

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers
Adresse	Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1903-1931
Nombre de volumes	23
Cote	CNAM-BIB P 1329-A
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039047083
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A
LISTE DES VOLUMES	
	N° 1 - Tome I (1903-1904)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N° 2 - Tome I (1903-1904)
	N° 3 - Tome I (1903-1904)
	N° 4 - Tome I (1903-1904)
	N° 5 - Tome I (1903-1904)
	N° 6 - Tome I (1905-1906)
	N° 7 - Tome I (1905-1906)
	N° 8 (1906)
	N° 9 (1906)
	N° 10 (1907)
	N° 11 (1907)
	N° 12 (1907)
	N°13 (1908)
	N°14 (1908)
	N°15 (1908)
	N°16 (1911)
	N°17 (1917)
	N°18 (1919)
	N°19 (1919)
	N° 20 (1922)
	N° 21 (1924)
	N°22 (1927)
	N°23 (1931)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers
Volume	<u>N° 2 - Tome I (1903-1904)</u>
Adresse	Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1904
Collation	1 vol. (43 p.-4 p. de pl.) : fig., plans ; 24 cm
Nombre de vues	52
Cote	CNAM-BIB P 1329-A (2)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	10/04/2025
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039047083
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A.2

80 K 102 (99)

BULLETIN
DU
LABORATOIRE D'ESSAIS
MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES
DU
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

21329-A

N° 2. — Tome I (1903-1904).

EXTRAIT

du rapport de Mission donnée au chef de la section des Matériaux de construction au Congrès de chimie de Berlin (Juin 1903)

I

Laboratoires d'essais

II

Fabrication du ciment par fours rotatifs. Description de deux usines

III

Filtre Beeth

IV

Essais de ciments de fours rotatifs

V

Sur un procédé simple et rapide permettant de différencier une chaux grasse d'une chaux hydraulique

PAR

E. LEDUC

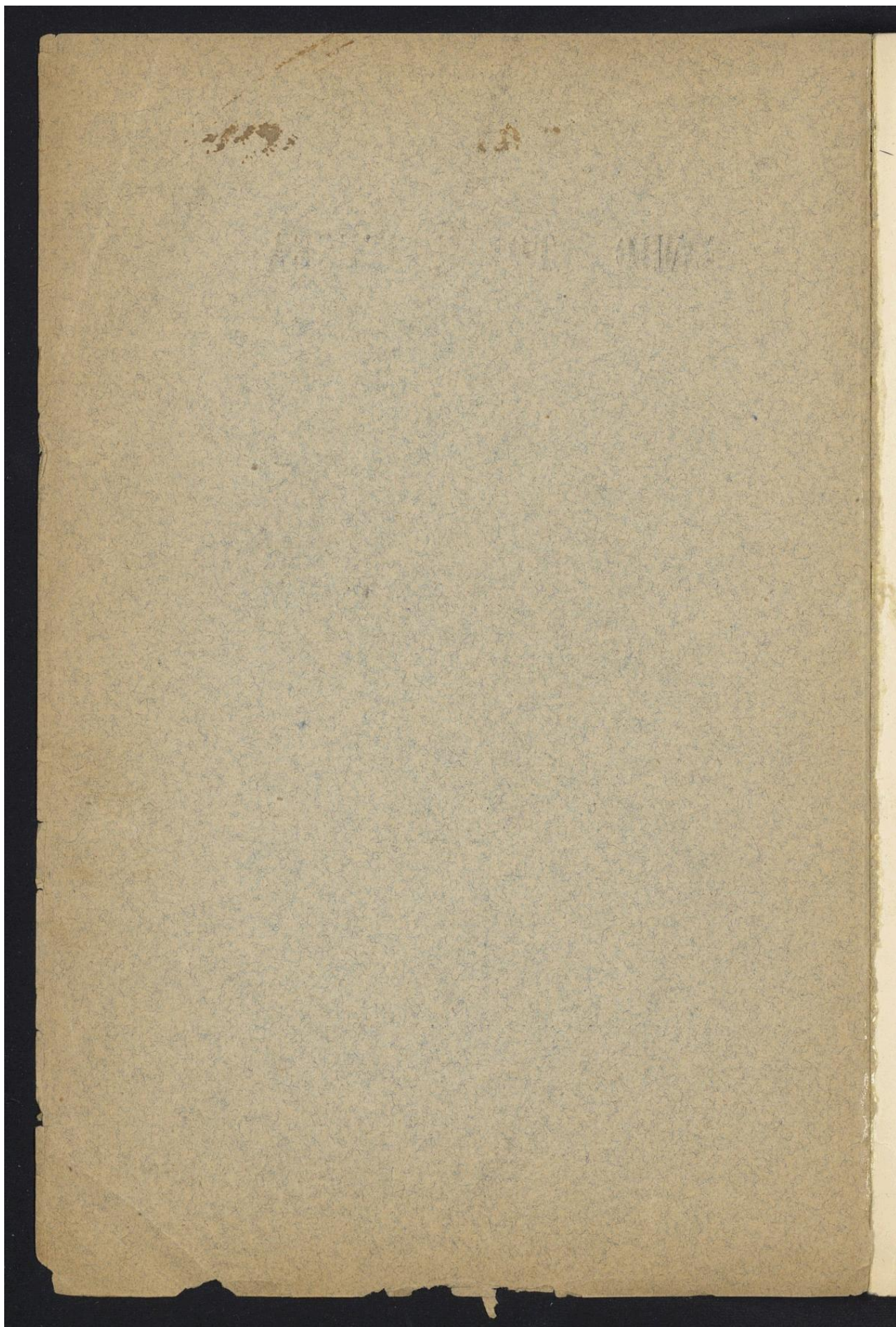
Chef de la section des Matériaux de construction au Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers à Paris

PARIS
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR
Successeur de BAUDRY & C^{ie}

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15
MÊME MAISON A LIEGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1904

Tous droits réservés



80 Ku 107 (99)

EXTRAIT

du rapport de Mission donnée au chef de la section des matériaux
de construction au Congrès de chimie de Berlin (Juin 1903)



EXTRAIT

**du rapport de Mission donnée au chef de la section des matériaux
de construction au Congrès de chimie de Berlin en juin 1903.**

Il n'entre évidemment pas dans le cadre de ce rapport de faire ressortir l'utilité des Congrès internationaux de chimie appliquée ; toutefois, je crois utile de signaler l'importance toute particulière de ce Congrès qui comptait 3.200 adhérents, dont 2.200 présents à Berlin.

L'industrie et la science françaises étaient représentées par environ 250 membres français présents dont un certain nombre de délégués officiels, MM. Moissan, Lindet et Jablin-Gonnet, l'auteur de cette étude, représentaient le Ministère du commerce ; MM. Moissan Lebeau, Bertrand, Etard, Sabatier, Gayon, Vigouroux, Buisine, Guntz, Petit représentaient le Ministère de l'instruction publique, et M. Desortiaux le Ministère de la guerre.

Nous ne saurions trop remercier M. Moissan, chef de la Mission, qui a bien voulu user de sa haute influence pour nous faciliter la recherche des documents qui nous ont permis de rédiger ce rapport.

Parmi les nombreuses communications mises à l'ordre du jour, un grand nombre de travaux ont été présentés par des membres français.

En ce qui concerne les chaux et les ciments nous avons présenté une note suivie d'une démonstration pratique, sur un procédé rapide permettant de distinguer en quelques minutes une chaux grasse d'une chaux hydraulique ou d'un ciment.

Cette question est en effet de grande importance pour l'industrie française.

Depuis la mise en vigueur du nouveau tarif de douane, c'est-à-dire depuis 1892, les fabricants de chaux et de ciments de la région de Tournai (Belgique) qui, d'après l'esprit du tarif des douanes devaient payer à l'entrée de la chaux hydraulique en France un droit de 2 francs par tonne au tarif minimum, ont trouvé un moyen extrêmement simple d'éviter toute taxe.

En effet, le texte du tarif porte :

« Chaux hydraulique en sacs ou en tonneaux ».

Tarif général 0 fr. 25 les 100 kilos.

Tarif minimum 0 fr. 25 les 100 kilos.

Pour éviter d'acquitter ce droit, les industriels étrangers envoient tout simplement leur chaux hydraulique en vrac dans des wagons bâchés et surtout dans des bateaux !

Les fabricants français ont mis tout en œuvre pour arriver à réprimer cette

fraude. Ils ont notamment adressé aux députés de la région du nord une pétition résumant parfaitement la question. Malheureusement, comme on croit généralement qu'il est impossible d'envoyer de la chaux hydraulique en vrac, et qu'on ne peut distinguer après un essai sommaire fait dans un bureau de douanes une chaux hydraulique d'une chaux grasse, leur pétition est restée sans effet.

Avec les procédés actuellement en usage, basés soit sur le temps de prise du produit, sa résistance mécanique à l'effort de traction ou même sa composition chimique, on ne peut discerner immédiatement un produit hydraulique d'une chaux grasse, l'opération quelle qu'elle soit pouvant exiger plusieurs jours.

Il importait donc de trouver un procédé simple et rapide permettant de classer une chaux dans la catégorie qui lui appartient sans recourir à l'analyse chimique ni aux essais mécaniques exigeant un temps plus ou moins long. C'est cette méthode qui a fait l'objet de notre communication.

En dehors des séances du Congrès nous avons visité :

La section des matériaux de construction du Laboratoire de Charlottenburg ;
L'Université de Chimie ;

Le Laboratoire de M. Michaelis, technicien qui, pour les chaux et ciments, a fait faire en Allemagne le plus de progrès à cette industrie ;

L'établissement de MM. Seger et Cramer ;

Le Laboratoire d'essais de l'association des fabricants allemands de ciment ;

La fabrique royale de porcelaine de Berlin ;

Et deux usines à ciment possédant des fours rotatifs.

I

LABORATOIRES D'ESSAIS

Section des matériaux de construction du laboratoire d'essais de Charlottenburg

Cette section, placée sous la direction de M. le professeur Gary, centralise au Laboratoire de Charlottenburg les essais de matériaux de construction autres que les métaux.

En dehors de l'outillage courant nécessaire pour les essais de matériaux, elle possède :

Un broyeur à billes ;

Un chassis à scier les briques ;

Une scie verticale à plusieurs lames diamantées (constructeur Dorffurt à Berlin) ;

Une scie circulaire à lame en zinc sciant à l'aide de poudre de diamant, d'huile de vaseline ou de pétrole (constructeur Henrich à Hanau);

Un plateau lapidaire très ordinaire ;

Une machine à raboter avec des rabots diamantés (constructeur Henrich);

Une machine à glace à acide sulfureux pour les essais de gélivité;

Un marbre à polir à mouvement alternatif ;

Des machines à mélanger le mortier ;

Un appareil Böhme (pour la fabrication des éprouvettes

Un appareil Klebe (de mortier

Les petits appareils de Tetmajer de Zurich ;

Des boîtes en zinc pour la conservation des éprouvettes dans une salle spéciale ;

Des tamis divers.

Autour du pavillon se trouve disposée une série de murettes destinées à servir d'appui à des essais d'application de matériaux de construction.

Nous ne pouvons connaître les surprises que nous réserve l'installation du nouveau Laboratoire de Lechterfeldt, mais telle qu'elle existe actuellement nous sommes persuadé que la section des matériaux du Laboratoire du Conservatoire répond au moins aussi bien aux besoins actuels de l'industrie que celle du Laboratoire de Charlottenburg dont le rôle est uniquement d'essayer les produits soumis à son appréciation.

Ce qui différencie la section des matériaux du Laboratoire du Conservatoire de celle du Laboratoire de Charlottenburg c'est que, non seulement nous pouvons, au Conservatoire, essayer les matériaux, mais, ce qui est au moins aussi précieux pour les industriels, nous pouvons les fabriquer, en étudier les différentes phases, les suivre dans les diverse périodes de leur fabrication, pour finalement les soumettre aux essais prescrits.

Notre installation ressemble en effet beaucoup plus à une usine possédant en plus des éléments de fabrication tous les éléments d'appréciation qu'à un laboratoire purement d'essais tel que nous avons pu le voir à Charlottenburg.

Comme nous l'avons écrit plus haut le Laboratoire de Charlottenburg va être transporté sous peu près de Lechterfeldt à quelques kilomètres de Berlin, où il disposera d'une installation qui, dit-on, sera unique. Un emplacement de 2 hectares pouvant être porté à 5 a été mis à la disposition du laboratoire avec un crédit de plusieurs millions de marks, et le laboratoire ne possédera que des machines allemandes dont la plus puissante sera de 1.000 tonnes.

Cette transformation a été rendue nécessaire par suite de l'extension que prennent en Allemagne les applications des méthodes d'essais les plus perfectionnées aux produits les plus usuels.

Université de Chimie

Cet établissement comprend toute une série de laboratoires qui, aussi bien ceux des professeurs que ceux des élèves sont d'installation toute moderne. Ils ne présentent du reste rien de particulièrement intéressant si ce n'est la façon grandiose dont ils sont installés.

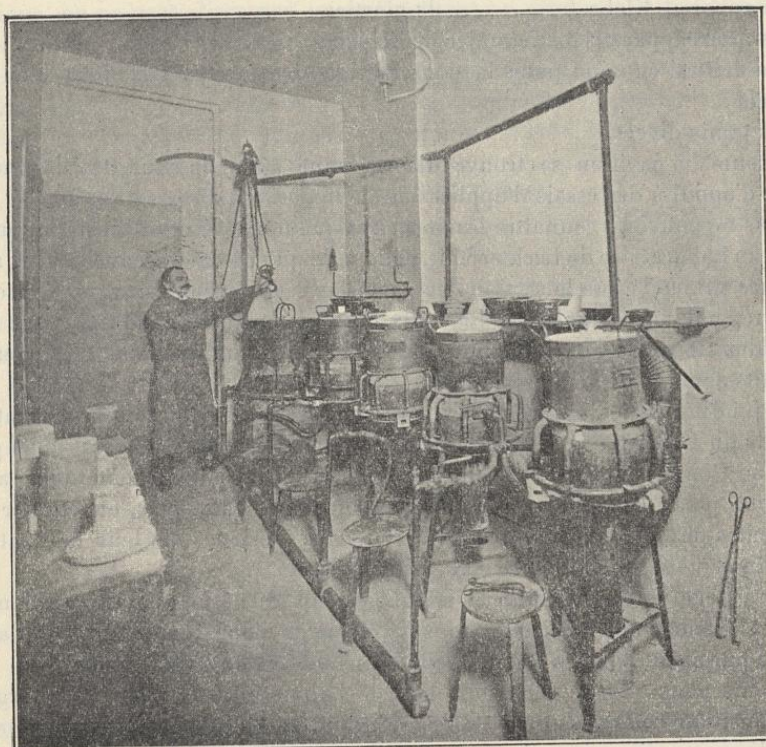


Fig. 1. — Laboratoire Seger et Cramer.
Salle des fours pour la cuisson des éprouvettes en argile.

Laboratoire de MM. Seger et Cramer

Le Chemisch Laboratorium für Tonischindustrie occupe Kruppstrasse 6, un hôtel particulier abritant une soixantaine d'employés, chimistes, ingénieurs et rédacteurs.

Il fut créé en 1877 par le professeur H. Seger, rédacteur du journal *Notizblatt* publié par l'association allemande pour la fabrication des briques, pote-

ries, chaux et ciments, qui s'associa avec le professeur Aron, puis plus tard avec le professeur Cramer (1).

Sous l'impulsion scientifique et commerciale de MM. Seger et Cramer cet établissement devint rapidement ce qu'il est actuellement, le premier laboratoire du monde pour l'étude des produits dérivés de l'argile.

