécier la qualité d'une roche. Il faut rechercher, par un examen microscopique, les caractéristiques dans la forme ou constitution physique des roches.

Roches formées de quartz.

I. — *Quartz Filonien* : Formé le plus souvent de cristaux de grande taille. Les sections cristallines présentent des contours géométriques plus ou moins nets et les cristaux sont souvent simplement accolés sans être juxtaposés. (Voir fig. 1) (1).

Fig. 1. — *Lumière polarisée.*

Au chauffage, ces cristaux ont une tendance à se disjoindre, à se craqueler et se fendiller en tous sens. La matière première est disloquée avant la transformation en silice de faible densité. La résistance mécanique en est fortement affectée ; de plus les quartz filoniens sont habituellement trop purs chimiquement et il résulte de ces observations que ce minéral ne convient guère pour la fabrication des briques de silice de premier choix.

II. — *Quartz de Micaschistes* : Dans les formations anciennes métamorphiques (gneis et micaschistes, périphérie de massifs granitiques, etc.) on rencontre des quartz qui sont considérés comme filoniens et qui en réalité ont une origine mixte. Ce sont souvent des quartzites provenant d'anciens bancs de grès plus ou moins digérés et ayant subi, d'autre part, des injections de veines quartzieuses du

(1) Tous les clichés présentés dans le présent article sont des reproductions de photographies communiquées par M. le professeur LÉON BERTRAND, de la Faculté des Sciences de Paris.

type filonien, d'où une structure mixte et irrégulière pour ce type intermédiaire.

Fig. 2. — *Lumière polarisée.*

Ces quartz de micaschistes sont un peu meilleurs que les quartz filoniens quoiqu'ils ne constituent réellement pas une bonne matière première.

III. — *Roches quartzieuses sédimentaires.*

1. *Sable* : Le sable quartzieux riche en SiO_2 a été utilisé mais ne peut guère donner de bons résultats, les grains habituellement arrondis s'agglomèrent assez difficilement. On pourrait envisager l'utilisation du sable quartzieux comme silice impalpable. Il semble cependant préférable de n'incorporer dans les mélanges que des matières de la même espèce, à cause des différences parfois grandes que l'on observe dans les propriétés de transformation des roches en silice de faible densité.

Fig. 3. — *Lumière polarisée.*

La micrographie n° 3 montre une brique faite avec du sable quartzieux, le grain est extrêmement fin et compact, la qualité est franchement mauvaise.

2. *Grès quartzeux* : Formé d'anciens grains sableux plus ou moins arrondis de quartz, réunis par un ciment siliceux. La cimentation est très imparfaite et la matière est à rejeter.

3. *Grès quartziteux* : Le ciment a commencé à cristalliser autour des grains quartzeux en nourrissant ces derniers, à la façon d'un fragment de cristal plongé dans la solution mère. Le quartz de nouvelle formation s'oriente de la même façon que celui des grains nourris. Le contour des grains primaires s'efface, le contour nouveau devient irrégulier et se fond parfois avec le ciment. Si deux grains voisins se touchent, il se produit un engrènement, le contour étant dentelé.

Le schéma (I) montre en pointillé le contour du grain originel, les hachures indiquent l'orientation, il est figuré un engrènement opéré par le ciment qui a nourri le grain primaire.

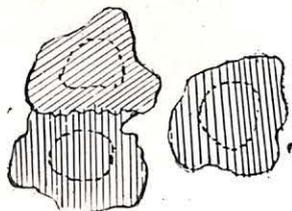


SCHÉMA I.

4. *Quartzites* : Quand la recristallisation est complète, les anciens grains sableux sont entièrement juxtaposés et engrénés par l'action de nourrissage. On arrive alors aux quartzites francs. Les contours très irréguliers pris par les grains régénérés donnent naissance à une matière très résistante.

