

MÉMOIRES

L'INDUSTRIE DU CIMENT PORTLAND DANS LE TOURNAISIS

PAR

J. HENROTTE

Inspecteur principal du travail.

[6669 (49353)]

Richesses minérales du Tournaisis. Importance de la fabrication du ciment Portland. — Les gisements calcaires du Tournaisis, qui, géologiquement, se rattachent à la période carbonifère, sont exploités très activement sur les deux rives de l'Escaut, entre Tournai et la frontière française.

Un grand nombre d'importantes carrières sont ouvertes dans les communes belges de Bruyelle, Antoing, Calonne, Vaulx, Chercq, Saint-Maur, Tournai, Gaurain-Ramecroix. Les produits de ces exploitations sont rarement destinés à la construction ; le plus souvent, ils sont transformés en chaux et en ciment.

La nature de ces derniers produits dépend essentiellement de la teneur en argile que renferme le calcaire naturel, et cette teneur est très variée dans le Tournaisis, de sorte que, en séparant et traitant à part les pierres fournies par les divers bancs, l'industrie locale est à même de produire

toutes les espèces de chaux et de ciment réclamées par le commerce.

Les pierres calcaires qui contiennent seulement quelques unités d'argile, et sous ce terme générique, il faut entendre la silice (SiO^2), l'alumine ($\text{Al}^2 \text{O}^3$), et l'oxyde de fer ($\text{Fe}^2 \text{O}^3$), isolés ou en combinaison, sont calcinées à l'aide de houille dans des fours continus ou coulants. Ainsi on obtient une chaux grasse très estimée.

Les moellons qui, à l'état sec, renferment de 4 à 20 % d'argile, et 96 à 80 % de calcaire pur (CaCO^3) sont, de la même façon que les pierres à chaux grasse, transformés en chaux d'autant plus hydrauliques qu'elles tiennent plus d'argile. Les variétés les plus riches en éléments hydraulisants sont généralement livrées au commerce, après avoir été éteintes et moulues en poudre fine.

Les bancs de calcaire qui, à l'état sec, contiennent de 21 à 27 % d'argile, sont très nombreux et constituent la plus grande richesse des gisements calcaires du Tournaisis; ces bancs fournissent la pierre susceptible d'être transformée en ciment Portland ou ciment à prise lente.

La pierre à ciment Portland, lorsqu'elle est simplement calcinée, comme le sont les pierres à chaux grasse et à chaux hydraulique, fournit une chaux de peu de valeur, appelée chaux limite, dont l'introduction dans les mortiers n'est pas recommandable, en raison de la désagrégation qu'elle provoque. Mais, si on calcine cette même pierre à très haute température, jusqu'à commencement de vitrification, on obtient un conglomérat très dur qui, moulu en poudre fine, n'est autre que le ciment Portland ⁽¹⁾ dit naturel. Ce ciment, particulièrement apprécié dans les pays d'outre-mer, possède, comme le ciment artificiel, des propriétés spéciales

(1) On sait que la dénomination " Portland ", attribuée au ciment à prise lente, provient de la similitude que ce produit présente lorsqu'il est durci avec la pierre naturelle extraite à Portland (Angleterre).

bien connues, différentes toutes de celles des chaux hydrauliques.

Enfin, on trouve également, dans les gisements calcaires du Tournaisis, des bancs extrêmement riches en argile

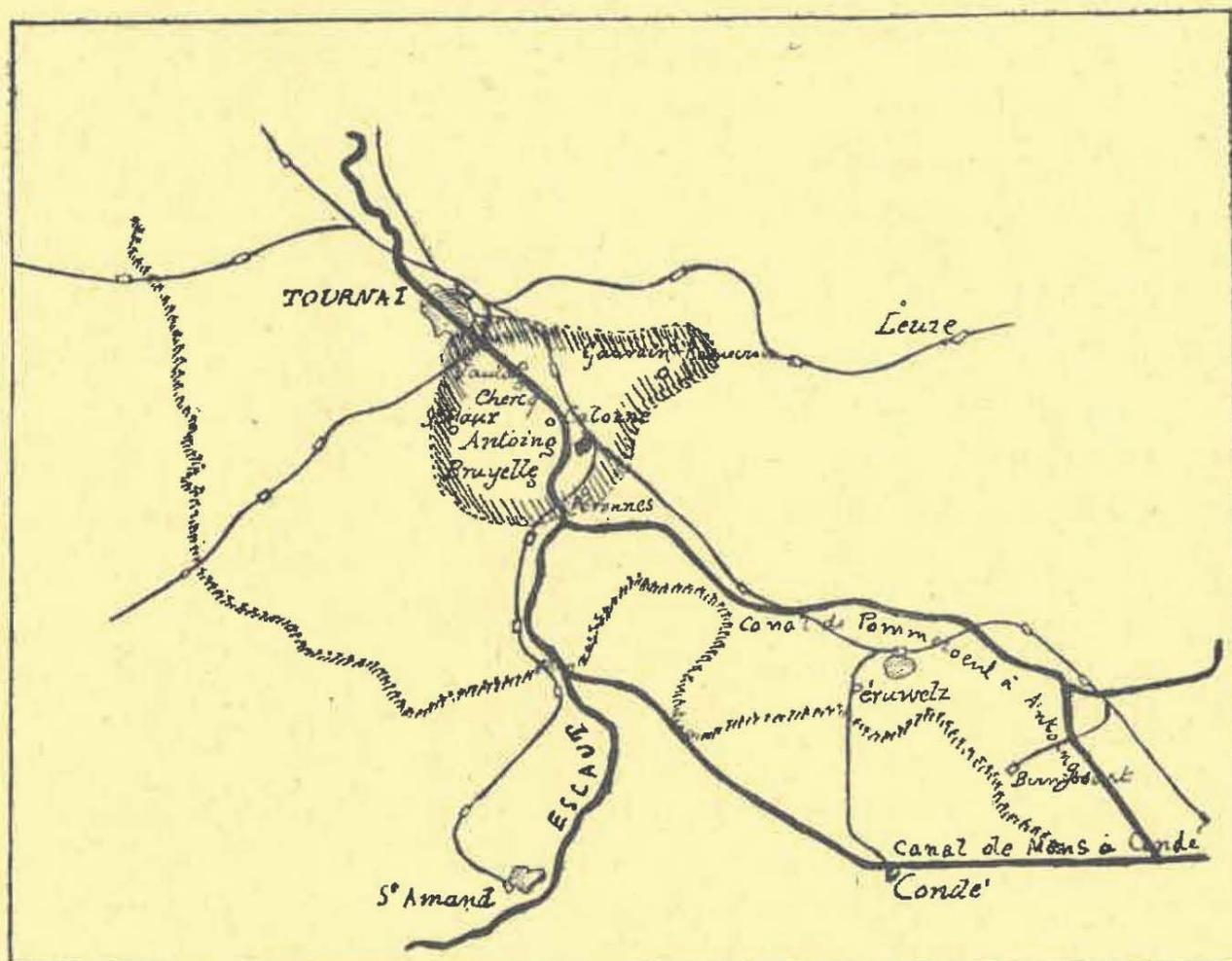


FIG. 1. — Gisements calcaires du Tournaisis.

(jusque 40 %). Ce calcaire est cuit à la houille de la même façon que les autres pierres à chaux, et fournit un produit n'ayant subi aucune vitrification, mais incapable de s'éteindre, vu sa faible teneur en chaux libre. Ce produit, moulu en poudre fine, constitue le ciment romain ou pouzzolanique (ciment à prise rapide). Le ciment romain du Tournaisis est très employé en Belgique pour le revêtement de citernes et la fabrication des carreaux de ciment. Dans le nord de la

France, ce ciment est fort utilisé comme succédané des chaux hydrauliques.

L'exploitation et la transformation des richesses minérales qui viennent d'être énumérées nécessitent l'emploi de plus de quatre mille ouvriers. Les établissements sont, pour la plupart, situés immédiatement au bord de l'Escaut canalisé. Ils sont ainsi reliés directement aux bassins du Borinage et d'Anzin d'un côté, et au port d'Anvers de l'autre. Toutes les usines sont également raccordées au chemin de fer de l'État par des voies de raccordement à écartement normal.

Grâce à cette heureuse situation géographique, la production de chaux et de ciment dans le Tournaisis, n'a cessé de s'accroître d'année en année. Elle atteint aujourd'hui annuellement :

| | | | |
|---------|--------|-----------|-------------|
| 400,000 | tonnes | de ciment | Portland |
| 120,000 | id. | ciment | romain |
| 175,000 | id. | chaux | hydraulique |
| 400,000 | id. | chaux | ordinaire. |

Les trois derniers produits, ciment romain, chaux hydraulique et chaux ordinaire, sont consommés dans notre pays, dans le nord de la France et en Hollande.

Quant au ciment Portland, sauf 50,000 tonnes utilisées dans les mêmes régions, il est exporté dans les pays d'outre-mer.

Le ciment Portland possède une valeur plus élevée que celle des autres produits, et par conséquent, sa fabrication constitue, de beaucoup, la branche la plus intéressante de l'industrie du Tournaisis.

Les fabriques de ciment artificiel, avec lesquelles l'industrie du Tournaisis se trouve en concurrence, sont, en Belgique, au nombre d'une dizaine, et ont une production notablement inférieure.

On ne peut donc nier l'importance exceptionnelle de la fabrication de ciments naturels en Belgique. C'est ce qui nous a engagé à faire connaître les méthodes du travail en usage dans le Tournaisis pour la fabrication du ciment Portland, à rappeler les progrès apportés à cette fabrication dans les dix dernières années, et à indiquer les perfectionnements qui seraient de nature à permettre à cette industrie de produire des ciments Portland capables de rivaliser avec les ciments artificiels des marques les plus appréciées.