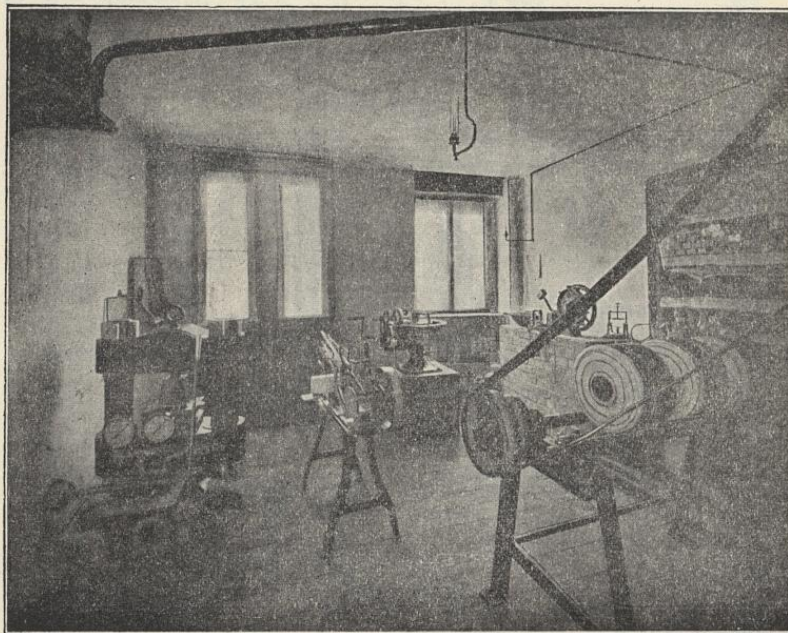


Fig. 2. — Laboratoire Seger et Cramer.

Presse hydraulique	Salle des machines	Machine	
	Scie Mélangeur	Böhme	Broyeur à jarre

Sous la direction personnelle de M. Seger les méthodes de contrôle chimique des industries de l'argile prirent un essor tout particulier; nous rappellerons que M. Seger est l'inventeur des montres dites de Seger utilisées dans l'industrie céramique.

Le Laboratoire Seger devint bientôt une véritable école de céramistes, dans lequel des savants tels que Bischof, Bohme, Henige, Heintzel, Herzog, Mendheim, Bernouilly, y produisirent nombre de leurs travaux.

Actuellement douze chimistes travaillent dans les laboratoires.

En plus du laboratoire proprement dit, existe un service pour la vente de tous les appareils et ouvrages concernant les industries de l'argile, ainsi qu'un bureau spécial pour l'étude des brevets se rapportant à ces industries.

(1) Ces renseignements nous ont été fournis par M. Cramer, que nous ne saurions trop remercier en la circonstance.

Le laboratoire publie également un journal technique spécial universellement répandu : la *Thonindustrie-Zeitung*.

Cette vaste institution est actuellement placée sous la direction de MM. le docteur Hecht et Mackler, conseillers du Gouvernement, et du chimiste Cramer.

La *Thonindustrie-Zeitung*, qui se trouve partout où l'on s'occupe de l'argile, est actuellement l'organe des syndicats ci-dessous :

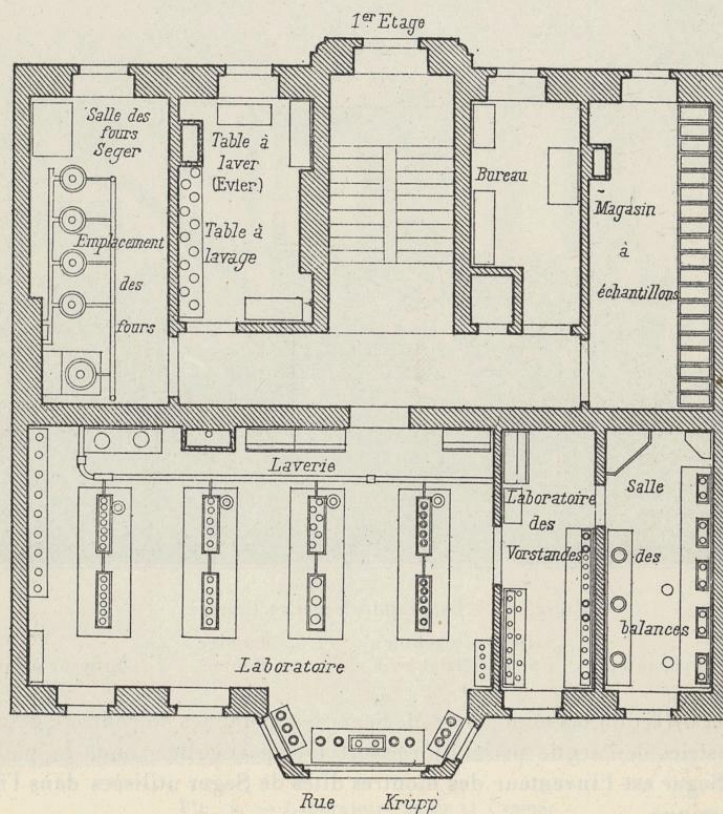


Fig. 3. — Laboratoire Seger et Cramer.
Plan.

Syndicat officiel de la poterie ;

» » des briquetiers ;

» » de l'Association allemande pour l'industrie de l'argile, du ciment et de la chaux.

Association des usines allemandes de produits réfractaires ;

» des fabricants allemands de portland artificiel ;

» allemande du béton ;

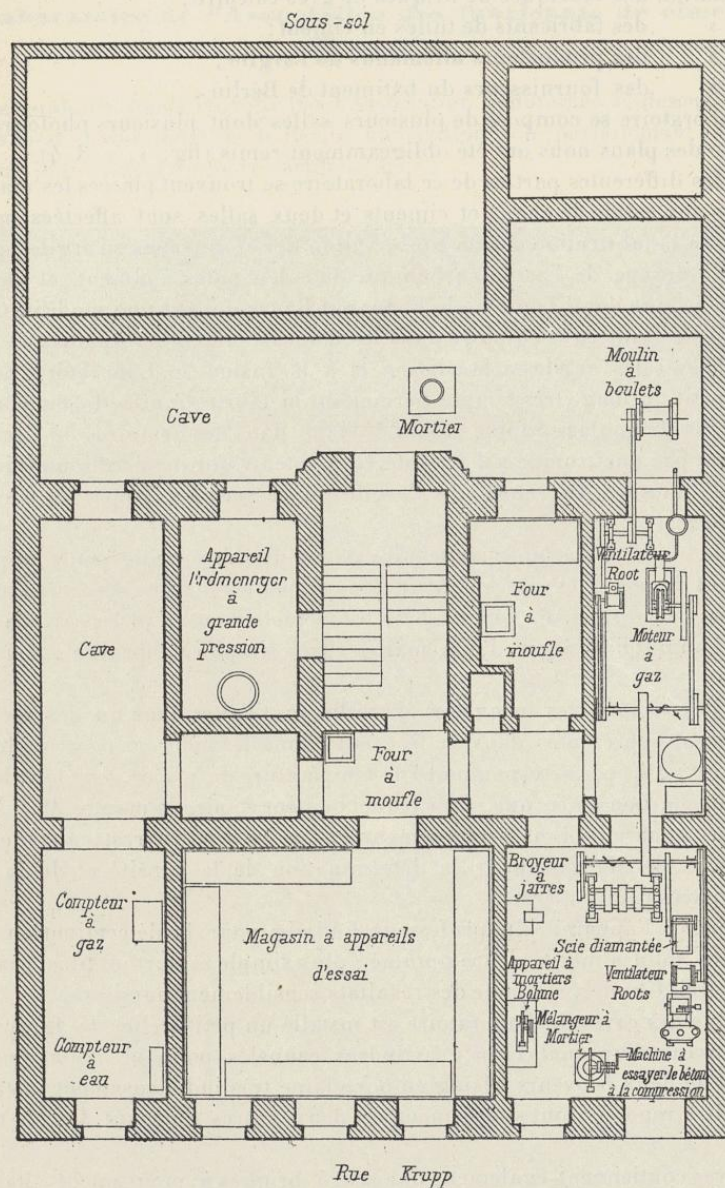


Fig. 4. — Laboratoire Seger et Cramer.
Plan.

Association pour la protection des ouvriers des propriétaires de briqueteries ;
» allemande du plâtre ;

Association des fabriques de briques de grès calcaire ;

- » des fabricants de tuiles en ciment ;
- » des producteurs allemands de l'argile ;
- » des fournisseurs du bâtiment de Berlin ;

Le Laboratoire se compose de plusieurs salles dont plusieurs photographies ainsi que des plans nous ont été obligeamment remis (fig. 1, 2, 3, 4).

Dans les différentes parties de ce laboratoire se trouvent placées les machines destinées aux essais de chaux et ciments et deux salles sont affectées particulièrement à la fabrication et à la conservation des éprouvettes en argile.

Pour le dosage de l'acide carbonique dans les pâtes à ciment, et dans les calcaires, je signalerai l'emploi de l'appareil Bauer qui est une modification de l'appareil de Bunte très employé dans les usines à ciment en Allemagne.

Pour l'essai des argiles à la cuisson et à la fusion, le Laboratoire possède tout un petit outillage très simple permettant la fabrication facile des cônes de Seger, leur démoulage rapide et leur séchage dans des armoires où circule de l'air aspiré par une trompe s'il y a intérêt à obtenir une dessiccation rapide.

Pour la mesure du retrait de l'argile on se sert de l'appareil tâteur de Bauschinger.

Pour la cuisson des éprouvettes il existe tout une série de petits appareils permettant de poser les cônes debout dans de petites cazettes séparées, qui font que l'essai des argiles qui, en France, est actuellement à peu près ignoré, a lieu au Laboratoire Seger d'une manière très simple et absolument méthodique.

Après dessiccation les briquettes d'argiles sont cuites dans un des six fours Seger à gaz, représentés dans la figure 1, dans lesquels on peut fondre des montres n^{os} 18 à 20, correspondant à la température de 1.500°, ou dans le four Deville au charbon de cornue, dans lequel on peut fondre la montre 36 (1.850°).

Certains appareils dont pratiquement on ne se sert du reste aucunement, comme ceux de Martens pour la détermination de la densité et de la prise présentent très peu d'intérêt.

Par contre, l'appareil du professeur Ludwig pour la détermination de la densité des solides mérite d'être nommé ; plus simple et surtout plus pratique que l'appareil Cramer, il donne des résultats sensiblement aussi exacts.

Dans une des caves du Laboratoire est installé un petit atelier de fabrication se composant d'un malaxeur à cylindres cannelés pour le malaxage des argiles et de deux broyeurs Alsing en porcelaine très judicieusement installés ; les cylindres reposent tout simplement sur deux arbres tournant dans le même sens.

Les caves contiennent également une scie à briques à mouvement alternatif qui ne présente rien de particulier, un mélangeur à mortier et une machine Bohme pour la fabrication des éprouvettes en ciment (fig. 2) (1).

(1) Tous ces appareils comme ceux dénommés ci-après existant à la section des matériaux du Laboratoire du Conservatoire seront décrits ultérieurement.

Laboratoire de l'Association des fabricants de ciment allemands

Ce laboratoire fondé en 1892 par l'Association dénommée ci-dessus, occupe à Karlshorst, à 15 kilomètres de Berlin, un pavillon isolé, parfaitement aménagé, construit entièrement en pierre artificielle.

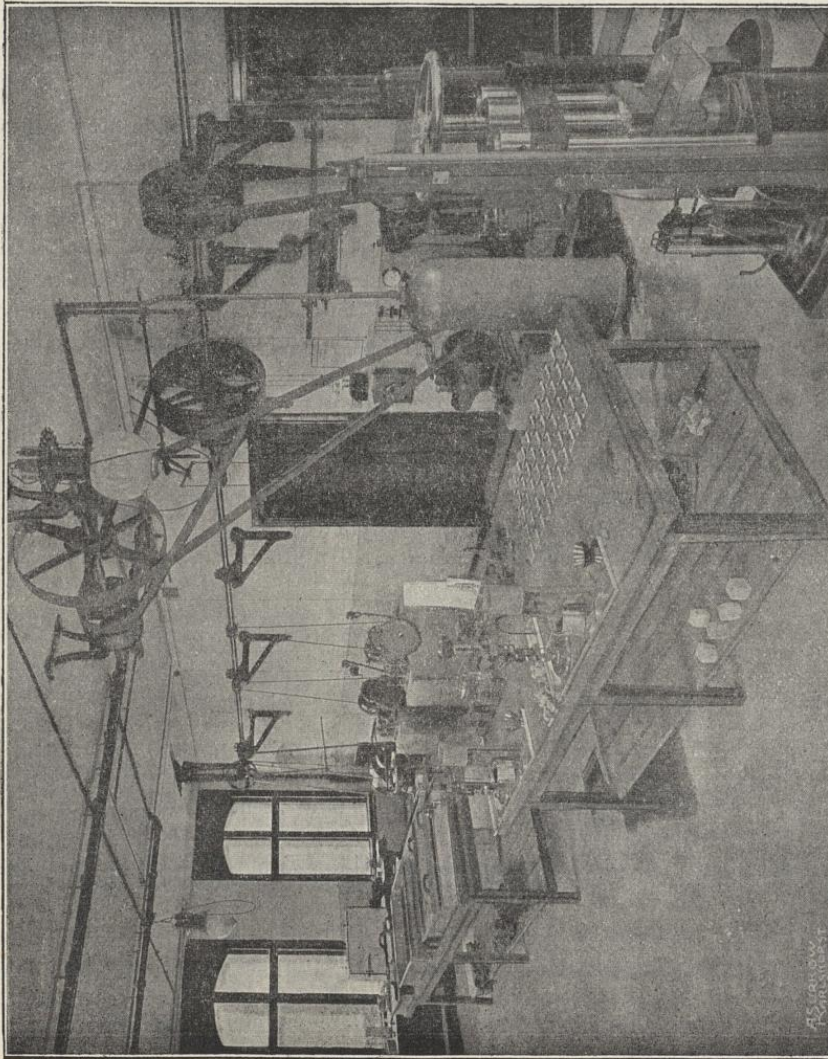


Fig. — Laboratoire de Karlshorst : Salle de préparation des éprouvettes.

La Direction de cet établissement a été confiée à M. le docteur Loebell, ancien assistant du docteur Shott, d'Heidelberg, spécialiste pour l'industrie du ciment.

Les fabricants de ciment de l'Association utilisent les services de ce laboratoire non seulement pour les recherches dont ils peuvent avoir besoin pour l'essai des produits manufacturés, la conduite de leur fabrication, et les perfectionnements à y apporter, mais encore pour l'essai des produits annexes de la fabrication, tels que les combustibles, huiles, graisses, etc...

Le Laboratoire de chimie occupe au rez-de-chaussée une vaste salle avec deux tables recouvertes en xyolite et tout l'outillage nécessaire pour la bonne marche d'un laboratoire parfaitement aménagé.

Une salle est spécialement réservée pour les balances et objets de précision : colorimètres, viscosimètres et microscopes.

Une application digne d'être signalée dans l'analyse des ciments est celle du centrifugeur appliquée pour la séparation du plâtre et du laitier, à l'aide d'une solution lourde d'iodure de méthylène.

Nous avons déjà observé et publié certains résultats donnés par l'emploi de ce liquide pour la séparation du laitier ajouté en fraude au ciment; la séparation très délicate et parfois impossible par la méthode de décantation ordinaire, est très simplifiée par l'emploi du centrifugeur.

Divers autres appareils sont également utilisés pour le même usage. L'entonnoir d'Haradas construit par Desaga d'Heidelberg, et l'appareil Wulffing in Gotting du même constructeur.

Les salles superbement éclairées contiennent de magnifiques tables en aggloméré de marbre sur lesquelles sont posés les divers appareils.

Au rez-de-chaussée est située une grande salle (fig. 5 et 6) aménagée pour la préparation des éprouvettes.

Ce matériel comprend :

- 2 machines Bohme ;
- 1 mélangeur à mortier ;
- 1 broyeur Alsing ;
- 1 machine Amsler de 30 tonnes ;
- 1 machine Amsler de 60 tonnes ;
- 1 compresseur pour la marche d'un petit four pour la cuisson du ciment ;
- 1 machine Michaelis.

Toutes les machines sont actionnées à l'aide d'une dynamo.

Une salle est affectée au service des échantillons et à leur conservation ; une autre contient un four Seger, une grande étuve à air sec. Enfin une petite salle réservée à certains essais contenait au moment de notre visite de grands cylindres en verre dans lesquels on expérimentait l'action de l'air sec sur la conservation du béton en faisant passer un courant d'air maintenu artificiellement à la température de $+ 10^{\circ}$.