Différents types se présentent dont les plus caractéristiques sont :

A) *Les quartzites sans ciment* : Dans lesquels l'agglomération des grains est due principalement à la substance quartzreuse qui s'est déposée sur les grains préexistants en prenant exactement la même orientation et la même disposition moléculaire. Entre nicols croisés, l'ancien grain de quartz et la couche rapportée ont les mêmes couleurs de polarisation. La roche est devenue compacte. (Voir schéma II.)

B) *Quartzite à ciment quartzeux microgrenu* : Une partie des grains sableux ont été nourris, puis il y a une cristallisation d'un ciment quartzeux à structure microcristalline. Ce ciment remplit les pores et il présente l'aspect d'un ensemble de petits grains de quartz

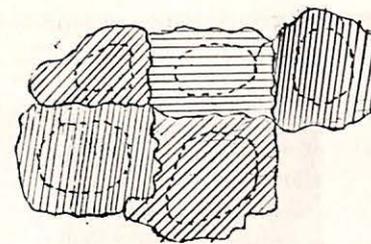


SCHÉMA II.

fortement serrés les uns contre les autres et bien engrénés. (Voir schéma III.)

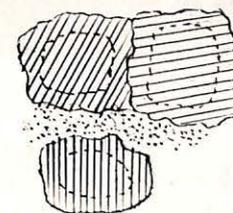


SCHÉMA III.

De grandes variétés peuvent se rencontrer suivant que le ciment est présent en plus ou moins grande quantité, parfois trouve-t-on du ciment micasé, du ciment mixte de grains de quartz et de mica.

Les quartzites sont les meilleures matières premières pour la fabrication des briques de silice. Le ciment quartzeux microgrenu joue un rôle très important et les quartzites qu'il faut rechercher sont ceux qui possèdent un ciment de base proprement dit et des grains de quartz enrobés plutôt de petites dimensions. Ces quartzites se rencontrent surtout parmi les quartzites tertiaires.



Fig. 4. — Lumière polarisée.

La fig. 4 représente un grès dévonien, comprenant des grains en partie nourris et engrenés.



Fig. 5. — *Lumière polarisée.*

Grès sparnacien. Grains de tailles diverses. Ne présentant pas de nourrissage appréciable mais un ciment abondant.



Fig. 6. — *Lumière polarisée.*

Quartzite allemand. Grains de faible taille enrobés dans un ciment abondant formé de grains très fins.

Roches siliceuses formées de calcédoine.

Les types courants sont les silex et les meulières.

On a utilisé des meulières compactes. La roche présente un fond cryptocristallin en majeure partie formé de calcédoine avec géodes et veinules de quartz. La calcédoine est facilement transformable à la cuisson.

On y trouve de très petits sphérolithes à structure radiée et quelques géodes de quartz (fig. 7) La roche provenant d'une silifica-



Fig. 7. — *Lumière polarisée.*

tion complète de certains calcaires renferme forcément des résidus de calcaire, d'où fusibilité relativement grande.

Silex rubané : Le fond du silex est formé d'une silice cryptocristalline avec zones minces de calcédoine et géodes de quartz (fig. 8).



Fig. 8. — *Lumière polarisée.*

Ce silex est le résultat d'un phénomène de silification tout à fait différent de la recristallisation du ciment dans les quartzites. Les silex ne peuvent être extraits que des gisements remaniés. Au feu, ces roches éclatent. Aussi cette matière est-elle nettement à rejeter.

Essais chimiques, physiques et mécaniques des matières premières.

L'examen pétrographique, si intéressant soit-il, n'est pas suffisant. *L'analyse chimique* est un élément qu'il faut posséder quand on examine les matières premières propres à la fabrication des briques de silice de premier choix.

Quoique n'ayant rien d'absolu, on peut admettre comme analyse : SiO_2 , 95 à 97 % ; fondants 5 à 3 %.

Parmi ces fondants :

Fe_2O_3 , 2 % ; Al_2O_3 , 1 à 1/2 % ; CaO , 1/2 % ; K_2O ; Na_2O , néant ou traces ; MgO , quelques dixièmes ; de même pour la perte au feu.