* * *

Fours intermittents et fours continus. Gaspillage du combustible. — Dès l'origine de l'industrie du ciment dans le Tournaisis, la pierre fut cuite dans des fours intermittents. Ce fut seulement vers 1892 que des tentatives furent faites en vue d'employer des fours continus, et ces fours n'ayant pas justifié les espérances qu'on avait fondées sur eux, ne se sont guère encore répandus jusqu'ici.

Les premiers fours à ciment Portland avaient la forme d'une bouteille. La cuve de cuisson A était revêtue de briques réfractaires α , et elle était surmontée d'un cône B formant cheminée; ce cône était percé de deux ouvertures D par lesquelles s'effectuait le chargement.

La hauteur de la cuve était d'environ 6 mètres, le diamètre du ventre 4 mètres, et celui des sections extrêmes 3 mètres.

Aujourd'hui, le volume de la cuve est resté ce qu'il était jadis, seulement, la forme ovoïde a été remplacée par un tronc de cône renversé, ou même simplement par un cylindre, cette dernière forme étant plus simple à construire et la cuve étant alors moins exposée aux corrosions. La disposition des grilles a également été modifiée. Jadis, elle était formée de barreaux reposant sur 3 sommiers c (voir page 787); aujourd'hui, les barreaux sont généralement

disposés suivant les rayons d'une couronne circulaire entourant un cône disposé à la base du four. Ce cône est établi en vue d'assurer la régularité du mouvement de descente, lorsqu'on vide le four.

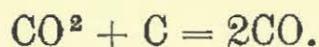
Quel que soit le mode de construction du four, la cuisson intermittente est conduite suivant une méthode uniforme. On commence par charger la grille de fagots que l'on recouvre de coke, puis on verse les lits successifs de pierre et de coke. Les fagots sont allumés après que les portes de chargement ont été bouchées par une maçonnerie provisoire, et on laisse simplement la combustion se propager de bas en haut. Quand le combustible est épuisé, et cela arrive généralement au bout du cinquième jour, on vide le four soit en enlevant les grilles (anciens fours), soit en enlevant le ciment en roche par des ouvertures situées au-dessus de la grille (fours plus récents).

Les fours intermittents contiennent généralement 60 à 70 tonnes de pierre et 15 à 18 tonnes de coke.

Quand on examine les conditions de la combustion dans ces fours, on constate que le coke se trouve en colonne de six mètres de hauteur, et qu'il est alimenté d'air par le bas seulement.

Ce sont précisément les conditions que l'on rencontre dans un gazogène.

Dans les couches inférieures, voisines de la grille, la combustion est complète, et le coke se transforme en majeure partie en acide carbonique (CO^2), mais ce gaz incombustible en s'élevant vers le haut vient au contact du coke chauffé, avec lequel il se combine pour former de l'oxyde de carbone (CO).



Si l'oxyde de carbone ainsi formé, qui est un gaz combustible, rencontre en poursuivant son ascension une quantité

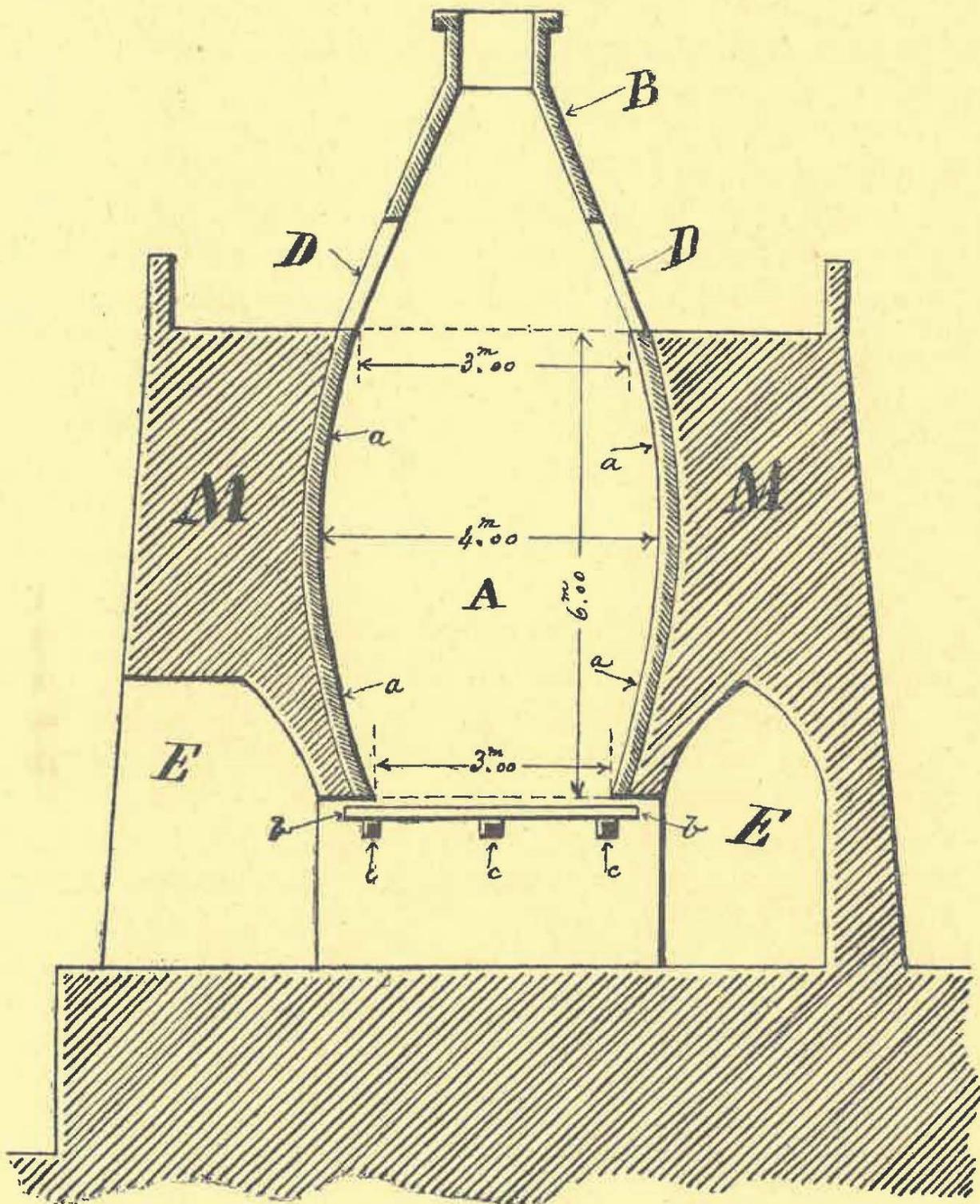


FIG. 2. — Four intermittent en forme de bouteille.

suffisante d'air chaud, il s'enflammerait et produirait un effet utile, mais, puisque l'oxygène fait défaut, ayant été transformé déjà dans le bas du four en acide carbonique, l'oxyde de carbone s'échappera par la cheminée, emportant avec lui, non utilisées, une grande fraction des calories disponibles dans le coke.

Le combustible est donc gaspillé dans les fours intermittents, et ce gaspillage se traduit par la formation d'un gaz combustible, restant sans emploi, et qui, en outre, est éminemment toxique.

A une époque où des maisons d'habitation étaient, dans le Tournaisis, en quelque sorte adossées aux fours à ciment, il s'est produit des cas mortels d'empoisonnement par ce gaz, et ces accidents eurent pour conséquence indirecte d'attirer l'attention sur la nécessité d'éviter le gaspillage du coke.

Aujourd'hui, les accidents de ce genre ne sont plus à craindre, les maisons trop rapprochées des fours ayant cessé d'être habitées, mais le gaspillage du coke a persisté dans les mêmes conditions. Selon la nature de la pierre, on consomme 120 à 140 kilogr. de coke par tonne de pierres versées dans la cuve, et comme la pierre à ciment Portland rend moyennement les deux tiers de son poids en ciment, on estime que la consommation de coke est de 190 à 210 kilogr. par tonne de ciment fabriqué.

Cette consommation est supérieure à celle qui est relevée dans les fabriques de ciment artificiel. Il est d'ailleurs accepté que la pierre du Tournaisis est plus difficile à cuire que les briquettes composées de craie et d'argile, dont la calcination produit la roche de ciment artificiel.

Fours continus. Indépendamment de la perte de combustible due à la formation de l'oxyde de carbone, les fours intermittents présentent une perte qui est particulière au fonctionnement discontinu et qui est causée par le refroidissement du four après chaque cuisson.

Mais, au point de vue industriel, le plus grand inconvénient que présentent les fours intermittents, c'est l'inactivité forcée dans laquelle ils se trouvent deux jours sur sept, puisque, après chaque période de cinq jours de cuisson, une journée est perdue pour le refroidissement et la vidange, et une autre journée pour le remplissage.

Un four continu, au contraire, ne chôme jamais ; il est alimenté régulièrement de coke et de pierre, et le ciment en est extrait périodiquement ; par conséquent, à égalité de dépenses de premier établissement, il produit plus.

Aussi l'emploi des fours continus est une question à l'ordre du jour dans le Tournaisis. Plusieurs types de fours ont été essayés, et l'un des plus intéressants est celui qui a été adopté par la Compagnie des ciments de l'Escaut.

Le croquis ci-contre représente un groupe de trois de ces fours accolés, chacun comportant une cuve A cylindrique, revêtue intérieurement d'une enveloppe a en briques réfractaires. Ces enveloppes sont refroidies par un courant d'air, circulant, par l'effet de la chaleur même du four, à travers des carneaux b établis en zig-zag.

Les cuves sont recouvertes de voûtes en plein cintre B, percées de portes de chargement K, et communiquant par de larges ouvertures D, avec une galerie raccordée à une haute cheminée.