En plus de son laboratoire officiel, M. le docteur Loebell possède chez lui un petit laboratoire personnel parfaitement aménagé dans lequel nous avons

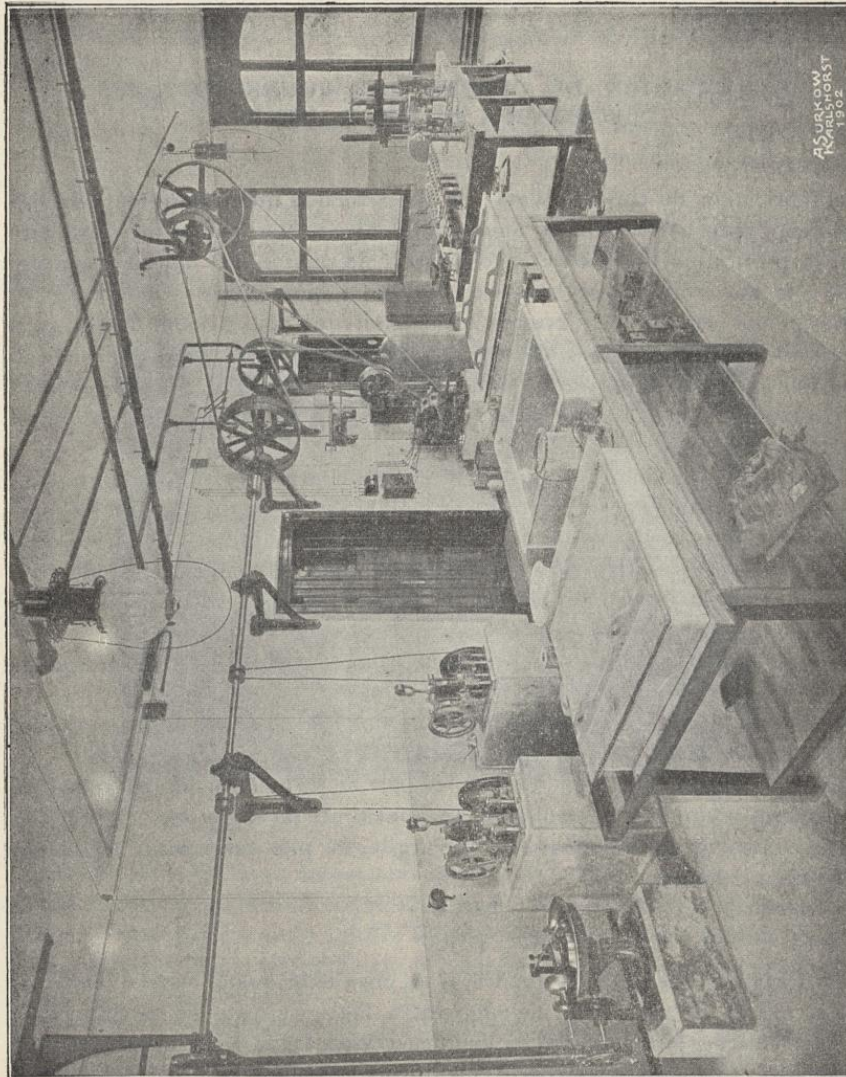


Fig. 6. — Laboratoire de Khar'short : Salle de préparation des éprouvettes.

remarqué deux fours Heraeus permettant le premier d'obtenir la température de 1.300° et de soumettre les objets à l'action d'un courant de gaz quelconque le second, en iridium, donnant une température supérieure à 1.800° .

II

FABRICATION DU CIMENT PAR FOURS ROTATIFS
DESCRIPTION DE DEUX USINES

La fabrication du ciment à l'aide de fours rotatifs intéressant tout particulièrement l'industrie du ciment, nous avons tenu à visiter deux usines installées pour la fabrication du ciment par ce procédé de cuisson, car nous croyons que notre rôle ne devait pas se borner à la visite de laboratoires scientifiques, et d'assister aux séances du Congrès, mais aussi que nous devions autant qu'il nous était possible pénétrer dans la vie industrielle du pays, visiter ses usines, nous lier avec ses industriels les plus autorisés, nous imprégner des procédés nouveaux, des nouvelles applications, en un mot, retirer de notre mission un enseignement pratique pour notre industrie.

Malheureusement, nous avons dû raccourcir singulièrement le programme que nous nous étions tracé, pressé par la date de l'inauguration du Laboratoire du Conservatoire national des Arts et Métiers, 1^{er} juillet. Aussi, de cette méthode dont les résultats auraient pu être intéressants pour notre industrie, nous avons dû, dans son application, nous borner à visiter deux usines fabricant du ciment portland par de nouveaux procédés de cuisson.

Quoi qu'il en soit, nous croyons que cette méthode gagnerait à devenir générale, et que notre industrie y aurait tout intérêt.

On sait que pour fabriquer du ciment portland artificiel il faut d'abord produire un mélange intime de craie et d'argile en réduisant au préalable les matières premières soit à l'état de lait, de pâte ou de poudre, suivant la nature des matières premières, pour obtenir finalement un mélange sec, liquide ou pâteux, contenant sensiblement 21 o/o d'argile, ou plus exactement répondant à l'équation théorique :

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{SiO}^1} = 3.$$

Si le mélange obtenu est en doudre, il est ensuite briqueté, séché et cuit ; si, au lieu d'être en poudre, le mélange est à l'état de pâte ou de lait, il est d'abord desséché, puis concassé ou briqueté et cuit. On se rend immédiatement compte de la manipulation excessivement considérable exigée par le séchage des matières premières, le découpage de la pâte dans les bassins de décantation, son transport dans des séchoirs et sa cuisson.

La cuisson s'opère généralement dans des fours verticaux. Parfois on emploie des fours annulaires — four Hoffman — quoique ce four soit peu à recommandable pour la cuisson du ciment.

Les fours verticaux se divisent en fours intermittents et en fours continus. Les fours intermittents tendent à disparaître quoique beaucoup d'usines en

possèdent encore. Les fours droits intermittents sont de vulgaires fours à chaux surmontés d'un dôme en pain de sucre formant cheminée de tirage. Par leur intermittence même, ces fours exigent une proportion considérable de combustible.

On s'est appliqué à perfectionner ces fours et à les rendre continus, en donnant à la cuisson une marche moins brutale que dans les fours intermittents. Certains fours comme le four Dietz et le four Schneider donnent d'excellents résultats.

Comme les fours précédents, ces fours nécessitent du gros combustible, et exigent une main-d'œuvre coûteuse et parfois, comme dans le four Dietz, extrêmement pénible.

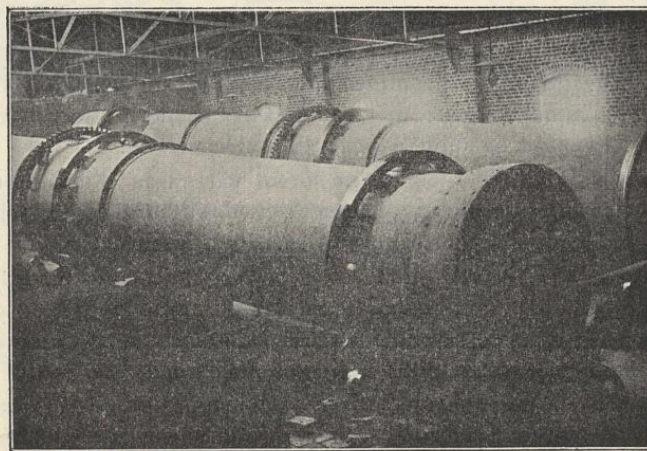


Fig. 7. — Fours rotatifs.

Ce mode de fabrication est surtout dispendieux dans les pays où, comme aux Etats-Unis, la main-d'œuvre est chère ; de plus elle exige une dépense de force humaine parfaitement inutile et parfois extrêmement pénible par le travail nécessité dans les séchoirs, le chargement et le déchargement des fours.

Devant ces inconvénients, on a cherché à remplacer ces fours par des fours rotatifs.

Un four rotatif se compose d'un long cylindre en tôle, légèrement incliné, garni à l'intérieur d'un bon réfractaire, et recevant un lent mouvement de rotation (fig. 7).

La flamme arrive à la partie inférieure, et les matières premières, en poudre ou en pâte, descendent dans le tube par la partie supérieure.

L'idée du four rotatif semble appartenir à Thomas Russell Crampton qui, en 1877, prit en Angleterre une patente pour ce procédé, mais le premier four fut à notre connaissance construit par F. Ransomme.

Rausonne ne semblait pas être très au courant de la fabrication du ciment, car il renvendique dans son procédé la suppression de la mouture. Il pensait que du fait d'introduire de la craie et de l'argile en poudre, il devait en retirer également une matière cuite en poudre. L'auteur ignorait évidemment qu'à la haute température de cuisson du ciment, les matières introduites subissent un commencement de fusion et s'agglomèrent.

Quoique cela, si Ransomme exagérait l'importance, à ce point de vue, de son procédé, il n'en est pas moins vrai que même au point de vue de la pulvérisation, la cuisson par fours rotatifs marque un progrès notable, car les klinkers produits au lieu d'être, comme dans les fours ordinaires, de la grosseur d'une tête, présentent au maximum celle d'une noix.

Ce four qui présentait de nombreux inconvénients fut perfectionné par Stockes qui utilisa la chaleur perdue par les gaz du four, et celle emportée par les klinkers évacués par le four, pour le séchage des matières premières.

De plus Stockes introduisit comme suite à son four un cylindre refroidisseur dans lequel tombaient les klinkers incandescents, ce qui fut un progrès notable qu'on perdit de vue par la suite, pour le reprendre ensuite.

Les fabricants de ciments anglais ne surent pas garder l'invention de leurs compatriotes et l'idée passa en Amérique où elle fut perfectionnée. Actuellement toutes les grandes usines américaines utilisent les fours rotatifs.

Les américains apportèrent de notables perfectionnements dans l'établissement des fours, et notamment dans la garniture intérieure qui se détériorait toujours avec une extrême rapidité. Tout dernièrement Edison a installé une usine dans laquelle se trouvent des appareils monstrueux.

Le ciment pouvant être considéré comme élément basique se combine avec les matières réfractaires acides ; pour éviter ce gros inconvénient MM. Hurry et Seaman eurent l'idée de constituer le revêtement réfractaire du four par du ciment, en enduisant au préalable le revêtement réfractaire d'une bonne couche de sel marin.

Au début les klinkers encore brûlants étaient évacués dans de grands emplacements où ils refroidissaient.

Cette pratique évidemment mauvaise et qui augmentait le prix de revient de la main-d'œuvre nécessaire pour la manutention des klinkers est maintenant abandonnée.

Un second cylindre tournant placé à l'extrémité inférieure du four reçoit les klinkers dans lequel ils se refroidissent soit à l'aide d'un courant d'air, soit tout simplement en parcourant plusieurs fois l'intérieur du cylindre à l'aide d'un mécanisme très simple.

Le premier four tournant qui a été installé en France l'a été par M. Candlot, mais à la vérité la première usine qui ait pratiquement produit du ciment portland uniquement à l'aide de fours rotatifs est l'usine d'Haubourdin, dans le département du Nord, installé par la maison Smidth, de Copenhague.

Depuis lors, un four a été installé à l'usine des ciments français de Boulogne-

sur-Mer, et de nouveaux fours sont en construction à l'usine de M. Candlot et dans deux usines de l'Est et du Midi.

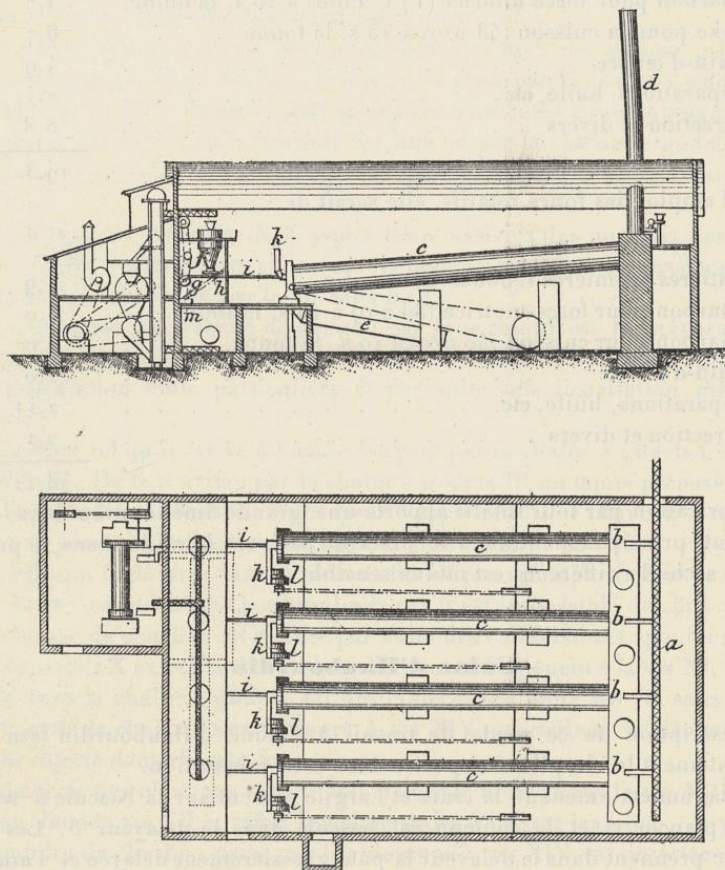


Fig. 8. — Installation de 4 fours rotatifs.

- | | | | |
|---|---|---|---|
| a | Vis d'arrivée de la poudre à cuire. | i | Conduites d'insufflation du charbon. |
| b | Appareil de dosage et de réglage. | k | Conduites d'insufflation de l'air chaud. |
| c | Fours rotatifs de cuisson. | l | Ventilateur pour le refroidissement des roches et pour l'insufflation de l'air chaud. |
| d | Cheminées d'évacuation. | m | Appareils de réglage du charbon et de l'air. |
| e | Refroidisseurs des roches cuites. | | |
| f | Réservoirs à charbon pulvérisé. | | |
| g | Ventilateurs d'insufflation du charbon. | | |
| h | Injecteurs à charbon. | | |

Dans une étude très complète parue sur cette matière, MM. Blunt et Stanger comparent le prix de revient par les procédés actuels et l'emploi de la voie humide avec celui des fours rotatifs.

Avec les procédés actuels on a en Angleterre :

	s. d.
Matières premières rendues au moulin	1,9
Charbon pour force motrice (17 1/2 o/o) à 15 s. la tonne	2,7
Coke pour la cuisson (43 o/o) à 15 s. la tonne	6,7
Main-d'œuvre	4,9
Réparations, huile, etc.	2,11
Direction et divers	0,8
	19,3

Avec l'emploi des fours rotatifs, elle serait de :

	s. d.
Matières premières rendues au moulin	1,9
Charbon pour force motrice (30 o/o) à 15 s. la tonne	3,0
Charbon pour cuisson (40 o/o) à 10 s. la tonne	3,0
Main-d'œuvre	2,0
Réparations, huile, etc.	2,11 1/2
Direction et divers	2,1 3/4
	13,11

La fabrication par four rotatif apporte une grande amélioration dans le prix de revient, principalement dans le procédé par voie humide, dans le procédé par voie sèche la différence est moins sensible.

Usine d'Haubourdin

La description de ce mode de travail à l'usine d'Haubourdin fera saisir immédiatement la simplicité apportée dans cette fabrication.

Les wagonnets amenant la craie et l'argile passent sur la bascule à wagonnets *a* (planche 1) et le contenu est basculé dans le délayeur *b*. Les deux pompes *c* prennent dans le délayeur la pâte grossièrement délayée et l'amènent dans le tube broyeur *d* où le broyage est produit à l'aide de galets jusqu'à la finesse nécessaire. La pâte broyée s'écoule dans une citerne *e* où se meuvent des agitateurs pour éviter que la pâte ne se dépose. Ce mélangeur est assez grand pour permettre de conserver la production de 15 à 18 heures de travail. En plus de ces mélangeurs on a installé une seconde citerne malaxeuse pour permettre d'effectuer la correction de la pâte, c'est-à-dire de lui ajouter de l'argile ou de la craie, suivant la correction exigée pour obtenir un mélange contenant 21 o/o d'argile.

De ce réservoir les pompes prennent la pâte et la refoulent dans trois fours rotatifs *g*. A l'extrémité opposée du four arrive un jet de flamme qui rencontre la pâte dans le sens opposé à sa descente. Grâce au mouvement de rotation des fours et à leur inclinaison, la pâte est d'abord desséchée, se granule ensuite, et arrive tout à fait cuite à l'état de dragées à l'extrémité inférieure du four.

Les klinkers tombent dans des wagonnets, lesquels sont montés au moulin à ciment par le monte-charge double *kk* et sont basculés dans les trémies réservées *l* qui se trouvent placées au-dessus des moulins à boulets frappeurs *m*, lesquels sont alimentés automatiquement.

Les klinkers grossièrement moulus sortent des moulins et sont pris par la vis transporteuse *n* et amenés aux tubes broyeur *q* par la chaîne à godets *o* et la vis sans fin *p*. Ces broyeurs sont également alimentés automatiquement.