La tenue au feu donne l'allongement pour cent et montre la façon dont la matière se comporte quant à sa résistance mécanique. On soumet les échantillons pendant deux ou quatre heures aux températures de 1500°, 1650° et 1710°. Certains quartzites chauffés à 1710° prennent un allongement inférieur à 10 %, d'autres un allongement de 15 %. Pour que les produits de silice n'aient pas une dilatation exagérée dans les fours, il est préférable d'utiliser des matières premières à faible allongement.

Après les différentes cuissons, la matière ne peut pas être friable ; en outre, elle ne peut pas présenter de commencement de vitrification à 1710°. On peut se rendre compte de la plus ou moins grande facilité de transformation de la silice en déterminant sa densité absolue après les différentes chauffes.

Il est évident qu'après avoir choisi la matière première qui paraît pouvoir donner de bons résultats, il faut que tous les essais soient exécutés sur les briques de silice mêmes.

CHAPITRE II

Briques de silice.

Etude des caractères pétrographiques : L'examen au microscope fournit des indications sur la granulation, la grosseur relative des



Fig. 9. — *Lumière naturelle.*

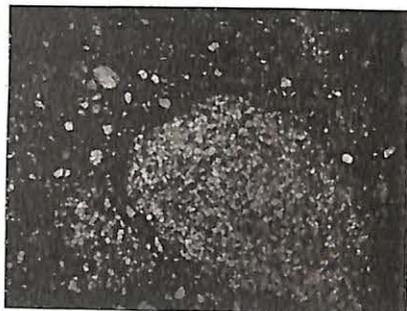


Fig. 9bis. — *Lumière polarisée.*

grains et leur forme plus ou moins arrondie, l'enrobage des grains dans la pâte, indiquant si le malaxage et le moulage ne laissent pas à désirer ; sur la nature de la matière première, sur le degré de cuisson et les minéraux étrangers qui se trouvent dans la pâte.

Les fig. 9 et 9bis montrent une brique dont la matière première est hétérogène : les gros fragments sont formés par un grès à grain très fin et à peine quartziteux, les menus fragments sont composés de grains quartziteux de taille bien plus grande que les éléments du grès précédent. On remarque que les gros fragments sont arrondis, ce qui prouve que le broyage laisse à désirer. La cuisson est insuffisante pour obtenir un début de transformation du quartz. Il n'y a aucun développement de tridymite dans la pâte.



Fig. 10 — *Lumière naturelle.*



Fig. 10bis. — *Lumière polarisée.*

Les fig. 10 et 10bis indiquent une brique dont la matière première est un grès formé de grains quartziteux grossiers et très irréguliers comme taille et dimensions, ayant laissé entre eux de larges vides en partie remplis par le développement d'une enveloppe concrétionnée de calcédoine autour des grains ; les grains de quartz ont été ainsi réunis par la calcédoine en un grès à ciment calcédoineux. Le broyage est satisfaisant, les fragments sont anguleux. La proportion de fin à peu près impalpable est bonne. La cuisson est insuffisante pour produire un début de transformation de la matière première, même des fragments les plus fins, aucun développement de tridymite dans la pâte. Le gonflement à l'emploi dans les fours sera probablement fort.

Les fig. 11 et 11bis représentent une brique dont la matière première est du quartzite. La brique est presque entièrement transformée par

la cuisson. La pâte présente un abondant développement de tridymite. De très beaux cristaux triangulaires de tridymite se développent



Fig. 11. — *Lumière naturelle.*



Fig. 11bis. — *Lumière polarisée.*

aussi à la périphérie des fragments de matière première. On constate l'attaque chimique graduelle des fragments.

Ce type présente à peu près le maximum de transformation qu'il semble possible d'obtenir à la cuisson. Gonflement probable à l'emploi nul, peut-être même peut-il se produire une tendance à un léger retrait.