La grille F de chaque four, a ses barreaux disposés en forme de parapluie renversé, de manière à laisser au centre une ouverture circulaire, par laquelle s'écoulent les pierres cuites. Ces pierres sont enlevées régulièrement à l'aide d'une pelle m , que l'on introduit entre les pieds en fer qui supportent les parapluies.

Les fours qui viennent d'être décrits ne consomment pas moins de combustible que les fours intermittents, et, de plus, ils produisent relativement beaucoup de pierres insuffisamment cuites (incuits).

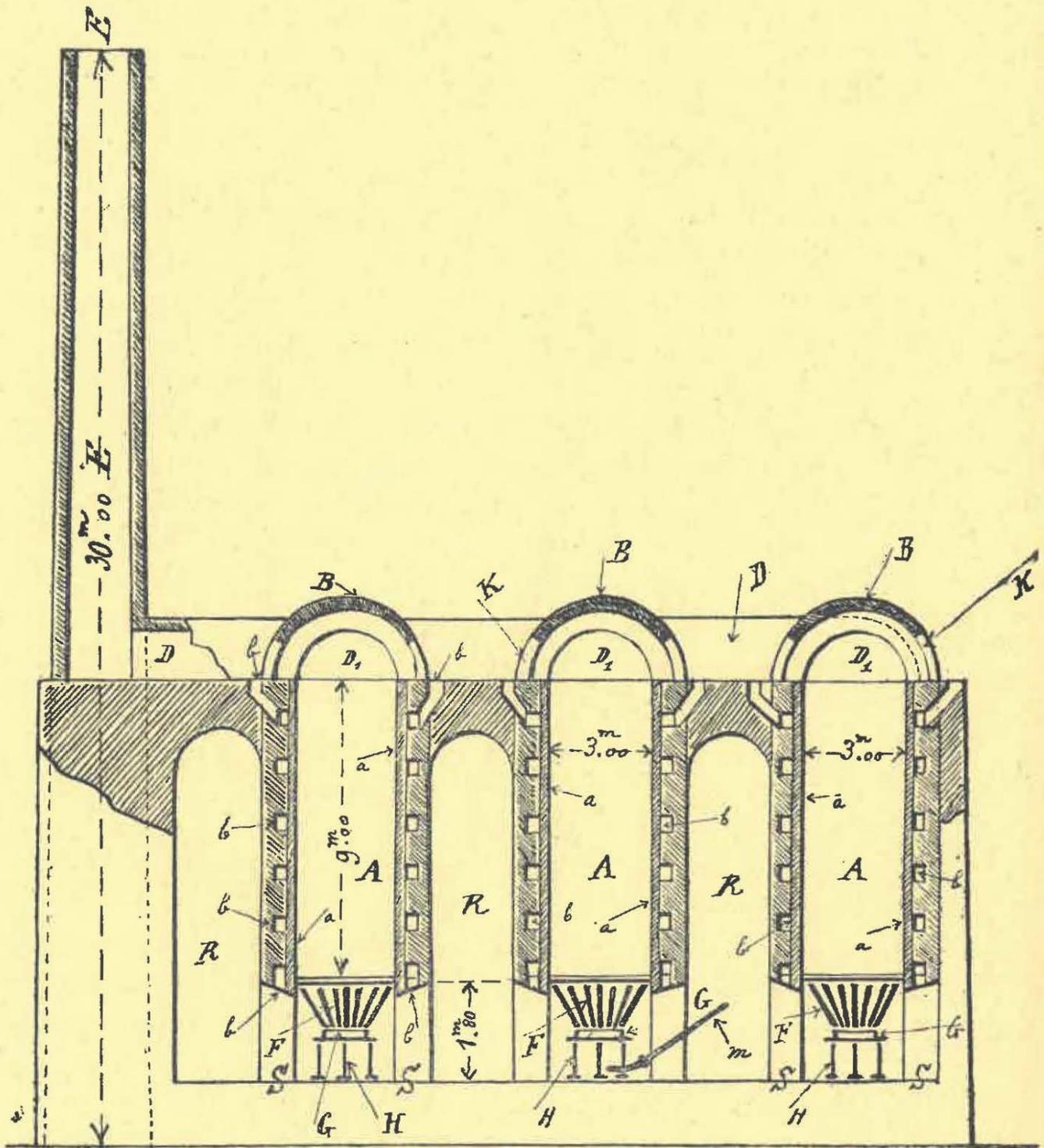


FIG. 3. — Fours à ciment continus de la Compagnie des Ciments de l'Escaut.

Cet insuccès relatif, dû en grande partie à la difficulté spéciale que présente la cuisson des pierres du Tournaisis est d'ailleurs commun à tous les fours continus à ciment qui ont été essayés. Il est reconnu que les fours continus Stein, Dietzch, Schofer, malgré la vogue justifiée dont ils jouissent auprès des fabricants de ciment artificiel n'ont jamais cuit le ciment aussi parfaitement que les anciens fours en bouteille. Cela tient évidemment, à ce que dans tous les fours continus essayés jusqu'ici, certaines pierres traversent plus rapidement que d'autres la zone de pleine combustion et, par suite, sont soumises à la cuisson pendant un temps insuffisant pour être vitrifiées au point voulu.

Cette imperfection peut provenir soit des collages, soit du peu de régularité apportée à la vidange.

L'insuffisance du degré de cuisson obtenu dans les fours continus s'est particulièrement manifestée lors des essais tentés dans le Tournaisis ; mais, d'après nous, l'insuccès n'est pas dû au procédé lui-même, mais bien aux conditions dans lesquelles il a été appliqué.

Tous les fours essayés avaient une hauteur trop petite, et présentaient une zone de combustion insuffisamment développée.

Un four continu doit, en effet, comprendre, à la base, une zone de pierres cuites de deux mètres de hauteur au moins, et, au sommet, une autre zone de deux mètres de hauteur comprenant les charges non encore en combustion. Si la cuve possède en tout une hauteur de neuf mètres (c'est la hauteur adoptée dans le Tournaisis), il restera une hauteur de cinq mètres à attribuer à la zone de combustion, et sur cette hauteur une partie seulement, à savoir la partie inférieure, donne lieu à une combustion très vive.

Dans ces conditions, la pierre, bien que restant quatre jours à traverser le four, se trouve deux jours au plus dans

la zone utile. C'est un temps insuffisant pour assurer la cuisson de la pierre du Tournaisis, et cela est si vrai, que, lorsqu'on a essayé des fours continus dont la cuve avait cinq ou six mètres de hauteur seulement, on n'a pu transformer la pierre à ciment Portland en autre chose qu'une chaux hydraulique à peine cuite.

Il importe donc que le feu puisse s'élever plus haut dans les fours continus, et on n'atteindra ce résultat qu'en augmentant résolument la hauteur de ces fours. Il ne faudrait pas hésiter à construire des fours d'une quinzaine de mètres de haut.

Lorsqu'un four de cette hauteur aura été construit, en tenant compte d'autre part des perfectionnements que nous indiquerons plus loin, alors seulement, s'il se produit un nouvel échec, l'industrie du Tournaisis pourra se résigner à employer indéfiniment les vieux fours intermittents.

* * *

Tentatives effectuées en vue de diminuer le gaspillage du coke. — *Les hautes cheminées.* Jadis, les fours étaient surmontés, comme on le voit page 787, d'un cône de quatre à cinq mètres de hauteur. La cuve et le cône formaient une cheminée d'une dizaine de mètres de hauteur, dont le tirage était insuffisant.

Il semble tout naturel de raccorder les fours à une haute cheminée, construite comme le sont toutes les cheminées d'usine. Cependant, pendant longtemps, on a hésité à marcher dans cette voie. On avait toujours vu les cônes, qui donnent à la vallée de l'Escaut une physionomie particulière, et on croyait qu'ils étaient indispensables à la bonne cuisson du ciment.

Peu à peu, cette hésitation irraisonnée a disparu, et aujourd'hui, on ne construit plus de nouveaux fours qui ne soient raccordés à une cheminée de 20 à 30 mètres de hauteur.

Ainsi le tirage est assuré par tous les temps, un afflux d'air plus puissant arrive sous la grille, et par suite les gaz évacués sont moins riches en oxyde de carbone.

Le vent soufflé. Mieux encore que la cheminée ⁽¹⁾, un ventilateur centrifuge, analogue à ceux que l'on emploie dans les mines, assure la présence d'une certaine quantité d'air pur dans les régions supérieures du four.

Le ventilateur force l'air à passer par des interstices qui ne pourraient être franchis par l'effet du tirage seul; aussi peut-on alors remplacer le coke, en tout ou en partie, par du charbon tout-venant.

La Société anonyme du Coucou, à Antoing, souffle du vent sous les grilles d'une batterie importante de fours intermittents, et de ce chef elle a réalisé un grand progrès, tenant à ce qu'une fraction de coke a pu être remplacée par du charbon menu, de prix notablement inférieur.

Nous pensons que le résultat eût été meilleur encore si le vent eût été soufflé à mi-hauteur de la zone de forte combustion, car c'est là surtout que l'air pur est indispensable à la combustion.

Les fours à étages ou à réchauffeurs. Plusieurs inventeurs, reconnaissant la nécessité d'introduire de l'air pur dans les zones supérieures du four, ont réalisé ce desideratum en divisant la cuve de cuisson en deux parties, dont la partie inférieure seule reçoit le coke ou la houille, tandis que la partie supérieure est disposée en vue d'utiliser le combustible gazeux (oxyde de carbone) qui s'échappe de la cuve de cuisson proprement dite.