Le ciment sortant du tube broyeur est amené par la chaîne à godets *r* dans le magasin à ciment *M* après avoir été pesé automatiquement à l'aide de la bascule *M*.

Un aspirateur à poussière *XIX* aspire les poussières des moulins, des chaînes à godets et des transporteurs et les envoie dans la chambre à poussières *V*. Le ciment récolté est évacué par la vis sans fin *t*.

L'inconvénient du système de cuisson par four rotatif est la préparation du charbon qui, devant être injecté dans les fours sous forme de poudre, nécessite une manipulation toute particulière et par suite une installation mécanique coûteuse.

Le charbon tel qu'il arrive à l'usine est pris par la chaîne à godets *I* et amené au séchoir *II*. De là il arrive par la chaîne à godets *III* au tamis préparateur *IV*, tombe dans la trémie *V* du tube broyeur *VI* qui réduit le charbon à la finesse voulue; la poudre de charbon est ensuite prise par la vis *VII* et la chaîne à godets *VIII* qui la déverse dans la vis sans fin *IX* pour la répartir dans le silo *XX*.

A la vérité, ces silos sont peu employés car il est impossible de conserver une grande masse de charbon en poudre par suite des combustions spontanées.

Les appareils *X* extraient le charbon des silos et l'amènent à la vis *XI*, laquelle le verse dans la chaîne à godets *XII* qui le décharge dans les vis sans fin *XIII* pour répartir le charbon aux doseurs à vis *XIV* qui règlent la proportion de charbon injecté dans chaque four.

Le charbon qui n'est pas retenu par le doseur tombe dans la vis *XIII*, puis à nouveau dans la vis *VII* et refait le même trajet à travers les silos.

La poudre de charbon prise par les doseurs à vis *XIV* est injectée dans les fours rotatifs à l'aide des injecteurs qui sont placés au-dessus des soufflets *XVI* et des conduites *XVIII* qui injectent le mélange de charbon et d'air.

Tout l'atelier à charbon est en communication avec l'aspirateur à poussières *XIX*. Les poussières récoltées sont amenées à la chambre à poussières *XXI*, et le charbon qui s'y dépose est extrait à l'aide de la vis sans fin *XVIII*.

Cette installation, bien comprise au point de vue de la manipulation des produits, a le très grand défaut de produire des klinkers qui tombent en ignition dans les wagonnets, détériorant très rapidement les appareils de broyage et rendant par suite le réglage de la prise du ciment absolument impossible.

Aussi, a-t-on installé dans le grand rectangle qui se trouve entre la voie d'amenée des matières premières et les moulins à ciment de vastes hangars divisés en compartiments contenant chacun le travail d'une journée.

Les klinkers sont d'abord étalés sur une faible épaisseur, puis repris après

une semaine de refroidissement. On ajoute alors les proportions de gypse et d'eau et le tout est transporté aux appareils de broyage.

Ce grave inconvénient, qui n'est qu'un défaut d'installation, a été évité dans les nouvelles installations.

Une autre critique qu'on peut adresser à cette installation, comme à toutes celles que nous avons visitées, est relative à la mouture des klinkers comme aussi bien à celle des grosses roches dans la fabrication ordinaire. Les klinkers se rendant dans le broyeur à boulets sont moulus grossièrement et la mouture produite alimente directement un tube finisseur.

Si nous considérons dans le tube finisseur deux gros grains noyés dans la poudre impalpable de ciment, il est évident que ces gros grains ne sont atteints que très difficilement par les galets en mouvement dans le tube, la farine formant entre eux et ces galets un matelas protecteur. A notre sens, on pourrait faire rendre beaucoup plus au tube broyeur en intercalant entre le broyeur à boulets et le tube un séparateur à poussières, soit une bluterie ou mieux un trieur à vent, qui enlèverait la farine passant à la toile 200 qui est toujours produite en quantité plus ou moins abondante par le broyeur à boulets, quitte à placer sur ce broyeur une toile métallique plus fine. Il est évident que dans ce cas le tube produisant plus, on doit prendre un broyeur à boulets d'un modèle plus fort. Les deux matières produites seraient ensuite réunies dans un collecteur et s'homogénéiserait à l'aide d'une vis sans fin.

Certains fabricants à qui nous avons fait part de cette critique qui s'applique à toutes les usines, nous ont objecté que cette double mouture pourrait amener une séparation du produit.

On sait en effet que les roches les plus cuites, les plus hydrauliques, sont les plus dures, et que par conséquent le ciment provenant de la séparation dans le broyeur serait de qualité inférieure. Mais nous ne pensons pas que cette objection soit un obstacle à ce perfectionnement dans la mouture, car il est très facile de mélanger les poudres à l'aide d'une ou deux vis sans fin avant de les déverser dans les silos.

Nous croyons même savoir qu'une usine du Pas-de-Calais a installé ce système et qu'elle s'en trouve parfaitement bien, produisant un broyage-heure à beaucoup moins de frais qu'auparavant.

Il existe du reste un grand nombre d'installations basées sur ce système en Allemagne.

D'après certains chiffres qui nous ont été donnés en Allemagne, on peut, pour de grandes productions :

Avec 2 broyeurs à boulets grands modèles,
2 séparateurs à vent,
et 1 tube broyeur,

produire 8.000 à 9.000 kgs à l'heure, et l'on pourrait avec le tube broyeur ordinaire de 5 mètres de long. produisant 2.800 à 3.000 kgs à l'heure à 25 à 28 o/o de résidu à la toile de 200, faire produire à ce même appareil 4.000 à 4.500 kgs

à l'heure avec un broyeur à boulets muni de toile 30 produisant une poudre donnant 60 o/o de résidu à la toile 200.

Nous pensons également qu'un seul doseur mélangeur comme celui existant actuellement est beaucoup trop faible et qu'il serait logique d'en joindre un second.

Pour la cuisson, on doit compter sur un maximum de 45 o/o de charbon qui, d'après des essais pratiques, a pu être abaissé normalement à 40 et même 38 o/o. En plus de cette proportion, il faut compter 11 o/o de charbon pour la conduite des machines. Par contre, si la consommation de charbon est très élevée la main-d'œuvre est réduite à sa plus simple expression, ne demandant pas plus de quinze ouvriers pour chaque poste ; de plus, si elle exige des ouvriers beaucoup plus d'attention, elle demande beaucoup moins d'efforts physiques et les place dans des conditions hygiéniques de beaucoup préférables à celles nécessitées par les anciennes installations dans lesquelles, comme on l'a dit plus haut, la manipulation des séchoirs et le travail des fours est extrêmement pénible.

Usine allemande (1)

Matières premières. — Les matières premières assez dures sont d'abord concassées sans avoir été séchées ; les morceaux obtenus tombent dans une trémie d'où une courroie les conduit dans un cylindre sécheur utilisant la chaleur perdue des fours.

Les morceaux séchés tombent dans un transporteur à secousses et arrivent dans un moulin à meules verticales de la maison Polysius, de Dessau, demandant 20 chevaux de force, puis dans une monteuse, et la poudre obtenue est déchargée dans un petit silo d'attente placé au-dessus de quatre meules horizontales. La matière broyée est blutée à l'aide de bluteries ordinaires.

Tous ces appareils sont en communication avec le filtre à poussières Beeth et ne laissent *aucune poussière* apparente dans l'atelier.

Ce filtre à poussières étant encore assez peu connu en France, nous avons cru devoir en faire une courte description à la suite de cette étude.

La poudre assez fine est ensuite transportée dans quatre petits silos d'attente, d'où elle tombe dans une vis sans fin qui la déverse dans une chaîne à godets, laquelle la jette dans des trémies à alimentation continue d'où la poudre tombe dans trois humecteurs.

Ces humecteurs sont simplement des gâcheurs semblables à ceux utilisés dans l'industrie céramique.

L'humectage de la poudre n'a d'autre but, comme nous l'avons écrit plus haut, que de l'empêcher de s'envoler sous l'action du courant d'air des fours.

(1) Pour ne pas surcharger ce bulletin, nous avons dû à notre grand regret supprimer les planches relatives à la description de cette usine.

Pour avoir un humectage parfait et sans grumeaux, il faut employer une poudre et de l'eau parfaitement froides.

La poudre humectée tombe dans une petite trémie d'attente, puis dans les fours.

Un des côtés délicats de l'opération consiste à régler l'alimentation de ces divers appareils d'une manière parfaite sans engorgement des organes ni ralentissement des machines.

Pour le séchage de la matière première et du charbon, on utilise les gaz chauds provenant des fours.

Cette récupération nous a paru du reste fort compliquée, comme on peut en juger par la description ci-après. Nous croyons même qu'on ne se sert nullement de cette disposition.

Le tirage des fours a lieu à l'aide d'une haute cheminée. Sur le carneau de communication du four avec la cheminée est branché un conduit communiquant avec un vaste canal en maçonnerie. Ce conduit est placé au milieu de l'atelier des fours et à 22 mètres de longueur sur 3 mètres de largeur. Dans l'intérieur de cette chambre est disposé un jeu de tuyaux dans lesquels circulent une partie des gaz perdus des fours ; un registre placé sur le branchement du conduit avec le carneau communiquant avec la cheminée permet de laisser arriver plus ou moins de gaz chaud dans le jeu de tuyaux. Ces gaz sont aspirés par un aspirateur pour contrebalancer le tirage dû à la cheminée.

Tout le long de la chambre, et à la partie supérieure, sont disposées de petites fenêtres permettant à l'air ambiant de venir refroidir plus ou moins les gaz circulant dans les tuyaux placés à l'intérieur et d'obtenir de l'air à une température convenable. L'opération a lieu à l'aide d'un ventilateur qui distribue l'air plus ou moins chaud dans le séchoir à charbon.

Charbon. — Le charbon menu tombe dans un trommel à double enveloppe entre lesquelles circule le gaz aspiré et refoulé par le ventilateur dont nous venons de parler. Ce séchoir est également muni d'un foyer spécial si l'on ne tient pas à utiliser la chaleur perdue. Le charbon suffisamment desséché est monté dans deux petits silos d'attente et tombe sous deux meules identiques à celles employées pour le broyage des matières premières. Il est broyé immédiatement à la finesse voulue.

La poudre obtenue est envoyée dans de petites trémies fermées à la partie inférieure par une petite courroie transporteuse de vitesse réglable qui, en tournant plus ou moins vite, entraîne plus ou moins de charbon. Ce système d'alimentation est assez défectueux, car il se forme parfois une voûte dans la masse de charbon qui empêche la poudre de descendre normalement ; aussi la maison qui a installé cette usine a-t-elle remplacé ce système par de petites vis transporteuses placées directement dans la poudre qu'elles doivent entraîner.

L'usine possède pour la marche des trois fours deux ateliers de broyage du charbon exigeant chacun 25 chevaux.

Ce charbon tombe dans une boîte d'où il est aspiré par un ventilateur et injecté dans le four.

Cuisson. — Comme dans tous les fours tournants, la poudre crue arrive à la partie supérieure du four et le charbon est injecté à la partie inférieure.

Le four présente les caractéristiques suivantes :

Longueur : 20 mètres.

Inclinaison : 5 o/o.

Le diamètre intérieur du four sans la garniture réfractaire est 1 m. 60.

La garniture réfractaire a 0 m. 20 d'épaisseur.

Révolution par minute : 1.

L'importance d'une bonne garniture réfractaire est extrême ; actuellement, on emploie souvent, comme nous l'avons dit plus haut, de la poudre de ciment fondue sur la garniture réfractaire pour préserver cette dernière de l'action de la flamme et des réactions chimiques de la cuisson du ciment. Les tubes de l'usine que nous décrivons étaient revêtus d'une garniture réfractaire formée d'un béton de klinkers.

La partie inférieure où arrive la flamme est entourée d'une boîte ayant environ 0 m. 50 de largeur dans laquelle circule de l'eau de manière à empêcher cette partie du four de se détériorer par l'action du feu.

Les klinkers incandescents tombent dans un cylindre refroidisseur dont l'intérieur est muni de fers $\square$ fixés sur la tôle parallèlement à l'axe du cylindre qui ramassent les klinkers, les laissant tomber en nappe et les reprenant à chaque révolution du cylindre. A la partie inférieure du refroidisseur se trouve un tube percé avançant dans le cylindre de 0 m. 70. Dans ce tube arrive de l'eau qui tombe en pluie très légère sur les klinkers.

Caractéristiques du refroidisseur :

Longueur du tube	9 mètres
Diamètre intérieur	1 mètre
Inclinaison	5 o/o
Révolutions par minute	2

Les klinkers, parfaitement cuits et froids, nous avons pu les prendre à la main, tombent dans un petit wagonnet.

D'après les renseignements qui m'ont été obligeamment donnés, la force exigée est de 12 chevaux par four, plus 3 par refroidisseur.

1 four produit 250 barils de 170 kgs = 42.500 kgs par 24 heures et exige 12.500 kgs de charbon y compris le séchage du charbon et des matières premières, ce qui fait 294 kgs par tonne de klinkers, mais on peut arriver à ne brûler que 21 o/o de charbon au lieu de 29,4.

Mouture. — Les klinkers sont conduits sous un hangard formant silo d'attente où ils restent 3 semaines environ, puis sont portés aux broyeur et additionnés avant broyage de 2,25 o/o de gypse.

Ils sont ensuite déversés dans une trémie puis élevés par une monteuse à godets qui les jette dans une boîte d'attente placée au-dessus et alimentant un moulin à boulets Polysins et un tube Hermann Loener à Bromberg.

Il y a deux ateliers de mouture pour les 3 fours demandant chacun 25 chevaux pour les broyeurs et 30 pour le tube faisant un total de 55 chevaux.

Comme pour la pulvérisation des matières premières, les moulins sont en communication avec des aspirateurs Beeth, aussi cet atelier comme les autres ne présente-t-il aucune poussière.

Les moulins sont alimentés automatiquement par un appareil à piston qui ouvre et ferme un registre à intervalles réglables, dont la commande est effectuée par l'arbre du tambour du moulin. Une vis permet d'augmenter ou de diminuer la course du piston, c'est-à-dire de faire entrer plus ou moins de matière à chaque coup de piston.

Du moulin la poudre tombe dans un tube continu dans lequel le broyage est achevé. Ce tube demande 30 chevaux.

Le ciment fini est ensuite conduit dans les silos en attendant la livraison.

Pour la conduite de l'usine il y a 2 générateurs tubulaires de 250, mm² de surface de chauffe totale exigeant 10.000 kilos de charbon pour une machine à transmission par câbles de 475 chevaux.

Cette machine se trouve placée dans une salle magnifiquement agencée ; au-dessus de la machine circule un pont roulant de 5 tonnes 1/2 pour la manœuvre des pièces en cas de réparation.

RÉCAPITULATION

Force nécessaire

Fours, 3 exigeant chacun, y compris les refroidisseurs,	
15 chevaux	= 45 chevaux
Broyage du charbon, 2 moulins exigeant 25 chevaux.	= 50 chevaux
Broyage des klinkers, 3 moulins exigeant 25 chevaux.	= 50 chevaux
2 tubes id. exigeant 30 chevaux	= 60 chevaux
	205 chevaux

auxquels il faut ajouter environ 200 chevaux pour les autres appareils et la manutention de l'usine.

Charbon

Séchage des matières premières et du charbon 294 kil. par tonne de klinkers.

Machinerie 77 kil. par tonne.

Soit 371 kilos par tonne.

Laboratoire. — Comme dans la plupart des usines allemandes il y a pour la conduite de la fabrication un contrôle technique parfaitement bien organisé.

Le matériel du laboratoire comprend :

- 1 balance ;
- 1 appareil à acide carbonique pour le dosage des pâtes ;
- 1 étuve ;
- 1 machine Bohme pour la préparation des éprouvettes ;
- 1 série de bacs pour la conservation des éprouvettes ;

1 machine Michaelis ;
des appareils de prise, à densité, etc.

Deux briquettes qui nous ont été dites être fabriquées depuis 28 jours, essayées devant nous ont donné : l'une en mortier sec 31 kilos par cm^2 , l'autre en ciment pur 80 kilos.

Seconde usine allemande

Comme dans l'usine précédente, la méthode employée est la voie sèche.

Le four rotatif de cette usine installée par la maison Smidh de Copenhague a 22 mètres de longueur sur 1 m. 80 de diamètre placé au-dessus d'un cylindre refroidisseur ayant 1 mètre de large sur 1 mètre de diamètre, dans lequel tombent les klinkers.