Fig. 12. — *Lumière naturelle.*

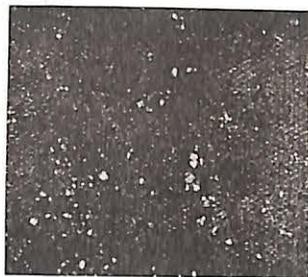


Fig. 12bis. — *Lumière polarisée.*

Les fig. 12 et 12bis se rapportent à une brique allemande de quartzite. La matière première est en partie transformée, bien que les fragments restent reconnaissables en lumière naturelle. En lumière polarisée, on voit que la plus grande partie des grains quartzeux sont transformés et ne se polarisent plus, les plus gros seuls ont résisté. Il se présente un assez abondant développement de tridymite en très fines aiguilles dans la pâte.

Les fig. 13 et 13bis représentent une brique usagée. La tête de la brique, première zone, non chauffée à une température dépassant celle de sa cuisson, a gardé sa structure et sa composition originelles.



Fig. 13. — *Lumière naturelle.*



Fig. 13bis. — *Lumière polarisée.*

La matière première est hétérogène et se compose de quartzite avec fragments de silex rubané, des parties sont constituées par du grès légèrement quartziteux à ciment microcristallin. On constate un défaut d'adhérence de la pâte aux gros fragments, provenant d'une part d'un malaxage à pression insuffisante, d'autre part des alternatives de chauffage et de refroidissement.

La transformation à la cuisson est incomplète :

1. Certains petits fragments de quartzite sont transformés et ne se polarisent plus, mais en général leur transformation est incomplète surtout en ce qui concerne les zones et géodes quartzieuses du silex rubané.

2. Le grès a encore gardé intégralement sa structure originelle même pour son ciment cristallin, cette matière première est donc plus difficilement transformable que la précédente. Il n'y a pas de début appréciable de développement de tridymite dans la pâte.

Les fig. 14 et 14bis montrent une seconde zone de la même brique ; cette zone 2 montre une transformation plus avancée du quartz dans les fragments de matière première. Les plus petits fragments sont attaqués par les sels de fer qui s'infiltrèrent dans la pâte, celle-ci prend une teinte brune ou noirâtre, la tridymite se développe abondamment dans la pâte. Les gros grains de quartz seuls polarisent encore.

Dans la zone 3, fig. 15 et 15bis, de teinte noire, on ne distingue plus à l'œil les fragments de matière première. Cependant au microscope on les discerne encore en lumière naturelle mais les plus petits

Fig. 14. — *Lumière naturelle.*Fig. 14bis. — *Lumière polarisée.*

ont disparu à peu près intégralement. Le fond de la brique est devenu assez vacuolaire et il est formé exclusivement par un enchevêtrement de cristaux de tridymite englobés dans l'oxyde de fer magnétique Fe_3O_4 . Les gros fragments eux-mêmes sont envahis par de grands

Fig. 15. — *Lumière naturelle.*Fig. 15bis. — *Lumière polarisée.*

cristaux de tridymite se développant de la périphérie vers le centre sous l'action catalysante des fondants. Le centre même d'un grand fragment (au bas de la microphoto) ne polarise plus, mais n'est pas encore gagné par le développement de la tridymite.

La zone 4 (fig. 16 et 16bis), qui est celle se trouvant directement en contact avec la flamme des fours, présente une teinte grise. Sa structure est complètement différente de celle des autres zones. L'existence de bulles arrondies permet de penser que cette zone a été à l'état pâteux et qu'elle a pris une structure nouvelle par refroidissement.

Fig. 16. — *Lumière naturelle.*Fig. 16bis. — *Lumière polarisée.*

La proportion d'oxyde de fer y est moins grande que dans la zone 3. La silice y est encore nettement séparée de l'oxyde de fer mais elle s'y trouve sous une toute autre forme, elle se présente en masses à structure sphérolitiques séparées par l'oxyde de fer, rappelant la cristobalite mais polarisant bien plus fortement que celle-ci.