Tel est le principe des fours Dietzch et Schofer, employés dans la fabrication des ciments artificiels et dont on

(1) Lorsqu'on utilise le vent soufflé, il vaut mieux supprimer les hautes cheminées et en revenir aux anciens cônes. La cheminée présente, en effet, lorsqu'elle est traversée par un courant d'air rapide, une résistance au mouvement qui n'est pas compensée par le tirage.

trouve les croquis dans l'excellent ouvrage de Candlot sur les ciments et les chaux hydrauliques.

Telle est aussi la pensée qui a guidé M. Gobbe, de Jumet, dans la construction d'un four à deux étages, qui fonctionne à Antoing (Compagnie des ciments de l'Escaut), et dont un schéma est indiqué page 797.

Ce four est continu, et comprend une cuve de cuisson A, séparée du réchauffeur B, par une voûte K percée de deux orifices destinés à assurer le passage des pierres. Le charbon étant introduit dans la cuve A seulement, il existe nécessairement deux étages de chargement, dont le supérieur E sert uniquement à introduire des pierres, tandis que l'étage moyen D sert à charger le charbon à faire glisser les pierres du réchauffeur B dans la cuve A.

En F, se trouvent les grilles, qui sont disposées suivant les rayons d'un anneau dont le centre est occupé par un cône H, destiné à faciliter le déchargement, lequel s'effectue par les orifices G, au nombre de quatre.

La cuve A fonctionne à la manière d'un gazogène et produit un gaz combustible qui brûle en B, grâce à l'air introduit par les portes M; puis, les produits de la combustion, refroidis au contact des pierres fraîches, s'échappent par les cheminées R, R, et par l'entonnoir S qui est rempli de pierres.

Le four Gobbe n'a guère diminué la consommation de combustible, mais il a permis de réaliser une économie notable dans les frais de calcination, parce qu'il peut être alimenté de houille tout venant, à la place de coke.

Le four Gobbe, comme tous les fours à deux étages, présente un inconvénient sérieux : il exige qu'un ouvrier introduise souvent un ringard dans la partie du feu où brûle le combustible gazeux, pour faire tomber les pierres du réchauffeur dans la cuve de cuisson. Ce travail est extrêmement pénible.

En outre, le four Gobbe d'Antoing, comme tous les autres fours continus essayés jusqu'ici dans le Tournaisis, possède une hauteur insuffisante, et, pour cette raison, il a toujours produit une proportion exagérée d'incuits.

En résumé, les tentatives faites jusqu'ici, dans le Tour-

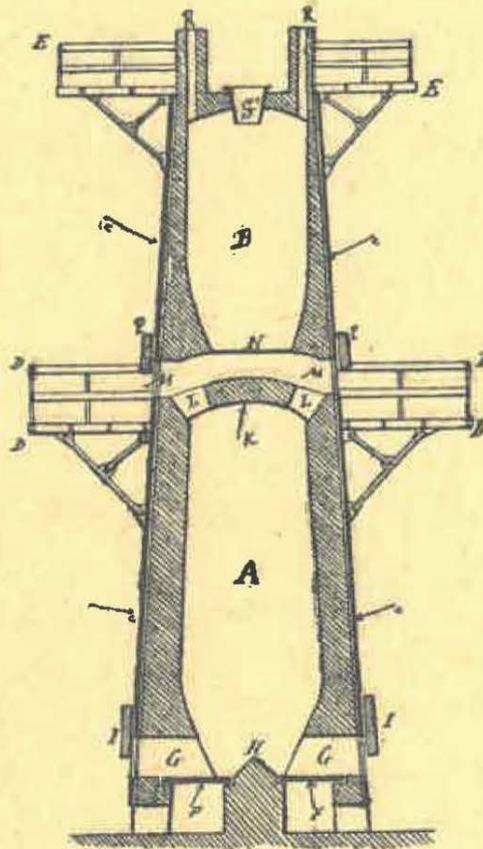


FIG. 4. — Four Gobbe à deux étages.

naisis, tant en vue d'adopter la continuité de la cuisson que dans le but d'éviter le gaspillage du combustible n'ont pas été couronnées d'un plein succès, mais ces expériences ont mis en lumière des faits importants que nous résumerons comme suit :

1° Les fours continus doivent avoir une très grande hauteur ;

2° En vue d'assurer une descente régulière de la marchandise, la forme cylindrique est la meilleure, et il faut la

combiner avec une disposition qui permet de tirer le ciment en roche au centre même du four (parapluie);

3° Dans le même but, il est bon de prévenir le collage en refroidissant la garniture des fours;

4° Il est excellent de souffler de l'air dans le four, mais il serait désirable que l'injection se fit à la partie supérieure de la zone de pleine combustion.

Nous pensons qu'il est possible de construire un four réalisant toutes ces conditions et nous formons le vœu qu'un nouvel essai soit tenté, en vue d'appliquer ces principes résultant de l'expérience.

*
*
*

Anciennes usines de mouture. Minoteries insalubres et d'exploitation coûteuse. — Les usines de mouture, telles qu'elles existaient encore il y a dix ans à peine, ressemblaient fort à nos minoteries de campagne. La mouture du ciment en roche s'y effectuait, comme celle du blé, au moyen de meules en grès.

Que de complications avant de séparer définitivement le ciment réduit en poudre fine! La roche était d'abord concassée dans un broyeur à mâchoires qui la transformait, après blutage, en un mélange de pierrailles, grains, et poudre fine; cette dernière formait un premier lot de ciment terminé, les pierres retournaient au concasseur, et les grains étaient envoyés aux meules.

Puis le mélange broyé par ces dernières était également dirigé vers d'autres bluteries, dont le refus retournait aux meules, tandis que la poudre fine constituait un nouveau lot de ciment.

Les bluteries comme les meules étaient analogues à celles des minoteries, et la disposition générale des usines à ciment était copiée sur celle des anciens moulins à farine.

L'analogie n'existait pas seulement en ce qui concerne le matériel, mais aussi dans la façon de travailler imposée aux ouvriers. De même que l'ouvrier meunier était jadis, par tradition, à la fois charpentier, forgeron et ajusteur, l'ouvrier des anciennes usines de mouture du ciment entretenait, plutôt mal que bien, un attirail inutilement compliqué, et il n'entrait guère dans les habitudes de faire appel à l'habileté des constructeurs.

Aussi, presque partout, broyeurs, chaînes à godets et blutoirs dégorgeaient une poussière fine qui saturait l'atmosphère des usines.

La situation présentait de réels dangers pour la santé des ouvriers, à tel point qu'en 1890, la commission médicale provinciale du Hainaut s'en alarmait, et réclamait des mesures de protection efficaces.

C'est de ce moment que date l'introduction du moulin à boulets dans le Tournaisis.

Cet appareil, véritable merveille de l'art du constructeur, a apporté dans l'industrie de la mouture du ciment, une transformation semblable à celle qui fut réalisée par les cylindres dans l'industrie meunière.

Successivement, dans ces dernières années, les meules en grès fonctionnant dans le Tournaisis ont disparu, et les rares échantillons que l'on rencontre encore dans les fabriques de ciment artificiel ont leurs jours comptés.

Le progrès réalisé est considérable : un seul appareil, occupant peu de place, effectue le même travail que toute une ancienne usine comportant 4 paires de meules. Ce résultat s'explique par le fait que le moulin à boulets fonctionne sans les arrêts nécessités autrefois par le rhabillage, et que, d'autre part, les broyeurs à mâchoires, les chaînes à godets et les bluteries ont pu être supprimés, le nouvel appareil étant alimenté d'un côté de ciment en roche et déversant de l'autre le ciment en poudre.

L'amélioration des conditions hygiéniques du travail a suivi les perfectionnements techniques apportés à l'outillage, comme c'est la loi bien constatée dans toutes les industries. Aujourd'hui, les ouvriers sont placés dans une atmosphère supportable.

* * *

Moulin à boulets construit par la Société anonyme de construction du Tournaisis, à Tournai (anciens établissements Larochoymond). — Le moulin à boulets se compose essentiellement de dix plaques $A_1 A_2 \dots A_{10}$, en acier Martin forgé et trempé, disposées à la façon des ailettes d'une turbine, entre deux flasques verticales en tôle d'acier calées sur un arbre puissant effectuant 20 tours par minute. La distance entre les flasques est de 1^m.30 et le diamètre extérieur du moulin (diamètre du blutoir) est 2^m.70.

L'une des flasques porte au centre une large ouverture dans laquelle débouche la trémie d'alimentation.

Outre le chargement de ciment en roche, qui s'effectue continuellement de manière que le moulin contienne toujours 1500 kilogr. de marchandise, le moulin reçoit 2000 kilogr. de boulets en acier (estampés et trempés) dont chacun pèse 8 kilogr.

Le ciment en roche et les boulets ne cessent d'être entraînés par le frottement des plaques triturantes, et le choc des pierres entre elles, d'une part, et contre les boulets, d'autre part, effectue le broyage.

Pour assurer le blutage, les dix plaques triturantes sont partagées en cinq couples identiques, tel que le couple des plaques $A_1 A_2$.