Les klinkers sortant du refroidisseur sont légèrement chauds, mais peuvent être pris à la main comme l'auteur de ce rapport l'a constaté par lui-même.

D'après ce qui nous a été dit la consommation de charbon serait de 323 kgs par tonne de klinkers.

L'usine installe actuellement 4 nouveaux fours de la même maison qui a bien voulu nous donner un croquis de cette installation (figure 8) et quelques explications sur leur fonctionnement.

Dans cette nouvelle installation, le séchage du charbon a lieu à l'aide de l'air chaud récupéré par le refroidissement des roches ; le charbon est broyé à la finesse voulue à l'aide d'un broyeur à boulets et d'un tube finisseur, et le poussier de charbon est ensuite insufflé dans le four.

Nous inspirant des résultats pratique de notre mission, en Allemagne, nous avons voulu réaliser une usine type aussi réduite que possible, avec l'aide de M. Anker, que nous ne saurions trop remercier, et qui a bien voulu se charger du détail de l'installation.

Quand on projette des installations nouvelles, il est de toute utilité de confier ce genre de construction à une maison expérimentée qui doit élaborer la disposition générale de l'usine et livrer, en dehors du matériel mécanique complet, les plans pour l'exécution des fondations et des bâtiments.

En procédant ainsi, l'industriel peut, au préalable, se rendre compte des frais d'établissement de l'installation jusqu'à la mise en marche ; et, par des garanties déterminées sur la production, la finesse et la qualité du produit final, il a la plus grande sécurité pour ses réclamations éventuelles, n'ayant affaire qu'à une seule personne.

Il est malheureusement rare, en France, de trouver des constructeurs, se chargeant de l'exécution de travaux de ce genre qui, cependant, rendraient aux industriels les plus grands services, et il est fâcheux qu'aucune maison de construction française soit en état de construire entièrement une usine à

ciment. Cet état de chose est d'autant plus malheureux pour notre industrie (1), qu'il est hors de doute que la plupart des usines à ciment sont appelées à se transformer d'ici peu.

Le projet en question représente une usine, commençant à fabriquer, avec un seul four, 30 tonnes de ciment par jour, dépensant ainsi pour une première installation complète un minimum de capitaux, tout en se réservant l'augmentation de fabrication, selon sa prospérité future. On a donc prévu dans le plan, il est un agrandissement éventuel, par une augmentation possible de la force motrice et de la capacité de l'atelier de broyage et l'installation d'un deuxième four.

Jetons d'abord un coup d'œil sur l'ensemble représenté par la vue en plan. (Planches 2 et 3). L'usine est établie parallèlement à un raccordement de chemin de fer, amenant le combustible et emportant le ciment produit. Au bout du raccord est prévue une plaque tournante, permettant de faire entrer les wagons, chargés de charbon, dans la cour de l'usine ; le dépôt de charbon se trouve à proximité des régénérateurs et du sécheur, préparant le charbon pour le four rotatif.

La machine à vapeur est placée entre les deux ateliers consommant le plus de force et actionnant, par un arbre principal, ces deux ateliers comprenant : le moulin à ciment, le four rotatif avec moulin à charbon, sécheur et préparation de la pâte.

Cette transmission, très simple, a de grands avantages, puisqu'elle permet de débrayer à volonté les différentes parties, indépendantes les unes des autres.

Des silos à ciment se trouvent à proximité du raccordement, et un quai de déchargement permet de charger les wagons de chemin de fer directement à l'endroit de l'ensachage ou embarillage du ciment.

Nous supposons l'usine complètement entourée d'un mur, et l'entrée, placée du côté des bureaux, ce qui rendra la surveillance facile et complète, puisque tout ce qui entrera ou sortira devra passer devant la Direction et les bureaux.

Examinons maintenant la marche de la fabrication.

La matière première, arrivant des carrières en wagonnets roulant sur voie étroite, est amenée devant les malaxeurs pour la préparation en pâte épaisse. Un seul malaxeur suffit pour la production de 30 tonnes par jour, tandis qu'un deuxième, nécessaire en cas d'agrandissements futurs, est prévu à côté du premier ; et indiqué ici par des lignes pointillées.

La pâte, délayée grossièrement par le malaxeur, est montée, par une pompe spéciale, dans un tube broyeur qui la prépare complètement, et à la sortie duquel elle est amenée au doseur par un système d'hélice. Il y a 3 doseurs prévus : l'un se remplit pendant que l'autre se vide, et le troisième prépare le mélange, ce qui suffit pour toutes les opérations de correction, sans interrompre la marche régulière de l'usine. Les 3 doseurs peuvent se vider dans un

(1) Si cette étude pouvait décider une maison française de construction à entreprendre ce genre d'installation nous nous déclarerions satisfaits au-delà de nos espérances.

réservoir spécial, d'où une pompe puise la pâte préparée pour la monter dans l'hélice d'alimentation du four rotatif. Ainsi que dans l'atelier de préparation où l'emplacement d'un second malaxeur est préparé, on n'installe ici, pour commencer, qu'un seul four, en réservant la place d'un deuxième, exigé lors des agrandissements projetés.

La cuisson de la pâte dans ce four rotatif qui a une longueur de 30 mètres et un diamètre de 2 mètres se fait de la façon connue, et les klinkers tombent du four dans le refroidisseur qui les amène dans un transporteur à canal oscillant. Ce transporteur les déverse dans une chaîne à godets qui, à son tour, les monte dans un deuxième transporteur, servant de distributeur les emmagasinant automatiquement dans les silos à roches cuites ou à ciments cuits.

Les silos doivent servir : premièrement au refroidissement complet des klinkers avant la mouture, et deuxièmement à remplacer, en grande partie, les silos à ciment fini toujours coûteux et demandant inévitablement une assez grande manutention, car jusqu'à présent nous ne connaissons pas d'installation pratique d'une vidange automatique de silo.

En laissant siloter les klinkers, on arrive, pour la qualité du ciment, aux mêmes résultats, en plus de temps évidemment, que par le silotage du ciment fini.

Basé sur ce principe et dans le but de n'employer qu'une main-d'œuvre restreinte on a prévu des silos à klinkers très vastes, indiquées par des lignes pointillées, permettant un silotage de 4 à 5 mois.

Pour toute cette manipulation trois ouvriers sont nécessaires.

Vu le silotage des klinkers, il n'y a pas lieu d'employer continuellement le moulin à ciment, puisque le ciment moulu, quant il sort du moulin, doit être prêt à pouvoir être employé. On peut donc, sans interrompre la marche du four, créer des stocks considérables de klinkers dont on fait la mouture avant l'expédition.

Les klinkers sont amenés au moulin par des brouettes ou des wagonnets et déversés dans une trémie communiquant, par un appareil d'alimentation à secousses, à la grande chaîne à godets qui les monte dans le réservoir, au-dessus du broyeur à boulets. Ce broyeur, d'un grand modèle, suffit seul à la production de 30 tonnes par jour ; seulement, en vue des agrandissements projetés on a indiqué un tube finisseur qui doublera la production. On a laissé l'emplacement nécessaire pour mettre entre le broyeur et le finisseur un séparateur à vent.

Le ciment fini est monté par une chaîne à godets dans des silos à ciment (voir coupe *gh*) d'où il est ensaché et mis directement sur wagons.

Aux trois hommes employés pour la préparation et la cuisson de la pâte, quatre autres aides sont encore exigés, ce qui fait sept ouvriers.

Il reste encore à examiner de près la préparation du combustible pour les fours rotatifs. Comme ces fours marchent avec un foyer à poussières de charbons, il est nécessaire, comme nous l'avons vu, de les sécher et de les broyer. Presque toujours, pour le séchage des charbons, on utilise les gaz des fours,

mais si pratique que semble cette utilisation, elle occasionne des frais considérables de maçonnerie pour l'établissement des carnaux, et ne rend pas de services appréciables si on ne peut installer le sécheur tout près de l'échappement des gaz du four. Une telle disposition est rarement possible quand on veut éviter un mécanisme pour le transport des charbons séchés au moulin ; d'autre part, l'impossibilité de placer le dépôt de charbon près du sécheur empêche souvent cette disposition.

Dans le projet en question, on a renoncé à l'utilisation des gaz et on a préféré économiser les frais de maçonnerie pour les carnaux et les appareils de transport, les dépenses pour un foyer direct étant beaucoup moins fortes.

L'emplacement du sécheur le plus commode est à proximité du dépôt et du moulin à charbon. Celui-ci, sortant du sécheur, est monté directement dans un petit broyeur à boulets qui, accouplé à un tube finisseur, est l'appareil le mieux conditionné et le plus sûr pour la mouture du charbon, si le séchage de celui-ci a été bien effectué.

Ce moulin est réglé de façon à ne produire que la quantité nécessaire à la consommation d'un seul four, car il est impossible de préparer d'avance le stock de charbon en poudre, par suite de combustions spontanées du charbon en silos. Une chaîne à godets monte la poussière dans un réservoir se trouvant devant le foyer du four d'où, par des appareils spéciaux, elle va à la soufflerie et aux appareils de distribution.

Aux sept ouvriers que nous avons vu s'occuper de la préparation de la pâte jusqu'à l'ensachage du ciment, nous avons encore à ajouter un mécanicien pour la machine à vapeur chargé également du service des chaudières, étant donné que la situation de ces deux pièces lui facilite leur surveillance. Nous employons en outre un homme pour le séchage et la mouture du charbon et un cuiseur pour les fours ; ce qui donne un total de dix ouvriers auxquels nous adjoignons un homme employé au graissage de toutes les parties de l'usine. On fait donc tout le service avec douze ouvriers et, pendant la nuit où le service du moulin et la préparation de la pâte sont supprimés, cinq hommes suffisent seulement.

La force motrice est fournie par une machine compound, à distribution à soupapes et à deux chaudières à bouilleurs. Pour la première installation, on n'installe que le petit cylindre qui donne une force de 180 chevaux, et, toujours en cas d'agrandissements, on prévoit le nécessaire pour pouvoir ajouter le grand cylindre, ce qui donnera une force totale de 260 chevaux.

Pour une machine de ce genre, il faut calculer une consommation, en charbon de bonne qualité, de 800 grammes par cheval et par heure. La consommation du four proprement dit, c'est-à-dire le charbon nécessaire pour la cuisson seule, est à évaluer à 33 o/o de la production en ciment fini.

Le matériel complet, complètement installé et prêt à marcher, coûte environ 250.000 francs. Pour les bâtiments et la maçonnerie, il faut compter 120.000 fr. environ. Ces chiffres, avec les données concernant la main-d'œuvre, après l'examen des particularités de chaque cas, concernant les frais d'extraction et le transport des matières premières, le prix des terrains pour la construction de

l'usine, permettent d'établir le prix de revient des ciments qui sera certainement le plus avantageux, puisqu'on établit toutes les commodités de transport, indiquées dans le projet et qu'on dresse un ensemble se rapportant aux exigences locales.

Qualité du ciment produit. — Il est hors de doute maintenant que le ciment produit dans les fours rotatifs est de qualité meilleure que celui produit dans les fours ordinaires, ce mode de cuisson ayant l'avantage de cuire plus uniformément et de donner très probablement un produit plus riche en principes hydraulisants.

Nous avons placé en pièces annexes, différents produits prélevés par nous-mêmes dans des usines marchant avec le four rotatif.

III

FILTRE BEETH

« Il est incontestable, écrit M. le Ministre du commerce dans un rapport présenté à M. le président de la République, en effet, que de réels progrès aient été accomplis en ce qui concerne l'évacuation des poussières de chaux et de ciment. » Si de grands progrès ont été accomplis en France dans cette partie de l'hygiène industrielle, on peut dire que c'est chose faite en Allemagne où, comme le constate l'Inspecteur du travail à Munster (Westphalie), « les efforts des Inspecteurs du travail relatifs à la suppression du dégagement des poussières dans les usines à ciment, trouvent heureusement un grand appui chez les industriels, d'autant plus grand que cette question est d'une importance capitale pour eux ».

Le filtre à poussières Beeth, est encore peu connu en France, quoiqu'il en existe quelques installations, une entre autres à l'usine de Saint-Robert, près Grenoble et à Saint-Laurent-du-Pont, citées par M. Barral, inspecteur général du travail à Lyon, employé couramment en Allemagne, a pour but de supprimer l'emploi des chambres à poussières, occupant un emplacement trop grand et laissant échapper par leur cheminée, inévitablement nécessaire, des quantités de poussière ayant une valeur marchande appréciable.

Le filtre Beeth (fig. 8 et 9) fonctionne à air aspiré et se compose essentiellement d'une caisse en bois ou en tôle, ayant l'apparence d'une armoire, et divisée à l'intérieur en compartiments renfermant chacun deux tubes filtrants. Ces tubes confectionnés en tissu spécial, ont un diamètre de 400 mm. ; ils sont ouverts par en dessous et fixés au fond de la charpente par une bague de serrage. Ils sont fermés, dans le haut, par des couvercles en bois. Ces tubes sont accouplés deux par deux et maintenus dans la position, indiquée par les figures, au moyen d'un levier à ressort.

A la tête de la caisse se trouve un mécanisme pour le nettoyage automatique des tubes filtrants et, au pied, une trémie servant à l'évacuation des poussières recueillies.

Les figures représentent le plus petit modèle du filtre Beeth, c'est-à-dire celui n'ayant que quatre tubes filtrants. On construit, d'après l'importance des usines à dépoussiérer, des appareils à 24 tubes filtrants et, au besoin, on les place en batteries à plusieurs. On peut donc faire usage du filtre Beeth pour les usines de n'importe quelle importance.

Etudions l'emploi des installations de dépoussiérage au moyen des filtres

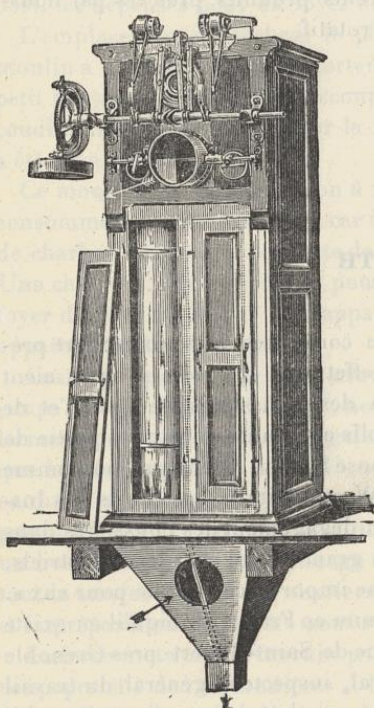


Fig. 8. — Filtre Beeth.

Beeth, à air aspiré, d'après la planche 4 représentant l'usine de la maison Jolly, Palies et C^{ie}, Albi (Tarn), pour la fabrication de la chaux marchande, du ciment de grappiers, transformée par M. Anker.

Cette usine se compose d'un broyeur à boulets, servant à la mouture de la chaux et au décortiquage des grappiers. La matière, sortant de ce broyeur, est montée par une chaîne à godets sur trois séparateurs à vent, système Pfeiffer, ayant pour but d'extraire la chaux qu'ils déversent dans une hélice collectrice commune.

Les refus de ces séparateurs sont envoyés sur un classeur spécial pour être divisés en grappiers destinés à la fabrication du ciment, en chaux entrant dans l'hélice collectrice et en refus composés de granules de chaux et grappiers, destinés à entrer dans la chaux. Les grappiers extraits peuvent être emmagasinés dans un silo ou broyés de suite par un deuxième broyeur à boulets, avec tube finisseur.

Pour le dépoussiérage de toute cette installation, il suffit d'un collecteur à poussières, à 12 tubes, et un ventilateur à

air aspirant et refoulant, d'un diamètre d'ailes de 900 mm., également de la maison Beeth.

Comme l'indique le plan, le filtre et le ventilateur sont placés sous la toiture, et un canal général, qu'on voit dans la coupe EF, longe sous le plancher de cet étage. Ce collecteur a pour but de recevoir, dans le sens indiqué par la flèche, partant du broyeur à boulets dans la coupe EF, les tuyaux de raccord des différentes machines à dépoussiérer. Par ces tuyaux de raccord, on fait donc communiquer toutes les machines au collecteur qui, à son tour, aboutit au pied du filtre Beeth.