Essais chimiques, physiques et mécaniques.

L'analyse doit renseigner tous les éléments qui se rencontrent dans la brique. La détermination des fondants en sulfate peut se faire, et la proportion de la brique moyenne doit donner une teneur inférieure à 12 %. Aucun essai ne peut donner plus de 13 %. Il est préférable de faire la détermination des fondants par l'analyse complète, quoique celle-ci soit longue et difficile.

Essais physiques et mécaniques.

1. *Densité apparente* : On opère sur des briques séchées à 100°.

$$\text{On exprime : } d = \frac{\text{Poids en grammes}}{\text{Volumes en centimètres cubes.}}$$

Il faut que la densité apparente soit aussi élevée que possible, généralement les bonnes briques accusent au moins $d = 1.65$.

2. *Densité absolue* : Elle est déterminée par le volumétre, par exemple le volumétre de Candlot et Le Chatelier. Soit V. le volume de liquide déplacé, P. le poids en grammes de la matière immergée. $D = P/V$.

Après deux chauffés à 1600°, la densité absolue des bonnes briques atteint généralement au plus 2.40. Elle diminue après des chauffés successives à 1600° pour descendre à 2.31. La densité absolue de la matière première étant de 2.65 à 2.66, on peut avoir une idée de la transformation de la matière au cours de la cuisson par la détermination de la densité absolue de la brique.

3. *Porosité relative ou poids d'eau absorbé en %* : Pour déterminer la porosité relative, on pèse le produit sec, on l'immerge après durant 24 heures dans l'eau et on le pèse à nouveau. L'augmentation de poids divisée par le poids du produit sec indique la porosité relative. Cette porosité est parfois élevée dans certaines briques : 18 % et parfois elle est aussi relativement basse : 9 %. On fait les mêmes remarques pour les mauvaises briques. Il n'y a donc rien à conclure de cette mesure, alors que la variation de la porosité relative avant et après deux chauffés à 1600° semble indiquer qu'elle est faible pour les bonnes briques : 3 % au maximum, tandis qu'elle est élevée pour les mauvaises briques : 6 à 7 %.

4. *Porosité absolue ou volume des pores pour cent* : Elle se déduit des chiffres de la densité apparente d et de la densité absolue D.

$$\frac{(1-d)}{D} 100 = \text{porosité absolue.}$$

La porosité absolue ne varie guère avec les bonnes et mauvaises briques. La mesure ne paraît pas pouvoir servir utilement.

5. *Point de fusion* : On opère sur les pyramides de même forme que les montres étalonnées, fondant à des températures connues. La température de fusion des briques doit être au moins égale à 1710° C.

6. *Dilatation linéaire. Tenue au feu* : On opère sur des baguettes prismatiques à section carrée de 20 millimètres de côté taillées dans la brique. Après deux chauffés à 1600° C, il faut que l'allongement ne dépasse pas 5 %. De mauvaises briques ne donnent d'ailleurs pas toujours de grands allongements. Il est à remarquer que le chauffage brusque peut donner des gonflements linéaires trois fois plus considérables que l'échauffement lent. Il est donc nécessaire d'amener lentement et progressivement les briques à la plus haute température

et ce tant dans la fabrication que dans leur utilisation. Après chauffage la matière doit rester compacte, souvent des grains sont éclatés et se détachent, ou bien la matière est devenue friable. Ces produits ne conviennent évidemment pas pour les fours Siemens.

7. *Résistance à la compression à la température ordinaire* : On place, entre les mâchoires d'une presse, deux moitiés de brique superposées. Pour assurer une bonne portée on interpose des feuilles de carton épais entre les cubes et les plateaux de la presse.

La résistance à l'écrasement à froid n'a de l'importance que pour la manipulation des produits. On peut admettre 125 à 150 kilogrammes par centimètre carré pour les bonnes briques.