A une petite distance de ces plaques sont fixées deux tôles en fer B_1 et B_2 , perforées de trous de 4 millimètres de

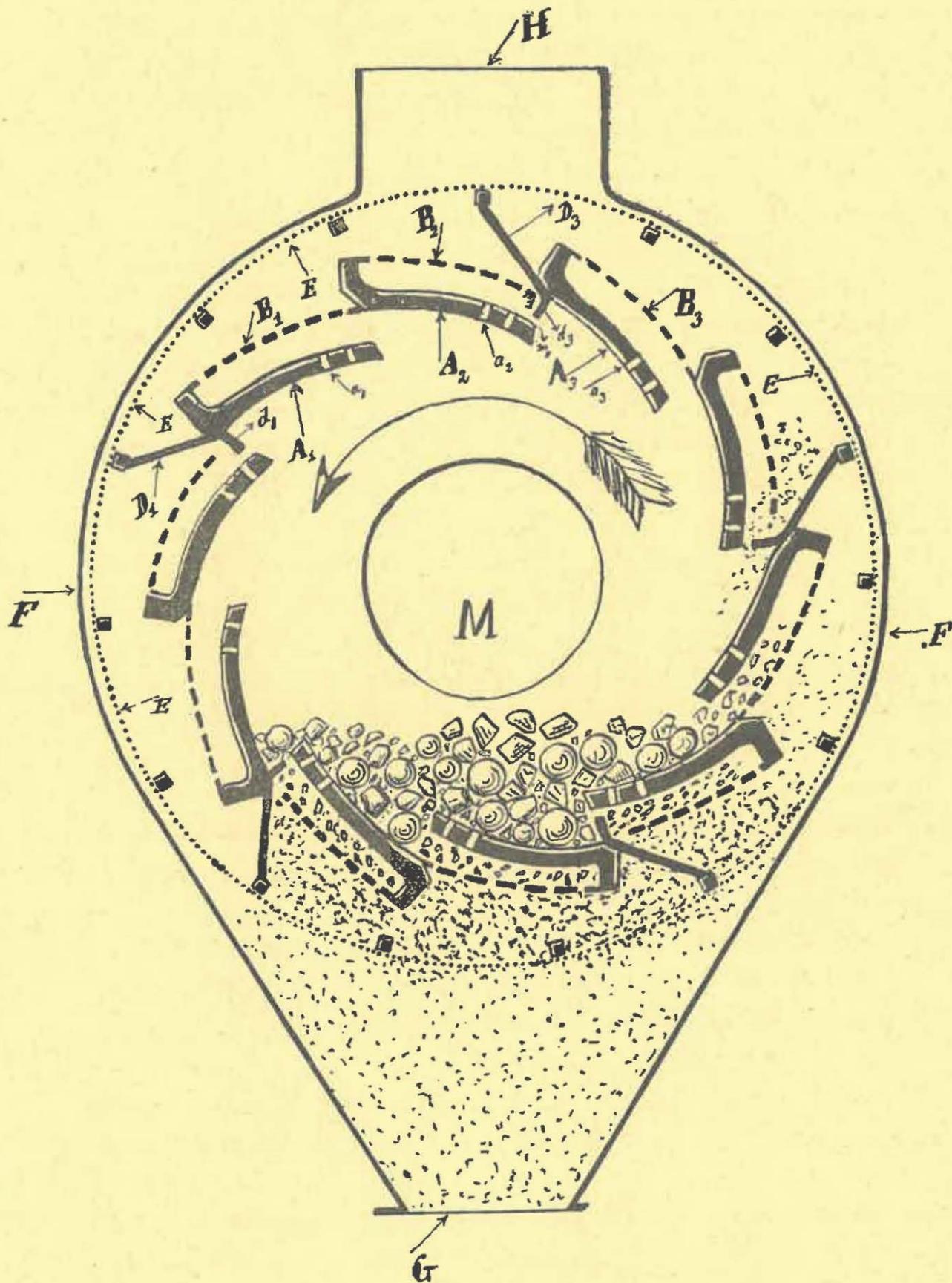
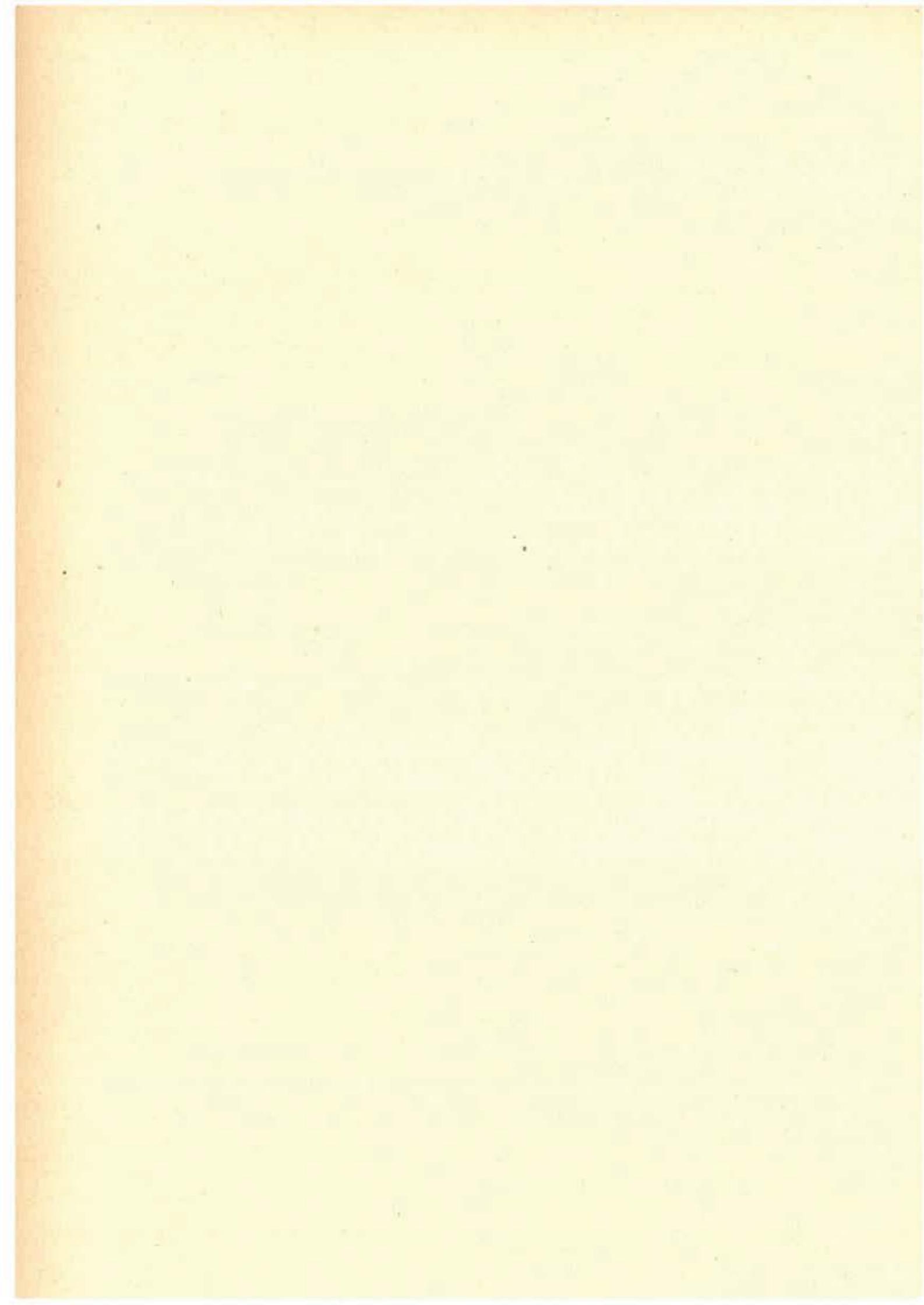


FIG. 5. — Moulin à boulets.



long et 2 millimètres de large. Ces tôles jouent le rôle d'épierreurs.

La tôle B_1 ferme complètement l'espace laissé entre les plaques A_1 et A_2 , tandis que la tôle B_2 laisse libre une petite partie de cet espace, à proximité de la plaque A_3 et de la tôle de fer pleine D_3d_3 .

A l'extérieur des plaques triturantes, et sur toute la surface cylindrique du moulin, règne une toile métallique de blutage EE , qui forme avec les tôles pleines D_1d_1 , D_3d_3 et les épierreurs B_1 et B_2 , un espace où s'effectue le blutage proprement dit. Cet espace présente une ouverture m_1 , par laquelle les grains refusés par la toile métallique rentrent à l'intérieur du moulin.

Le tissu des toiles de blutage doit être d'autant plus serré que l'on veut bluter plus fin.

D'habitude, le commerce exige que le ciment ne donne pas un refus supérieur à 10 % sur le tamis de 900 mailles au centimètre carré⁽¹⁾, et, pour obtenir ce degré de finesse, on emploie comme toile de blutoir une toile présentant 550 mailles par centimètre carré⁽²⁾.

Le moulin tournant dans le sens de la flèche, et les plaques triturantes étant elles-mêmes percées de trous (au forgeage), on voit qu'un premier classement des grains s'effectue sur les épierreurs, dont le refus retourne sous les boulets lorsque les plaques, par suite de la rotation, ont pris une position voisine de la verticale.

Les grains qui ont traversé les épierreurs se trouvent eux-mêmes blutés de telle façon que le refus rentre à l'intérieur quand la position de l'ouverture m_1 le permet.

(1) Toile du commerce n° 80, c'est-à-dire présentant 80 intervalles entre les fils, sur une longueur d'un pouce anglais (25^{mm}, 4).

(2) Toile du commerce n° 60.

Le moulin est complètement enfermé dans une enveloppe en tôle FF, présentant une ouverture F pour l'extraction du ciment terminé, et une autre ouverture que l'on met en communication avec une cheminée aboutissant à l'air libre, afin de créer dans l'appareil une petite aspiration d'air, grâce à laquelle les folles poussières ne peuvent s'échapper dans l'usine par les vides de la trémie.

Dans ces conditions, un moulin à boulets exige 20 chevaux-vapeur, et peut produire 30 à 35 tonnes de ciment en dix heures. Mais cette énorme production ne va pas sans une certaine usure des plaques et une consommation appréciable de boulets. On estime que 10 tonnes de ciment entraînent avec elles un kilog. d'acier.