Un ventilateur, placé à côté du filtre, communique à cet appareil par son tuyau d'aspiration, et aspire l'air de l'intérieur de sa caisse, des tubes filtrants,

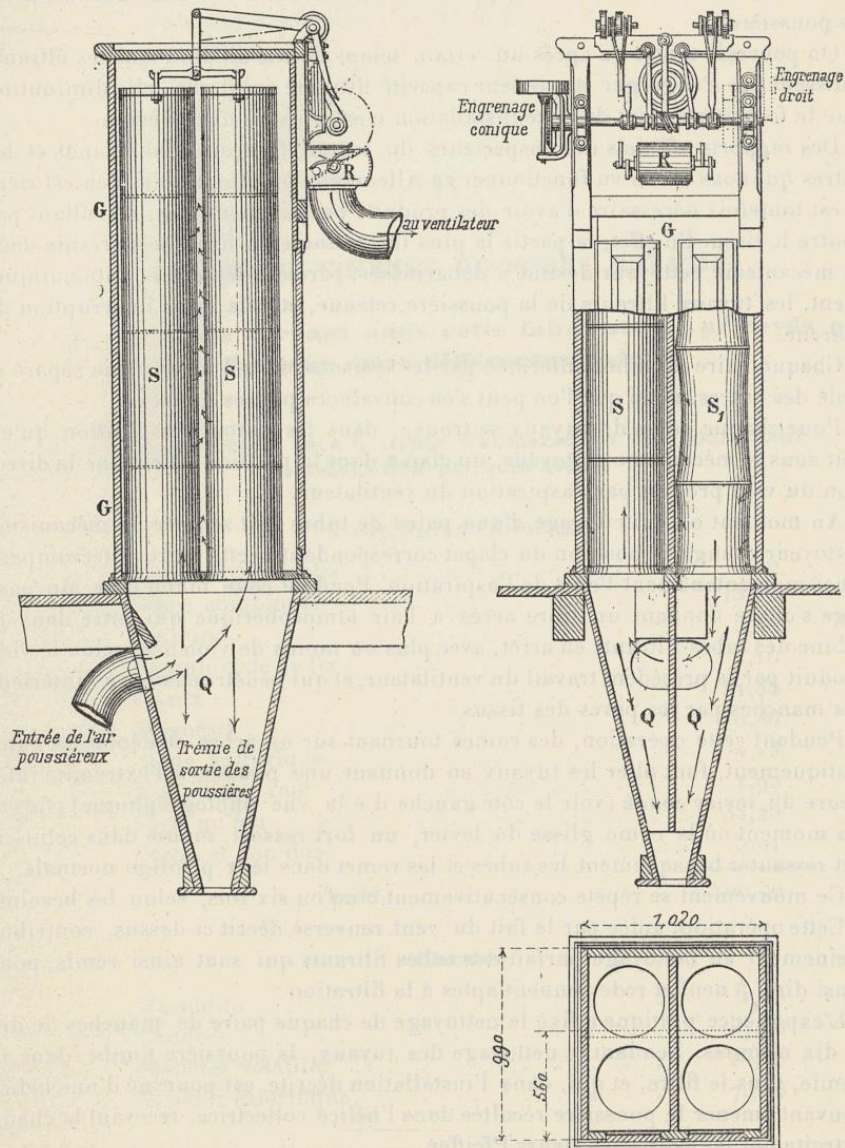


Fig. 9. — Filtre Beeth.

du collecteur, des tuyaux de raccord ; c'est-à-dire qu'il produit un courant d'air saturé de poussières des différentes machines au filtre. L'air poussiéreux entre

par l'ouverture inférieure à l'intérieur des tuyaux filtrants retenant la poussière, tandis que l'air aspiré à travers les tubes, ainsi filtré et débarrassé de toute poussière, est refoulé au dehors par le ventilateur. Il n'y a donc aucune perte de poussière.

On pourrait croire qu'après un certain temps de travail, les manches filtrants finissent par s'engorger et que leur capacité filtrante subit une telle diminution que le fonctionnement de cette installation n'est plus qu'une illusion.

Des rapports officiels des inspecteurs du travail français et allemands et les filtres que nous avons vu fonctionner en Allemagne montrent qu'il n'en est rien. Il est toutefois nécessaire d'avoir des produits parfaitement secs, ne collant pas contre le tissu. En effet, la partie la plus intéressante du filtre Beeth réside dans ce mécanisme nettoyeur destiné à débarrasser, périodiquement et automatiquement, les tuyaux filtreurs de la poussière retenue, et cela, sans interruption de marche.

Chaque paire de tubes enfermée par les cloisons, forme un système séparé et isolé des autres, ainsi que l'on peut s'en convaincre par les figures.

Pour chaque paire de tuyaux se trouve, dans les boîtes d'aspiration qu'on voit sous le mécanisme nettoyeur, un clapet dont la position détermine la direction du vent produit par l'aspiration du ventilateur.

Au moment où le nettoyage d'une paire de tubes doit se faire, le mécanisme nettoyeur change la position du clapet correspondant à cette paire, interrompant ainsi momentanément l'effet de l'aspiration. Pendant cette manœuvre, un passage s'ouvre donnant un libre accès à l'air atmosphérique qui entre dans la cabine des tubes filtrants en arrêt, avec plus ou moins de violence, selon le vide produit par le précédent travail du ventilateur, et qui pénètre ensuite à l'intérieur des manches par les pores des tissus.

Pendant cette opération, des comes tournant sur un arbre et déplacées automatiquement, font plier les tuyaux en donnant une poussée à l'extrémité inférieure du levier coudé (voir le côté gauche de la vue photographique) (fig. 8). Au moment où la came glisse du levier, un fort ressort, monté dans celui-ci, fait ressauter brusquement les tubes et les remet dans leur position normale.

Ce mouvement se répète consécutivement cinq ou six fois, selon les besoins.

Cette opération, aidée par le fait du vent renversé décrit ci-dessus, contribue pleinement au nettoyage parfait des tubes filtrants qui sont ainsi remis, pour ainsi dire, à neuf et redeviennent aptes à la filtration.

L'expérience pratique a fixé le nettoyage de chaque paire de manches de dix en dix minutes. Pendant le nettoyage des tuyaux, la poussière tombe dans la trémie, sous le filtre, et qui, dans l'installation décrite, est pourvue d'une hélice pouvant amener la poussière récoltée dans l'hélice collectrice, recevant la chaux extraite par les trois séparateurs Pfeiffer.

Dans cette hélice, la poussière récoltée par le filtre Beeth se mélange à la chaux et arrive, par l'intermédiaire d'une deuxième hélice, directement sur le quai de chargement, dans les ensacheurs peseurs automatiques.

Cette installation se composant d'un assez grand nombre d'appareils réunis

dans une salle relativement petite, travaille, grâce au filtre Beeth, sans dégagement de poussière, et comme cette installation le montre, les pertes de poussières ne sont pas seulement évitées, mais les poussières récoltées sont automatiquement additionnées à la chaux marchande.

IV

ESSAIS DE CEMENTS DE FOURS ROTATIFS

et de matières servant dans cette fabrication, prélevés par l'auteur dans différentes usines.

Mélange prélevé dans la trémie d'alimentation d'un four rotatif
(fabrication par voie sèche)

Composition chimique

Matières insolubles.	1,20
Silice combinée.	13,35
Alumine	5,35
Sesquioxyde de fer	2,10
Chaux	41,85
Magnésie	0,86
Acide sulfurique	0,13
Humidité à 100°.	1,90
Perte au feu	33,25
Pertes et non dosé	0,01
Total.	100,00

Charbon

Humidité	1,20
Cendres	7,90
Matières volatiles	25,85
Pouvoir calorifique.	7.880

Finesse de mouture du charbon

Résidu o/o sur le tamis de 324 mailles. . .	1,4
— 900 mailles. . .	11,6
— 4.900 mailles. . .	42,8

Klinkers prélevés à la descente dans le wagonnet

Ces klinkers sont arrosés dans le refroidisseur et ont été prélevés dans la même usine que les produits précédents.

Composition chimique

Matières insolubles.	0,35
Silice combinée.	21,90
Alumine	9,83
Sesquioxyde de fer	3,67
Chaux	55,85
Magnésie	0,432
Acide sulfurique	0,343
Perte au feu	6,75
Pertes et non dosé	0,875
Total.	100,000

Ces klinkers broyés au Laboratoire nous ont donné les résultats ci-après :

Essai d'expansion

Des cylindres en pâte pure gâchée dans les petits moules à aiguilles d'un appareil Le Chatelier ont été placés dans l'eau douce à 15° après leur fabrication.

Après 24 heures de séjour dans ce milieu les appareils ont été immergés dans un bac contenant de l'eau à 15°, dont la température a été amenée progressivement et en une demi-heure à 100° ; après avoir été maintenus pendant 6 heures dans ce milieu on a constaté un écartement nul des aiguilles.

Après démoulage on a constaté que les cylindres ne présentaient aucune fissure ni trace apparente quelconque de désagrégation.

Essai de résistance

Les essais de résistance à l'arrachement (traction) et à l'écrasement (compression) ont été faits sur de petites briquettes normales présentant dans leur plus petite partie une section de 5 cm².

Aussitôt après gâchage les mortiers ont été placés dans l'eau douce et y ont été laissés 24 heures ; les briquettes ont été démoulées et placées dans les milieux de conservation d'où elles ont été retirées pour être essayées suivant les époques de rupture.

Les mortiers essayés ont été confectionnés avec du sable de Leucate.

Pour l'essai à la traction les briquettes ont été essayées à l'aide de l'appareil de Michaelis.

Pour l'essai à la compression on s'est servi des demi-briquettes séparées par l'essai de traction, chaque demi-briquette était essayée isolément, mais les

résultats fournis par les deux demi-briquettes jumelles étaient totalisés ; ce total divisé par la surface de la brique donne la résistance par cm^2 .

Les résultats des essais de traction et de compression sont indiqués dans le tableau suivant :

Résistance par cm^2 en mortier plastique 1 : 3

(0 kg. 250 ciment + 0 kg. 750 sable)

Après 1 semaine d'immersion dans l'eau douce		Après 4 semaines d'immersion dans l'eau douce	
Traction	Compression	Traction	Compression
20 kgr. 5	254 kgr.	28 kgr.	418 kgr. 5

Résultats indiquant un ciment de première qualité.

Ciment prélevé dans un des silos de l'usine

Composition chimique

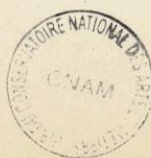
Matières insolubles	0,25
Silice combinée	20,95
Alumine	8,09
Sesquioxyde de fer	2,11
Chaux	61,15
Magnésie	0,432
Acide sulfurique	0,72
Perte au feu	5,61
Pertes et non dosé	0,688
Total	100,000

Finesse de mouture

Soumis à l'essai de tamisage l'échantillon a donné les résultats ci-après :

Résidu 100 gr. sur le tamis de 324 mailles . .	0,0
— 900 mailles . .	1,4
— 4.900 (total) . .	24,5

laissant 75 gr. 5 de fine poussière.



Essai d'expansion

Des cylindres en pâte pure gâchée dans les petits moules à aiguilles d'un appareil Le Chatelier ont été placés dans l'eau douce à 15° après leur fabrication.

Après 24 heures de séjour dans ce milieu les appareils ont été immergés dans un bac contenant de l'eau à 15° dont la température a été amenée progressivement et en une demi-heure à 100° ; après avoir été maintenus pendant 6 heures dans ce milieu on a constaté une augmentation d'écartement des aiguilles de 1 m/m.

Après démoulage on a constaté que les cylindres ne présentaient aucune fissure ni trace apparente quelconque de désagrégation.

Essai de résistance

Les essais de résistance à l'arrachement (traction) et à l'écrasement (compression) ont été faits sur de petites briquettes normales présentant dans leur plus petite partie une section de 5 cm².

Aussitôt après gâchage les mortiers ont été placés dans l'eau douce et y ont été laissés 24 heures ; les briquettes ont été démoulées et placées dans les milieux de conservation d'où elles ont été retirées pour être essayées suivant les époques de rupture.

Les mortiers essayés ont été confectionnés avec du sable de Leucate.

Pour l'essai à la traction les briquettes ont été essayées à l'aide de l'appareil de Michaelis.

Pour l'essai à la compression on s'est servi des demi-briquettes séparées par l'essai de traction, chaque demi-briquette était essayée isolément, mais les résultats fournis par les deux demi-briquettes jumelles étaient totalisés ; ce total divisé par la surface de la briquette donne la résistance par cm².

Les résultats des essais de traction et de compression sont indiqués dans le tableau suivant :

Résistance par cm² en mortier plastique 1/3

Après 1 semaine d'immersion dans l'eau douce		Après 4 semaines d'immersion dans l'eau douce	
Traction	Compression	Traction	Compression
49 kgr. 8	231 kgr.	30 kgr. 6	379 kgr.

Klinkers prélevés dans une autre usine à la sortie du four*Composition chimique*

Matières insolubles.	3,30
Silice combinée.	19,95
Alumine	7,68
Sesquioxyde de fer	2,87
Chaux	63,80
Magnésie	0,45
Acide sulfurique.	1,27
Perte au feu	0,44
Pertes et non non	0,24
Total	100,00

Echantillons prélevés dans une troisième usine*Composition chimique*

	A	B
Matières insolubles.	—	0,08
Silice	21,35	24,07
Alumine	6,93	6,07
Sesquioxyde de fer	3,82	3,18
Chaux	61,41	61,05
Magnésie	0,911	0,81
Acide sulfurique.	0,96	0,80
Perte au feu.	3,60	3,95
Pertes et non dosé	1,019	—
Total	100,000	100,01

Essai de finesse

Soumis à l'essai de tamisage l'échantillon a donné les résultats ci-après :
Résidu pour 100 gr. sur les tamis de :

	A	B
324 mailles.	0,2	0,9
900 mailles.	1,4	0,4
4.900 mailles.	17,0	11,8
Total	18,6	12,2

Détermination de la densité

Pesé dans une mesure d'un litre dans lequel la poudre obtenue après tamisage à travers les mailles d'un tamis de 4.900 mailles par cm², avait été introduite sans tassement à l'aide d'un entonnoir, le poids du litre a été de :

A	B
—	—
909 gr.	1.075 gr.

Détermination de la proportion d'eau de gâchage

Pour donner une pâte à consistance normale la proportion d'eau nécessaire a été de :

A	B
—	—
25 o/o	25 o/o

Les mortiers ont exigé :

	A	B
	—	—
Mortier sec 1/3	8,6	8,6
Mortier plastique 1/3	10,1	10,1

Détermination de la prise

Cette détermination a eu lieu sur la pâte pure gâchée à consistance normale avec la proportion d'eau douce indiquée plus haut.

Les boîtes servant à ces essais ont été placées immédiatement après leur remplissage les unes dans l'air saturé d'humidité, les autres sous la même eau que celle ayant servi au gâchage.

Les résultats constatés ont été les suivants :

	Sous l'eau		Dans l'air saturé d'humidité	
	Début	Fin	Début	Fin
A.	6 heures	9 heures 30	5 heures 30	9 heures
B.	4 heures 49	12 heures	4 heures 40	12 heures

Essai d'expansion

Des cylindres en pâte pure gâchée dans les petits moules à aiguille d'un appareil Le Chatelier ont été placés dans l'eau douce à 15° après leur fabrication.

Après 24 heures de séjour dans ce milieu les appareils ont été immergés dans un bac contenant de l'eau à 15° dont la température a été amenée progressivement et en une demi-heure à 100°; après avoir été maintenus pendant 6 heures dans ce milieu on a constaté une augmentation d'écartement des aiguilles de :

A	2 m/m
B	19 m/m

Après démoulage on a constaté que les cylindres de ciment A ne présentaient aucune fissure ou trace apparente quelconque de désagrégation. Les cylindres de ciment B présentaient de légères fissures.

Essai de déformation (invariabilité de volume)

L'essai d'invariabilité de volume a été effectué sur des galettes de pâte pure d'environ 10 mm. d'épaisseur et 100 mm. de diamètre, amincies sur les bords.

Aussitôt leur fabrication les galettes ont été placées dans de l'air saturé d'humidité. Après un séjour de 24 heures dans ce milieu les galettes ont été immergées dans l'eau douce. Après six semaines d'immersion aucune des galettes immergées ne présentait aucune trace apparente quelconque de désagrégation.

Essai de résistance

Les essais de résistance à l'arrachement (traction) et à l'écrasement (compression) ont été faits sur de petites briquettes normales présentant dans leur plus petite partie une section de 5 cm².