8. La résistance à l'écrasement à 1500° C, qui se détermine sur des cubes de 2 centimètres de côté après deux chauffés à 1600° C, fournit des indications précieuses. Pour les bonnes briques, on trouve un taux de rupture au moins égal à 40 kilogrammes par centimètre carré. Le défaut de supports suffisants a empêché de faire les essais à plus haute température.

9. *L'écaillage* : M. Le Chatelier fait remarquer l'importance que l'on attache en Amérique au phénomène de l'écaillage, qui est un défaut propre aux briques de silice. C'est la rupture des briques à basse température. Une mise à feu trop rapide peut provoquer le phénomène, le chauffage intermittent produit des fentes et la surface de ces briques se détache par plaquettes. La cause réside dans le changement brusque des dimensions linéaires lors de la transformation de la cristobalite. L'écaillage se manifeste surtout dans les briques de faible densité, donc bien cuites. Le danger de l'écaillage peut être atténué par une mise à feu convenable du four. Cette mise à feu doit être lente et régulière jusqu'à ce que la température du rouge naissant soit atteinte.

CHAPITRE III

La fabrication des briques de silice.

I. — *Matières premières. Leur préparation* : Les matières première rigoureusement propres sont concassées dans un broyeur à cylindres. Le broyeur à cylindres donne des grains à angles bien vifs. A la sortie du broyeur, les matières sont tamisées et classées. Habituellement on utilise trois grosseurs, les grains de 2 à 8 millimètres dans une proportion de :

1. Grenaille avec 40 % du plus gros ;

2. Menu avec 60 % du plus fin.

Puis environ 25 % de fin impalpable qui est obtenu au tube Dana. Le fin impalpable traverse le tamis n° 200 (4,900 mailles au centimètre carré).

II. — *Agglomération* : L'agglomérant habituellement utilisé est la chaux, soit à l'état de lait, soit à l'état de chaux éteinte ajoutée en poudre fine au mélange. Dans ce cas, il est préférable de faire passer la chaux au tube broyeur et de le mélanger ainsi à l'impalpable. On a le maximum de finesse de la chaux d'addition en l'éteignant et en l'ajoutant sous forme de lait à la matière première. Il faut faire l'extinction à l'eau bouillante et utiliser la réaction même pour avoir la masse de liquide chaude nécessaire.

La quantité de chaux ajoutée comme agglomérant ne dépasse pas habituellement 2 %. Plus la proportion de farine ou fin impalpable est forte, plus la quantité de chaux d'addition peut être faible et parfois peut-on descendre en-dessous de 1 %.

III. — *Mélange* : On procède à un mélange préalable et on termine l'opération dans un broyeur à meules de trois tonnes, ce qui amène une liaison intime de la grenaille et de la pâte. On ajoute de l'eau dans la proportion de 12 à 15 % du poids de la matière sèche. Le poids d'eau doit augmenter lorsqu'il y a dans la masse une forte proportion d'impalpable. La résistance des briques sèches et cuites est d'autant plus grande que la quantité d'eau ajoutée est plus élevée. La limite est donnée par la possibilité du transport des briques moulées.

IV. — *Moulage* : Le moulage à la main donne des produits très satisfaisants. La compression par chocs est préférable à la compression à la presse. Cependant, pour augmenter le rendement, on utilise des presses qui donnent jusque 750 kilogrammes de compression par centimètre carré. Les briques obtenues sont bien moulées, surtout si l'épaisseur n'est pas trop forte.

V. — *Séchage* : Les briques doivent être bien séchées avant l'enfournement, elles doivent avoir une résistance suffisante pour pouvoir être empilées dans le four de cuisson. Le séchage se fait en quelques heures sur des aires chauffées.

VI. — *Cuisson* : L'échauffement doit être lent, il s'agit d'éliminer les dernières traces d'humidité sans faire éclater les produits. On poussera la cuisson jusque 1450° C au minimum, en maintenant cette température durant au moins 24 heures. Le refroidissement doit être lent et progressif. La qualité des briques dépend en grande partie de la cuisson.