L'usage des moulins à boulets n'a pas tardé à être l'objet de perfectionnements. On a cherché à réduire l'usure de l'acier, et le nombre des accidents survenus à la toile de blutage, en se bornant à moudre le ciment en grains fins, quitte à broyer ces grains ultérieurement dans un appareil finisseur. On est arrivé ainsi à doubler la production des moulins.

Ce progrès nouveau a été obtenu grâce à l'emploi de l'appareil dit tube broyeur, dont un excellent type est construit par M. Louis Carton, à Tournai.

* * *

Tube broyeur Carton. — Ce tube consiste essentiellement en un cylindre en tôle AA de 2 mètres de diamètre et 6 mètres de longueur, revêtu intérieurement de tranches de feldspath a , assemblées par un ciment spécial.

Il est placé horizontalement et repose sur deux plateaux en fonte P_1, P_2 , calés sur un arbre de rotation roulant dans les paliers B_1 et B_2 . Au plateau P_1 est fixé un engrenage E, par lequel on imprime au tout une rotation de 25 tours à la minute.

Le tube reçoit, à l'intérieur, un chargement de galets siliceux *m*, qui s'étaient en couche régulière sur toute la longueur. D'autre part, les grains de ciment, provenant du moulin à boulets, dont le blutoir est constitué, dans ce cas, d'une toile métallique n° 25, sont introduits régulièrement dans le tube par le mouvement de l'hélice *H*, fonctionnant à l'intérieur de la trémie *D*.

Le ciment, transformé progressivement en poudre fine,

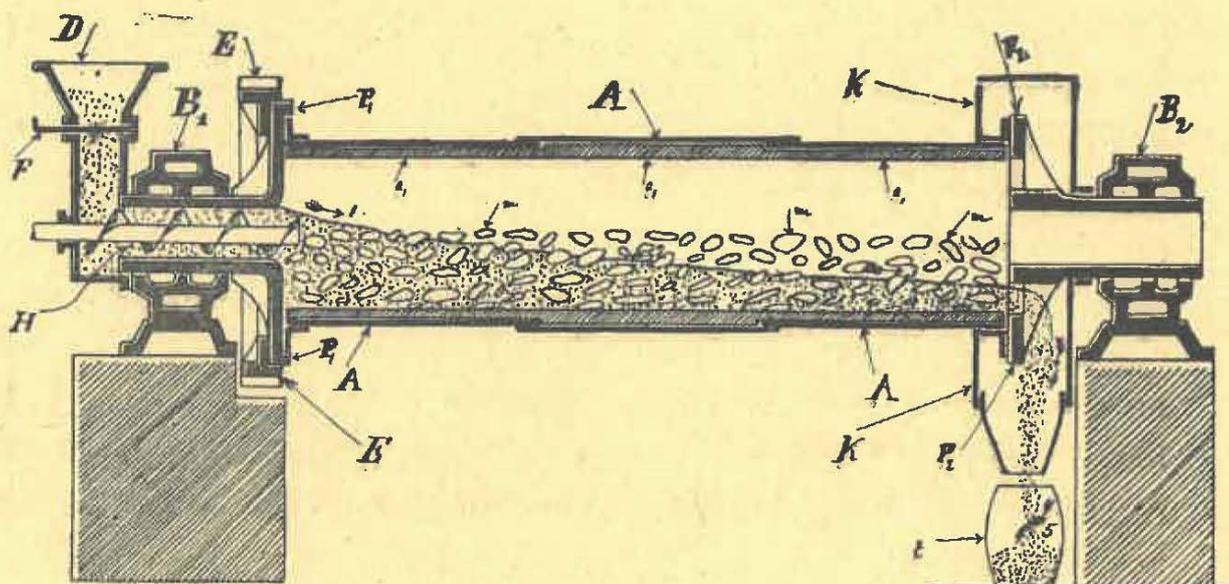


FIG. 6. — Tube broyeur.

par le frottement des galets, coule en quelque sorte d'une extrémité à l'autre du tube, suivant les flèches 1, 2, 3, 4, 5, et se déverse dans une enveloppe en tôle *K*, d'où on l'extrait pour remplir les barils ou les sacs.

Cet appareil est donc dépourvu de toile de blutage, l'expérience ayant prouvé qu'il peut réduire à la finesse voulue par le commerce, toute la production d'un moulin à boulets pourvu d'une toile de blutage n° 25.

* * *

Perfectionnements à apporter à la qualité du ciment Portland du Tournaisis. — Il y a longtemps que les

praticiens du Tournaisis savent que les propriétés du ciment Portland sont dues à un composé spécial que ne renferment pas les chaux hydrauliques, lequel ne se développe que si la pierre contient la proportion voulue d'argile, et si la cuisson a déterminé un commencement de vitrification.

Maintenant on sait, grâce aux recherches de M. Le Chatelier, que ce composé est formé, en grande partie, d'un silicate de chaux différant peu de la formule $\text{SiO}_2, 3\text{CaO}$ (silicate tricalcique), lequel se produit par précipitation chimique au sein d'un silicate multiple fondu, qui a servi de véhicule à la silice et à la chaux pour permettre leur combinaison, et qui reste sensiblement neutre pendant le durcissement.

Le silicate tricalcique ne se forme que si les quantités de chaux et de silice en présence dans la pierre s'y trouvent en proportions voulues. Ces proportions existent dans les bancs à ciment Portland, mais non d'une façon absolument régulière. Les bancs de calcaire du Tournaisis ont une composition variable d'une carrière à l'autre, et même, dans les bancs d'une même carrière, on constate des variations dans la teneur en argile. Aussi, dans la cuisson la plus parfaite, il se produit toujours des incuits, c'est-à-dire des pierres qui ne sont pas vitrifiées, parce que leur teneur en argile n'était pas celle qui est favorable à la production du silicate tricalcique.

Ces incuits contiennent de la chaux libre, et, par suite le ciment Portland du Tournaisis est toujours exposé à contenir aussi cet agent de désagrégation des mortiers de ciment. Sans doute, on peut enlever et mettre à part les incuits, on peut aussi laisser séjourner à l'air un temps suffisant le ciment en roche, de manière à détruire la chaux libre, mais toujours est-il que peu de ciments Portland du Tournaisis peuvent affronter l'épreuve de déformation sous

l'influence de la vapeur d'eau, exigée par les administrations publiques ⁽¹⁾.

Du reste, s'il est possible d'effectuer une sélection parmi les produits des fours, il reste néanmoins une quantité notable d'incuits, dont la valeur ne peut être perdue, et qui est vendue, après mouture, comme ciment Portland de deuxième qualité, c'est-à-dire comme ciment donnant une résistance à la rupture de 15 à 20 kilogr. par centimètre carré, après un jour d'exposition à l'air et six jours d'immersion dans l'eau ⁽²⁾.

Il existe, entre le prix de vente moyen du ciment de deuxième qualité, et celui des meilleurs ciments artificiels un écart de 10 francs à la tonne en faveur de ces derniers.

Le fait que l'industrie du Tournaisis produit une grande quantité de ciments de deuxième qualité est préjudiciable à la réputation des meilleurs ciments naturels, et il pourrait être la source de sérieuses difficultés, si les acheteurs étrangers venaient à exiger des conditions de réception aussi sévères que celles qui sont imposées par nos administrations publiques.

L'industrie du Tournaisis aurait incontestablement avantage à éviter la production des ciments de deuxième qualité.

Les pierres calcaires sont les unes plus riches en chaux

⁽¹⁾ L'épreuve de déformation par la vapeur d'eau est réglée comme suit par l'administration des chemins de fer de l'État Belge.

„ Des galettes de ciment pur de 8 à 10 centimètres de diamètre et de „ 1 à 1 1/2 centimètre d'épaisseur, confectionnées sur plaque de verre, après „ avoir été maintenues pendant 24 heures dans une atmosphère saturée „ d'humidité, devront pouvoir supporter, sans fissures, crevasses, émiettement „ ou ramollissement l'action de la vapeur d'eau à 100°. Le bain sera chauffé „ graduellement de manière à ne pas dépasser 80 degrés centigrades au bout de „ la première heure, puis il sera porté à 100° pendant 5 heures. „

⁽²⁾ Le Portland de première qualité se rompt, dans ces conditions, sous une traction de 25 kilogr. par centimètre carré, au moins.

que la pierre à ciment Portland, les autres plus pauvres ; on serait dès lors tenté de croire qu'en versant dans le four des pierres de l'une et l'autre catégorie de manière à former un chargement contenant moyennement 21 % à 27 % d'argile, on obtiendrait des roches de bon ciment. En réalité, si l'on agissait ainsi, chaque roche se calcinerait isolément et on aboutirait à fabriquer un mélange de chaux hydraulique et de ciment romain.