Aussitôt après gâchage les mortiers ont été placés dans l'eau douce et y ont été laissés 24 heures; les briquettes ont été démoulées et placées dans les milieux de conservation d'où elles ont été retirées pour être essayées suivant les époques de rupture.

Les mortiers essayés ont été confectionnés avec du sable de Leucate.

Pour l'essai à la traction les briquettes ont été essayées à l'aide de l'appareil de Michaelis.

Pour l'essai à la compression on s'est servi des demi-briquettes séparées par l'essai de traction, chaque demi-briquette était essayée isolément, mais les résultats fournis par les deux demi-briquettes jumelles étaient totalisés; ce total divisé par la surface de la briquette donne la résistance par cm².

Les résultats des essais de traction et de compression sont indiqués dans le tableau suivant :

Résistance par cm^2 à la traction et à la compression, gâchage et immersion d'eau douce

Durée de l'immersion		Ciment pur		Mortier plastique 1/3		Mortier sec 1/3	
		Traction	Compress.	Traction	Compress.	Traction	Compress.
1 semaine	A . . .	36 ^k 6	»	15 ^k 6	212 ^k 5	17 ^k 1	196 ^k 4
	B . . .	37 5	430 ^k	11 3	124	16 1	236
4 semaines	A . . .	46 8	648 8	25 6	287 5	25 1	304 0
	B . . .	49 6	740	20 3	240	26 1	299 5
12 semaines	A . . .	48 0	897 0	33 5	376 6	35 0	317 4
	B . . .	47 6	940	27 6	319	36 3	414
6 mois	A . . .	50 3	1.212	37	632	38 5	650
	B . . .	53 2	1.093	27 1	394	37 6	565
1 an	A . . .	55 8	1.091	35 8	641	40 1	489

V

**SUR UN PROCÉDÉ SIMPLE ET RAPIDE
PERMETTANT DE DIFFÉRENCIER UNE CHAUX GRASSE
D'UNE CHAUX HYDRAULIQUE**

Nous avons présenté au mois de juin dernier au congrès de chimie appliquée tenu à Berlin une note sur un procédé simple et rapide permettant de différencier une chaux grasse d'une chaux hydraulique.

La première partie de cette communication est copiée presque textuellement sur celle faite au congrès de Berlin, la seconde est le résultat d'essais exécutés depuis lors.

Il est parfois intéressant de pouvoir classer avec rapidité une chaux donnée dans la catégorie des chaux grasses ou des chaux hydrauliques ; on se base actuellement soit sur la prise, soit sur la composition chimique, méthodes qui exigent toutes deux plus ou moins de temps et qui, par cela même, sont inapplicables dans certains cas, particulièrement lorsqu'il s'agit de l'application d'un tarif de douane.

Nous avons pensé qu'il serait possible de se servir de l'eau sucrée pour cette détermination.

Si, en effet, on fait agir une solution de sucre sur de la chaux, il se forme, ce qui est bien connu, du saccharate de chaux soluble ; il est par conséquent évident que plus une chaux contiendra de chaux proprement dite (CaO), plus il faudra, à conditions égales, d'un même acide pour saturer la chaux dissoute.

Dans une note parue en 1901 dans le n° 23 des *Baumaterialienkunde de Stuttgart*, nous avons montré que les produits abandonnent d'autant plus de chaux qu'ils sont moins hydrauliques, ce qui était à prévoir.

En général, les chaux hydrauliques contiennent moins de 40 o/o de chaux (CaO) déterminée par le procédé ci-après :

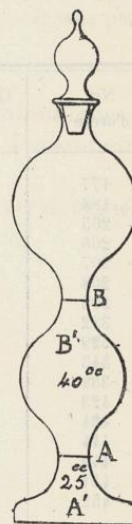
Peser 1 gr. du produit à essayer dans une petite main en nickel; délayer avec 2 à 3 cc. d'eau sucrée à 10 o/o; verser dans un ballon de 10 cc.; ajouter de l'eau jusqu'au trait d'affleurement; agiter fréquemment pendant quinze minutes exactement; jeter sur un grand filtre à plis; verser du liquide filtré jusqu'au trait A du petit appareil ci-contre; d'autre part, avoir une liqueur titrée d'acide sulfurique contenant exactement 3 gr. 57 d'acide sulfurique (SO^3) par litre, ou 4 gr. 373 SO^3H^2 ; verser de cette liqueur jusqu'au trait B; ajouter quelques gouttes de teinture de tournesol et agiter.

Si la liqueur reste rouge, on peut en conclure que la chaux contient moins de 40 o/o de chaux (CaO); si, au contraire, la liqueur vire au bleu, l'opération indique qu'il reste de la chaux non saturée. Dans le premier cas, la chaux étudiée sera considérée comme hydraulique, dans le second cas comme chaux grasse.

Les chaux que nous avons étudiées auraient été classées dans la catégorie des chaux hydrauliques, sauf une seule. Mais, au point de vue spécial pour lequel est présentée cette note, qui consiste à posséder une méthode rapide permettant de taxer dans un bureau de douane une chaux pour ce qu'elle doit être, le produit en question ne présentait aucun intérêt, car personne ne pensera à importer une chaux hydraulique ne contenant que 5 o/o de silice, ce qui était le cas du produit en question.

Il doit être bien entendu que cette méthode n'a nullement la prétention d'être une méthode absolument scientifique, d'autant plus que le chiffre de 40 o/o est donné à titre d'indication. Ce que nous désirons mettre en relief, c'est la possibilité de classer en quelques instants une chaux, contrairement à l'opinion répandue dans certains milieux (opinion qui porte un préjudice considérable à l'industrie des chaux hydrauliques) qu'il faut huit ou quinze jours pour déterminer la classe à laquelle appartient une chaux.

Il serait également possible d'employer cette méthode pour classer les ciments dans la catégorie des ciments, lorsque ces produits sont importés sous la désignation de chaux hydrauliques et même de chaux grasse, ou sans aucune désignation. Si l'on opère avec cette méthode sur un ciment portland, on trouve que la proportion de chaux dissoute (provenant de l'hydratation des silicates et aluminates chaux) n'excède pas 5 o/o. Il est évident que, pour le ciment, l'ampoule B' ne devrait contenir que 5 cc. On peut également se passer du flacon spécial dans un laboratoire possédant une burette et une pipette, appareils qu'on ne peut guère mettre entre les mains du premier venu; c'est pourquoi nous avons imaginé le flacon figuré ci-dessus.



L'emploi de cette méthode éviterait les complications journalières qui se présentent dans les transactions internationales des produits hydrauliques.

Depuis la publication de cette note nous avons exécuté un certain nombre d'essais dont les résultats sont consignés dans les tableaux ci-après :

Chaux hydraulique.

N ^{os} d'ordre	Chaux soluble 0/0 gr.	N ^{os} d'ordre	Chaux soluble 0/0 gr.	N ^{os} d'ordre	Chaux soluble 0/0 gr.
177	20,6	454	19,7	490	4,1
188	11,2	456	9,6	491	14,5
205	16,6	457	31,0	496	14,5
206	25,2	458	10,0	500	36,7
207	32,7	460	42,4	501	18,6
208	23,2	461	36,0	502	16,1
298	24,4	462	27,0	503	18,0
322	29,1	463	13,2	508	5,1
329	10,0	464	8,4	509	18,4
343	20,4	467	14,6	511	5,1
358	14,7	468	8,1	512	13,1
423	7,4	476	7,7	516	9,3
424	14,2	477	13,0	517	18,1
444	11,0	478	23,2	578	16,8
449	30,4	479	25,0	579	16,2
451	14,5	480	35,3		
452	16,5	484	14,0		

Ces chaux proviennent d'un grand nombre de localités différentes, et comprennent des chaux hydrauliques ordinaires, des chaux éminemment hydrauliques et des chaux lourdes.

Deux chaux grasses essayées nous ont donné la première 69,6 o/o, la seconde 60,9 o/o.

Des ciments essayés par le même procédé nous ont donné :

N ^{os} d'ordre	Nature des ciments essayés	Chaux 0/0 gr.	N ^{os} d'ordre	Nature des ciments essayés	Chaux 0/0 gr.
224	Portland artificiel	2,3	445	Portland naturel	4,1
259	—	1,6	448	—	3,9
383	—	2,0	450	—	2,5
384	—	1,7	474	—	2,7
385	—	2,5	482	—	4,6
386	—	1,4	667	—	3,6
387	—	3,0	299	Ciment de grappiers	4,0
400	—	3,4	592	—	5,3
412	—	2,5	657	—	7,6
513	—	3,6	247	Ciment romain	2,7
518	—	4,2	446	—	2,8
519	—	4,5	475	—	2,6
670	—	5,7	493	—	1,0
421	—	2,1	498	—	2,1
422	—	2,5	228	Ciment de laitier	6,7
246	Portland naturel	4,7	229	—	6,7
247	—	6,0			
248	—	5,0			

On voit combien par ce procédé il est facile de déterminer en peu de temps une chaux hydraulique d'une chaux grasse, et même d'un ciment portland ; il ne peut en être évidemment de même des ciments de laitin et de grappiers qui contiennent, les premiers toujours, et les seconds souvent de la chaux libre.

Les ciments naturels de bonne qualité peuvent également être classés par ce procédé.

Conclusion. — Pour la différenciation rapide des chaux hydrauliques des chaux grasses, on classera parmi les chaux hydrauliques celles donnant moins 40 o/o de chaux par le procédé tel qu'il est décrit.

Ce procédé a principalement été imaginé en vue des classifications douanières.

PROCÉDÉ POUR DÉTERMINER LA VITESSE D'UN COURANT HYDRAULIQUE

On voit, comme par exemple, que la vitesse de l'écoulement en un point de la section d'un canal est en raison inverse du carré de la distance de ce point au fond du canal. On peut en conséquence déterminer la vitesse d'un courant en mesurant la distance d'un point quelconque au fond du canal et en divisant le carré de cette distance par le carré de la distance du point le plus profond au fond du canal. Les vitesses ainsi déterminées peuvent également être classées par le procédé.

Conclusion. — Pour la détermination rapide des vitesses des courants, on a dressé pour les courants hydrauliques une table de vitesses. On voit de suite par la table que la vitesse est en raison inverse du carré de la distance au fond du canal. On peut en conséquence déterminer la vitesse d'un courant en mesurant la distance d'un point quelconque au fond du canal et en divisant le carré de cette distance par le carré de la distance du point le plus profond au fond du canal. Les vitesses ainsi déterminées peuvent également être classées par le procédé.

Distance du point au fond du canal	Vitesse	Distance du point au fond du canal	Vitesse
1	1	10	0.1
2	0.5	11	0.09
3	0.33	12	0.08
4	0.25	13	0.07
5	0.2	14	0.06
6	0.17	15	0.05
7	0.15	16	0.04
8	0.13	17	0.04
9	0.11	18	0.03
10	0.1	19	0.03
11	0.09	20	0.02
12	0.08	21	0.02
13	0.07	22	0.02
14	0.06	23	0.02
15	0.05	24	0.02
16	0.04	25	0.02
17	0.04	26	0.02
18	0.03	27	0.02
19	0.03	28	0.02
20	0.02	29	0.02
21	0.02	30	0.02
22	0.02	31	0.02
23	0.02	32	0.02
24	0.02	33	0.02
25	0.02	34	0.02
26	0.02	35	0.02
27	0.02	36	0.02
28	0.02	37	0.02
29	0.02	38	0.02
30	0.02	39	0.02
31	0.02	40	0.02
32	0.02	41	0.02
33	0.02	42	0.02
34	0.02	43	0.02
35	0.02	44	0.02
36	0.02	45	0.02
37	0.02	46	0.02
38	0.02	47	0.02
39	0.02	48	0.02
40	0.02	49	0.02
41	0.02	50	0.02
42	0.02	51	0.02
43	0.02	52	0.02
44	0.02	53	0.02
45	0.02	54	0.02
46	0.02	55	0.02
47	0.02	56	0.02
48	0.02	57	0.02
49	0.02	58	0.02
50	0.02	59	0.02
51	0.02	60	0.02
52	0.02	61	0.02
53	0.02	62	0.02
54	0.02	63	0.02
55	0.02	64	0.02
56	0.02	65	0.02
57	0.02	66	0.02
58	0.02	67	0.02
59	0.02	68	0.02
60	0.02	69	0.02
61	0.02	70	0.02
62	0.02	71	0.02
63	0.02	72	0.02
64	0.02	73	0.02
65	0.02	74	0.02
66	0.02	75	0.02
67	0.02	76	0.02
68	0.02	77	0.02
69	0.02	78	0.02
70	0.02	79	0.02
71	0.02	80	0.02
72	0.02	81	0.02
73	0.02	82	0.02
74	0.02	83	0.02
75	0.02	84	0.02
76	0.02	85	0.02
77	0.02	86	0.02
78	0.02	87	0.02
79	0.02	88	0.02
80	0.02	89	0.02
81	0.02	90	0.02
82	0.02	91	0.02
83	0.02	92	0.02
84	0.02	93	0.02
85	0.02	94	0.02
86	0.02	95	0.02
87	0.02	96	0.02
88	0.02	97	0.02
89	0.02	98	0.02
90	0.02	99	0.02
91	0.02	100	0.02

USINE A CIMENT PORTLAND ARTIFICIEL
de la Société Anonyme des Ciments et Chaux hydrauliques du Nord à Lille
Production : 22500 tonnes par An
Echelle 1/500.

- pour la pile
- 1. Bâti de la pile
 - 2. Pile
 - 3. Pile
 - 4. Pile
 - 5. Pile
 - 6. Pile
 - 7. Pile
 - 8. Pile
 - 9. Pile
 - 10. Pile
 - 11. Pile
 - 12. Pile
 - 13. Pile
 - 14. Pile
 - 15. Pile
 - 16. Pile
 - 17. Pile
 - 18. Pile
 - 19. Pile
 - 20. Pile
 - 21. Pile
 - 22. Pile
 - 23. Pile
 - 24. Pile
 - 25. Pile
 - 26. Pile
 - 27. Pile
 - 28. Pile
 - 29. Pile
 - 30. Pile
 - 31. Pile
 - 32. Pile
 - 33. Pile
 - 34. Pile
 - 35. Pile
 - 36. Pile
 - 37. Pile
 - 38. Pile
 - 39. Pile
 - 40. Pile
 - 41. Pile
 - 42. Pile
 - 43. Pile
 - 44. Pile
 - 45. Pile
 - 46. Pile
 - 47. Pile
 - 48. Pile
 - 49. Pile
 - 50. Pile
 - 51. Pile
 - 52. Pile
 - 53. Pile
 - 54. Pile
 - 55. Pile
 - 56. Pile
 - 57. Pile
 - 58. Pile
 - 59. Pile
 - 60. Pile
 - 61. Pile
 - 62. Pile
 - 63. Pile
 - 64. Pile
 - 65. Pile
 - 66. Pile
 - 67. Pile
 - 68. Pile
 - 69. Pile
 - 70. Pile
 - 71. Pile
 - 72. Pile
 - 73. Pile
 - 74. Pile
 - 75. Pile
 - 76. Pile
 - 77. Pile
 - 78. Pile
 - 79. Pile
 - 80. Pile
 - 81. Pile
 - 82. Pile
 - 83. Pile
 - 84. Pile
 - 85. Pile
 - 86. Pile
 - 87. Pile
 - 88. Pile
 - 89. Pile
 - 90. Pile
 - 91. Pile
 - 92. Pile
 - 93. Pile
 - 94. Pile
 - 95. Pile
 - 96. Pile
 - 97. Pile
 - 98. Pile
 - 99. Pile
 - 100. Pile

Fig. 1 Coupe suivant aa (Fig. 4)

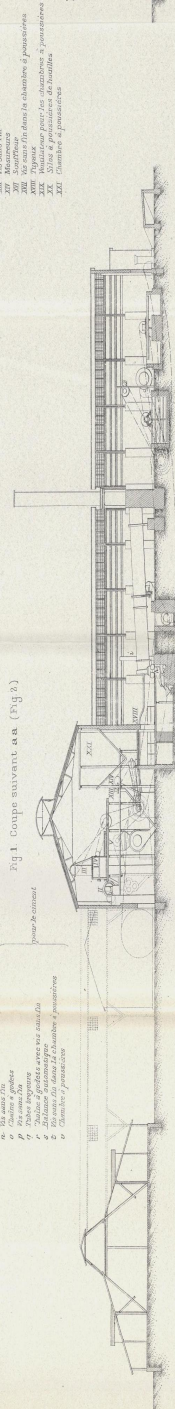


Fig. 3. Coupe suivant bb (Fig. 5)