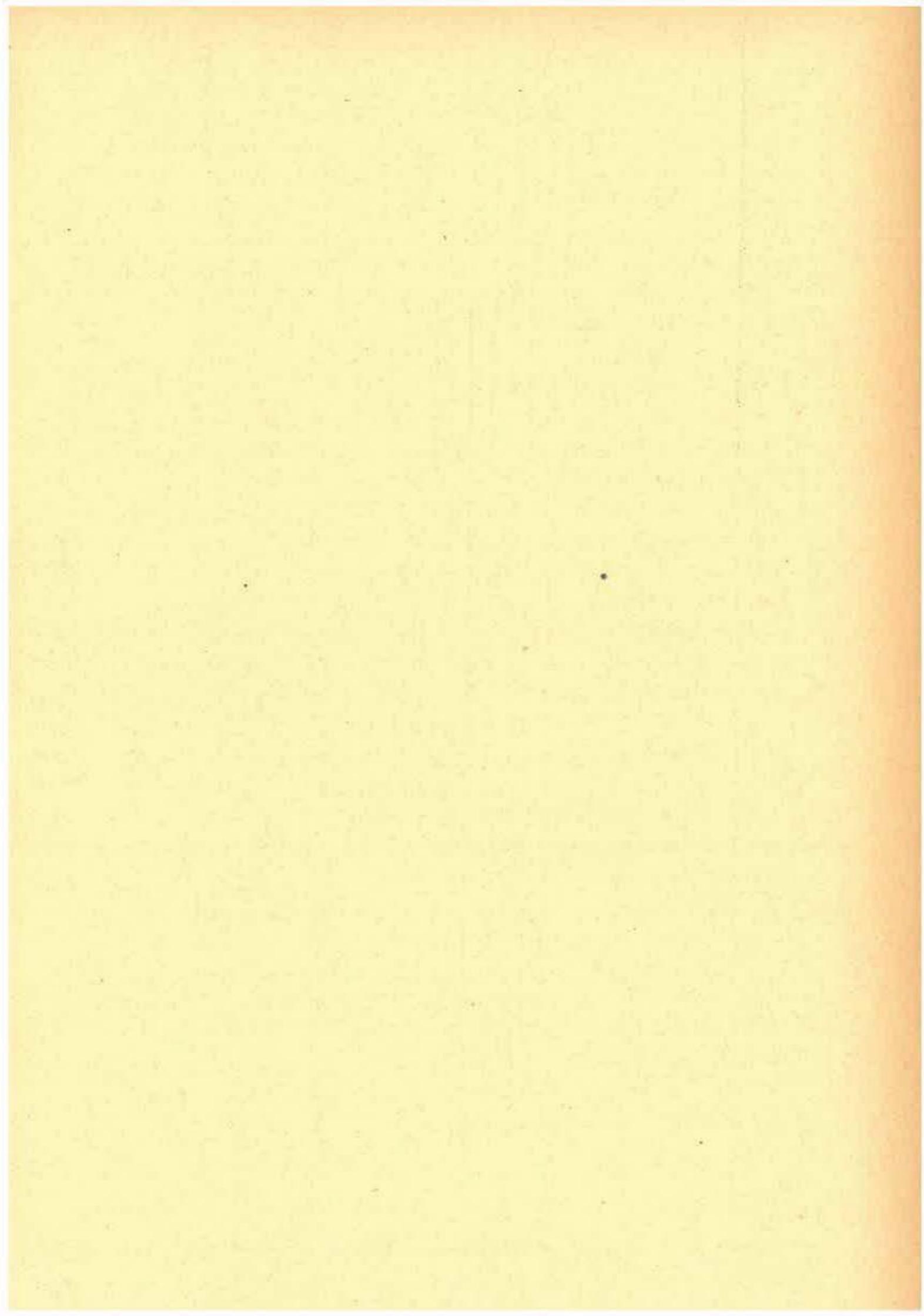
Le silicate tricalcique est le résultat d'une combinaison chimique qui ne peut s'effectuer que si les réactifs sont en contact intime. Le seul moyen d'obtenir ce contact consiste à broyer fin les pierres à mettre en présence, puis à mélanger les poudres ainsi obtenues.

On a pu jadis reculer devant la difficulté et le coût élevé du broyage de la pierre naturelle, mais cette opération est devenue aisée et peu coûteuse depuis que l'on dispose du moulin à boulets.

Cependant, le coût du broyage des pierres naturelles se compliquerait du coût du séchage préalable de ces pierres, car les moellons sortant de la carrière contiennent beaucoup d'eau et se transformeraient, dans le moulin à boulets, en une boue incapable de franchir les épierreurs.

Le broyage devrait donc être précédé d'une dessiccation. Dans beaucoup d'industries, le séchage est une opération qui suscite beaucoup d'ennuis, il faut le reconnaître, mais ces ennuis proviennent de ce que les conditions rationnelles de cette opération avaient été peu étudiées jusqu'ici. Aujourd'hui, ces conditions sont parfaitement établies.

Pour sécher, il ne suffit pas de chauffer, car alors la dessiccation est interrompue aussitôt que l'espace d'air existant dans le séchoir est saturé d'humidité, mais il faut surtout faire passer sur les matières un courant d'air régulier, d'un volume suffisant pour emporter l'humidité au fur et à mesure qu'elle se dégage.



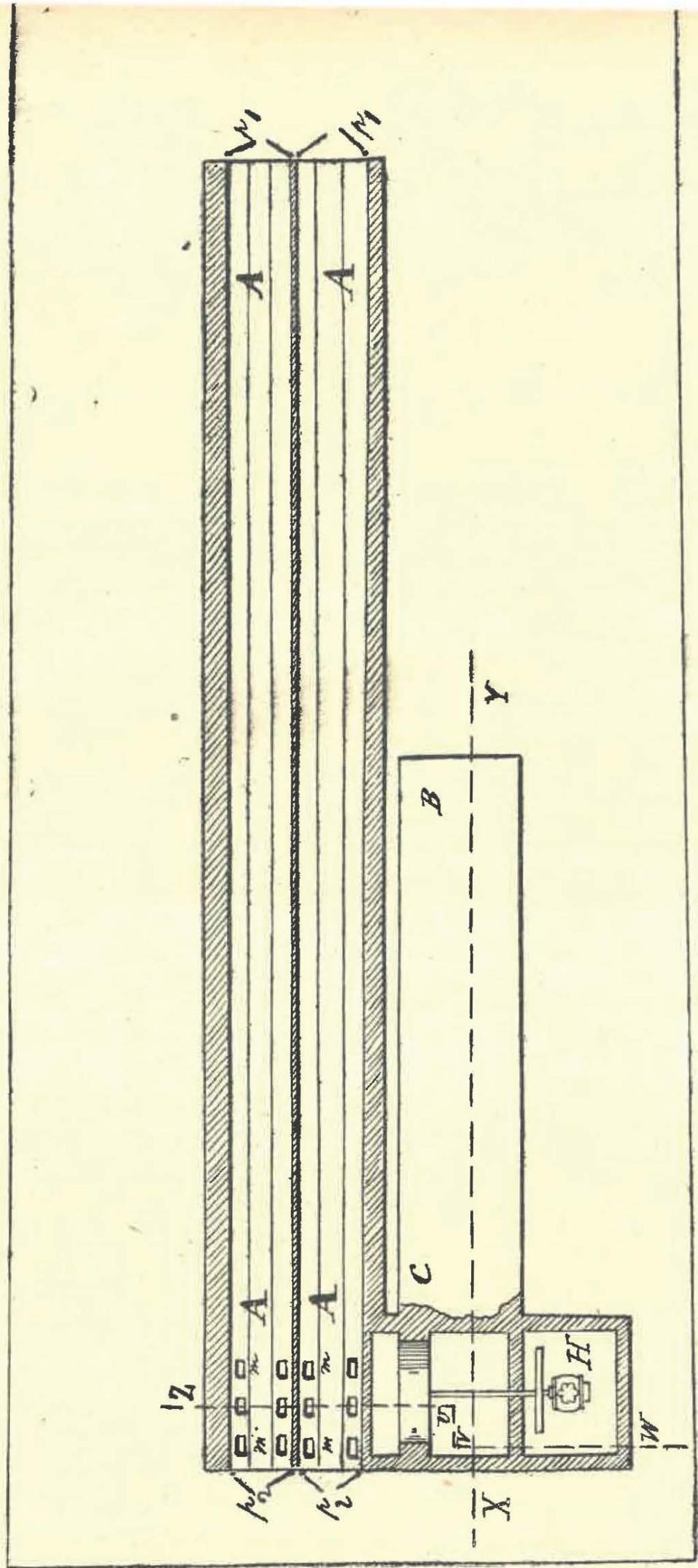


FIG. 7. — Séchoir Cummer ; Plan.

Séchoir Cummer : Élévation.