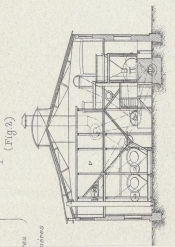


Fig. 2. Plan du Rez de Chaussée

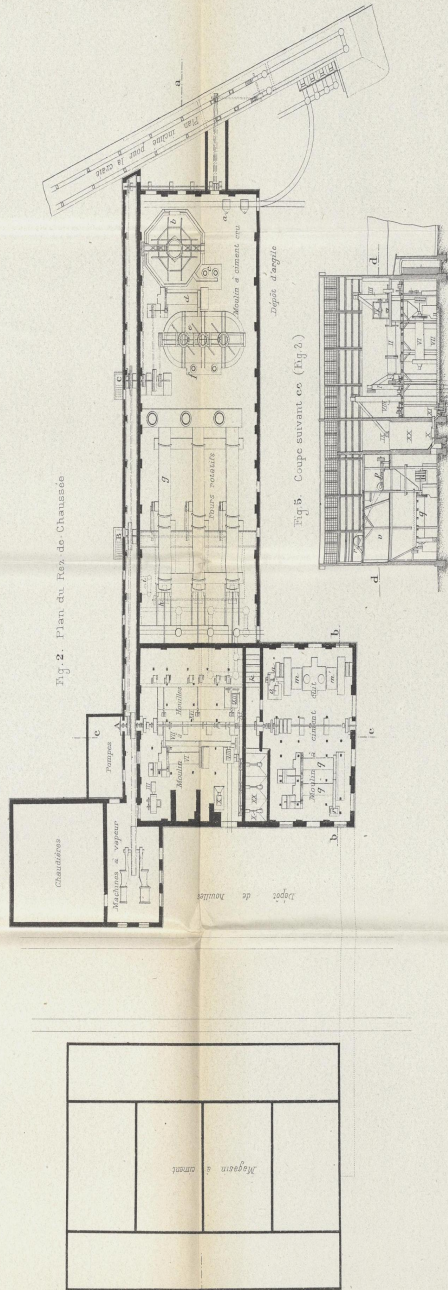


Fig. 5. Coupe suivant cc (Fig. 2)

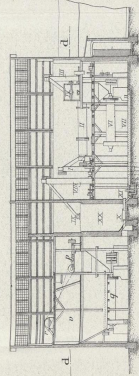
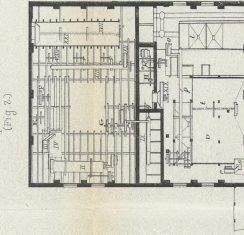


Fig. 4. Coupe suivant dd (Fig. 2)



PROJET D'UNE USINE A CIMENT PORTLAND ARTIFICIEL

Capacité: 30 tonnes par four et 24 heures

Echelle 1/200

Fig.1 Coupe longitudinale suivant ab (Fig.3.)

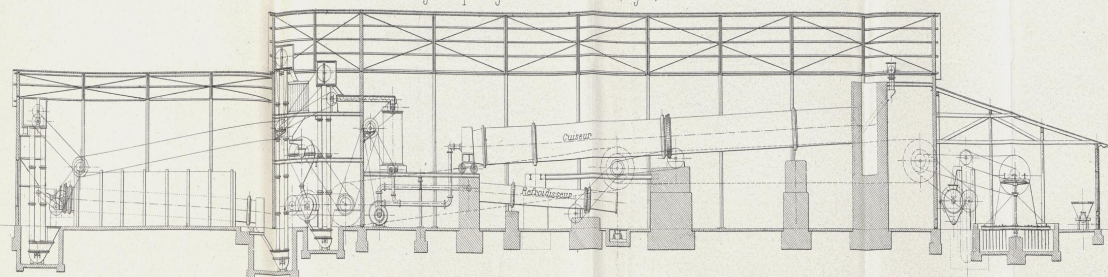


Fig. 2. Coupe longitudinale suivant cd (Fig. 3)

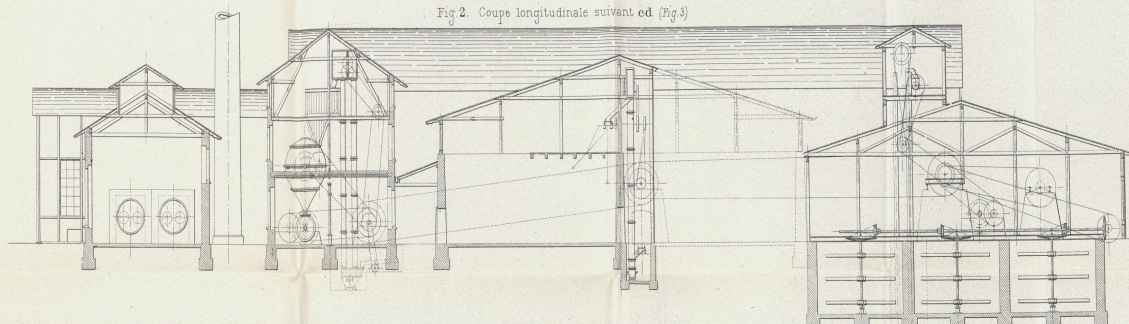
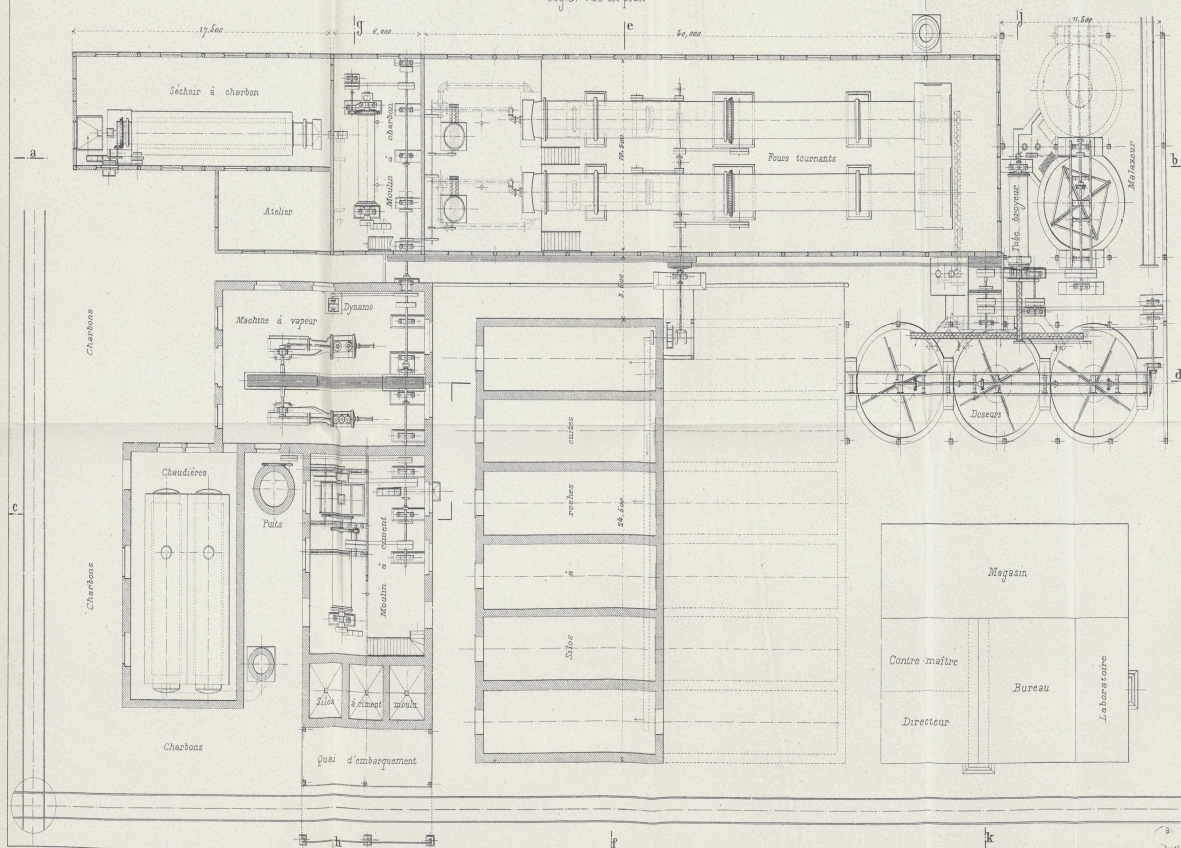


Fig.3. Vue en plan



Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, à Paris.

Anzor E. Gillet - Ins. Morocco, Part

PROJET D'UNE USINE A CIMENT PORTLAND ARTIFICIEL

Capacité : 30 tonnes par four et 24 heures.

Echelle 1/200

Fig.1. Coupe transversale suivant ef (Fig.3. pl.0)

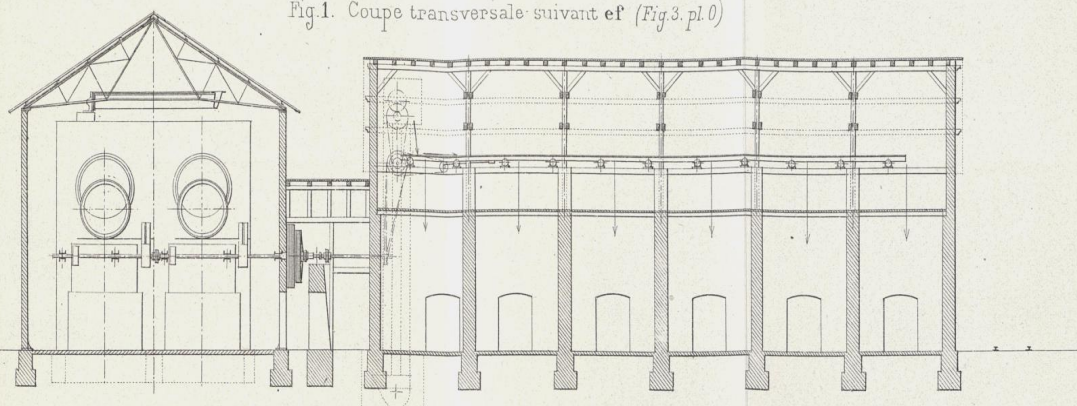


Fig.2. Coupe transversale suivant gh (Fig.3. pl.0.)

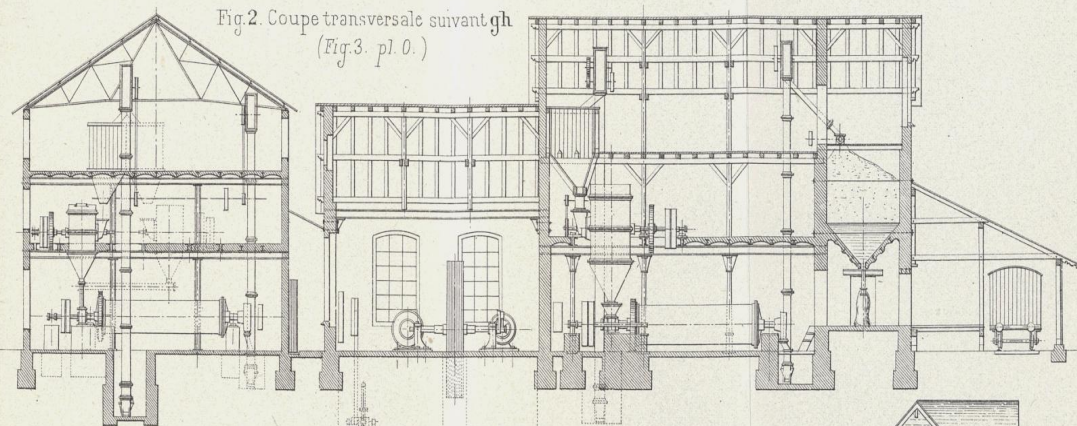
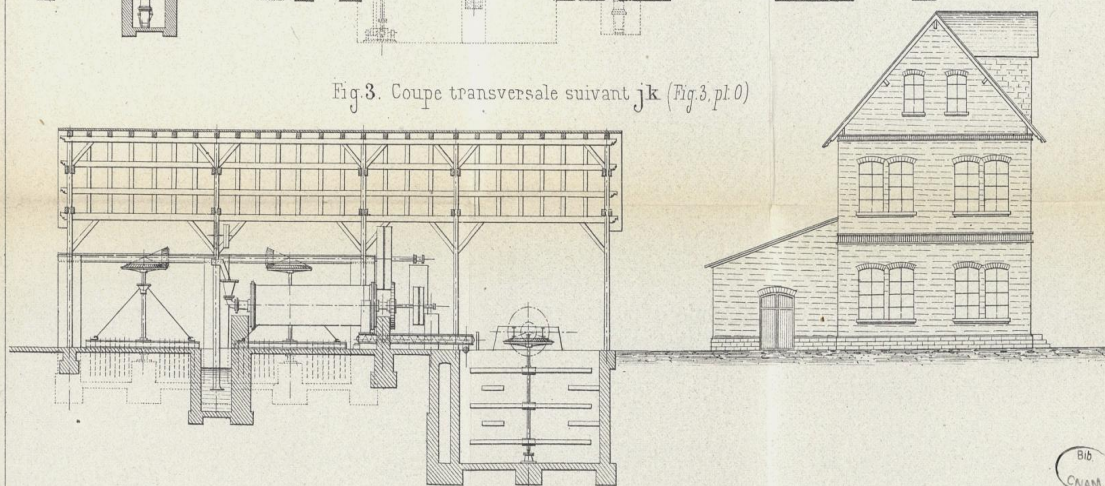


Fig.3. Coupe transversale suivant jk (Fig.3. pl.0)



Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, à Paris.

Autog. E. Gillet. - Imp. Monroq. Paris.

Bib
CNAM

PROJET D'UNE USINE A CHAUX

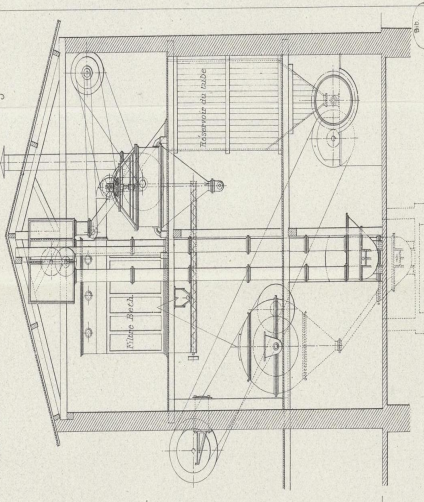
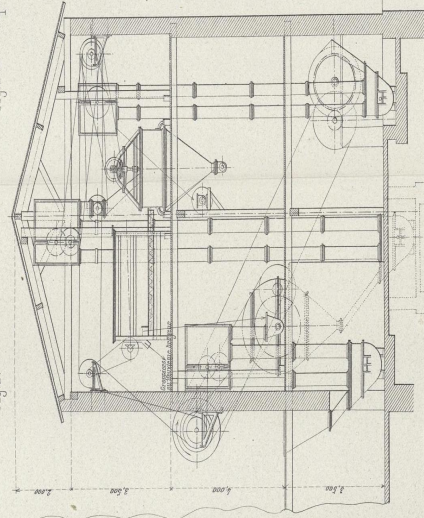
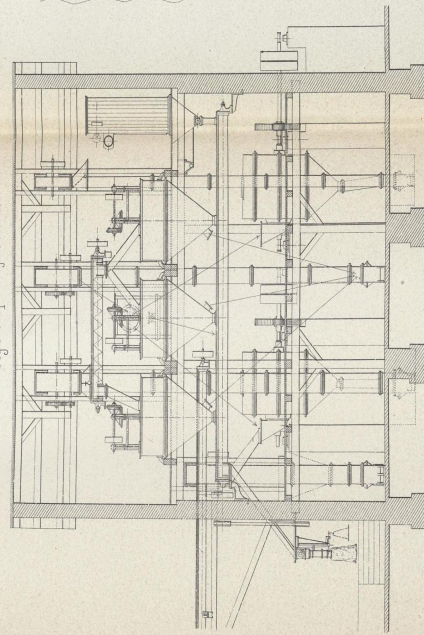
Echelle 1/100

Fig 1. Coupe longitudinale

Fig 2.

Fig 2 et 3. Coupes transversales

Fig 3.



Ch. Béranger, architecte, 55 rue des Saussaies, Paris, 16.

Arch. K. Keller - Imp. Menier, Paris.