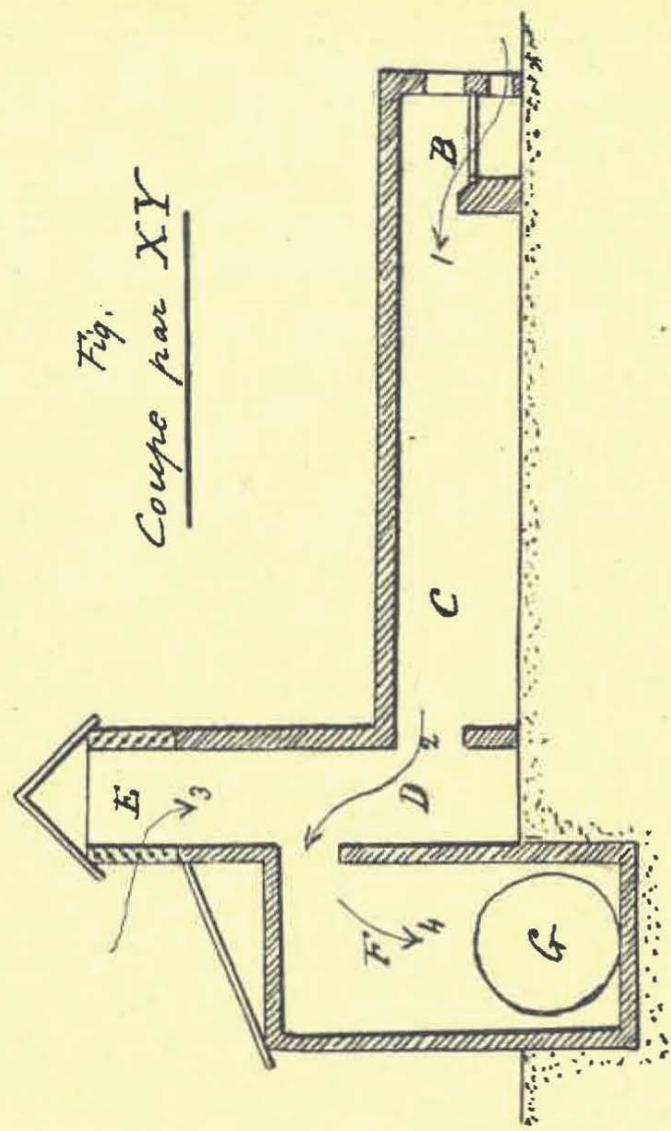


Fig.
Coupe par XY

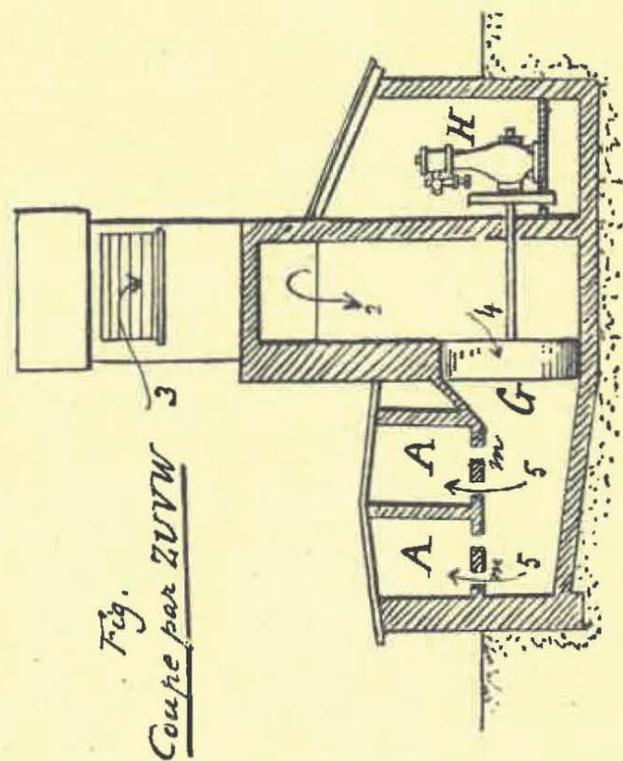
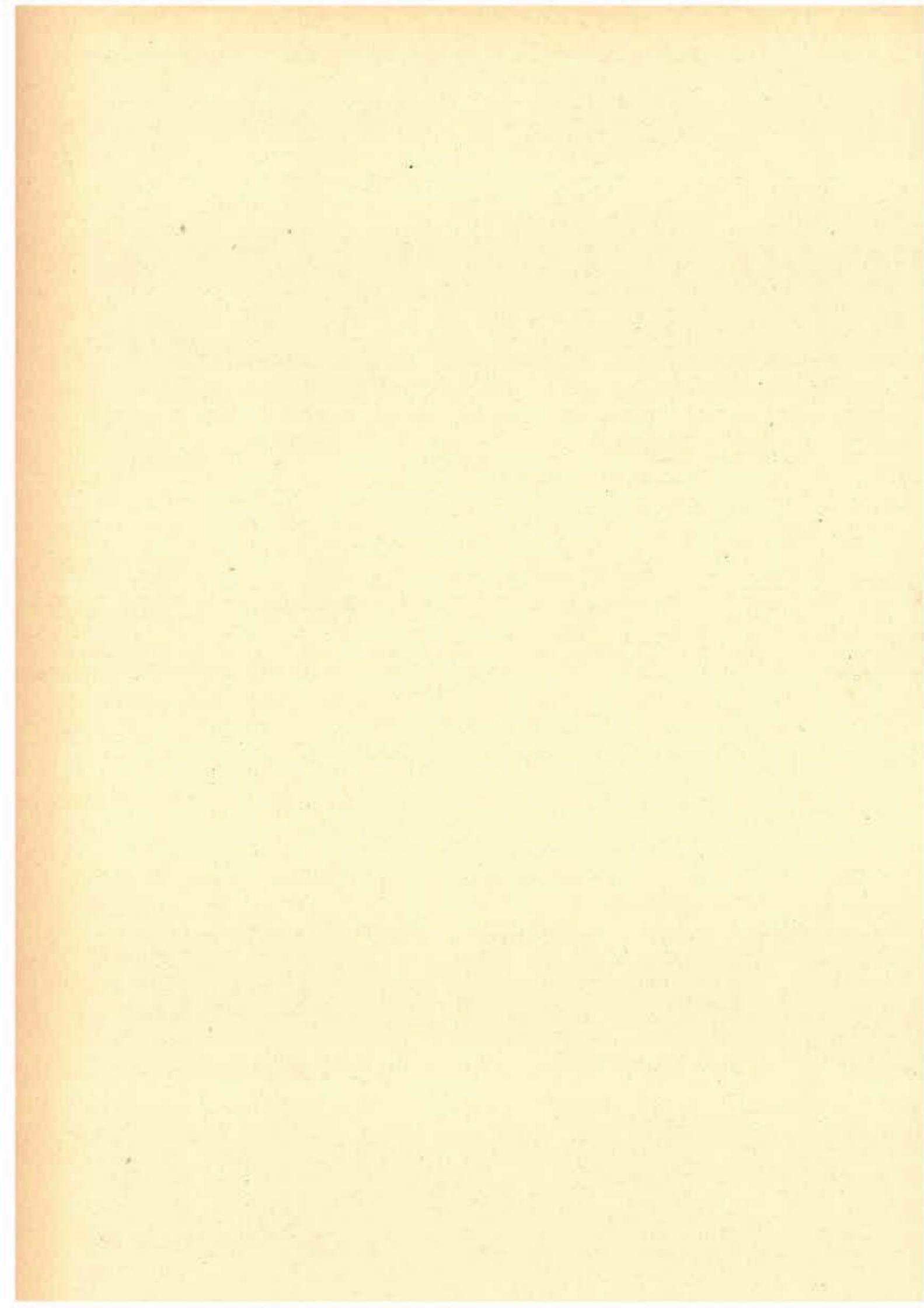


Fig.
Coupe par ZUVW

Fig. 8. — Séchoir Cummer : Élévation.



Le séchage ne peut donc s'effectuer économiquement sans ventilateur mécanique.

En présence de l'importance que cette question présente dans la fabrication des ciments, nous décrirons un séchoir basé sur ces principes et ayant déjà fait ses preuves dans les fabriques de ciment artificiel.

* *

Séchoir Cummer construit par M. Louis Carton, à Tournai. — Ce séchoir consiste essentiellement en deux galeries, ou « tunnels » AA, pourvues de rails, dans lesquels on introduit des chariots à étagères portant la matière à sécher. Ces chariots entrent par les portes p_1 et sortent par les portes p_2 . La galerie reste toujours entièrement remplie de ces chariots, de sorte qu'en introduisant l'un en p_1 , on force un autre à sortir en p_2 .

A proximité de la sortie se trouvent, dans le sol du séchoir, des ouvertures par lesquelles arrive de l'air chaud ; cet air rencontre d'abord les produits les plus secs, puis traverse le tunnel et est évacué par une cheminée spéciale placée à proximité des portes p_1 où se trouvent les produits les plus humides.

L'air est chauffé de la manière suivante : Dans un foyer B, on brûle de la houille menue et les gaz de la combustion traversent une chambre D où ils se mélangent avec de l'air frais arrivant par E en proportion telle que la température s'abaisse à 200 degrés environ. Le mélange se rend ensuite dans une chambre F, d'où il est aspiré par un ventilateur G, du type Blackmann, et refoulé ensuite dans le séchoir à travers les ouvertures *mm*.

Ce séchoir, d'une grande régularité de marche, permet d'enlever 20 kilogr. d'humidité, pour chaque kilogr. de charbon consommé sur la grille du foyer B.

* *

Ciment artificiel. — On voit, par cette courte description d'un séchoir rationnel, qu'il ne sera ni difficile, ni coûteux de sécher les moellons au sortir de la carrière.

Le mélange et le dosage des pierres moulues s'obtiendrait non moins aisément. Pour la transformation de ces poussières en briquettes, il suffirait d'employer l'une ou l'autre presse-filière en usage dans nos briqueteries mécaniques ; enfin la dessiccation de ces briquettes pourrait s'effectuer dans un séchoir analogue à celui qui vient d'être décrit.

La fabrication du ciment artificiel à l'aide de pierres calcaires ne rencontre donc pas d'obstacles techniques qui soient invincibles : quant aux frais supplémentaires de cette fabrication, ils n'atteindraient certainement pas, à la tonne, les 10 francs qui constituent aujourd'hui l'écart de prix entre le ciment artificiel et le ciment naturel.

L'industrie du Tournaisis peut donc encore réaliser des progrès considérables, en dirigeant de nouvelles recherches vers la fabrication des ciments artificiels, et ce serait pour elle un moyen certain de maintenir indéfiniment la prospérité dont elle jouit aujourd'hui.

Mons, le 15 août 1899.

BASSIN HOUILLER DE LIÈGE

ÉTUDE

SUR LE

Gisement inférieur à la veine « *Désirée* »

PAR

J. KERSTEN

Ingénieur à la Société Générale

ET

H. BOGAERT

Directeur des travaux au Charbonnage du Bois d'Avroy.

[55175 (4936)]

Le bassin houiller liégeois comprend un certain nombre de couches de charbon dont la synonymie n'est pas encore parfaitement établie. Cette synonymie est d'autant plus difficile à déterminer que de grands accidents géologiques morcellent le gisement en relevant ou abaissant le faisceau de couches, ce qui constitue des régions dont les caractères sont souvent dissemblables.

Les travaux de certains géologues et ingénieurs spécialistes, ainsi que les renseignements pratiques fournis par les exploitations effectuées jusqu'aujourd'hui ont abouti cependant à la détermination d'horizons presque certains,