

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](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)

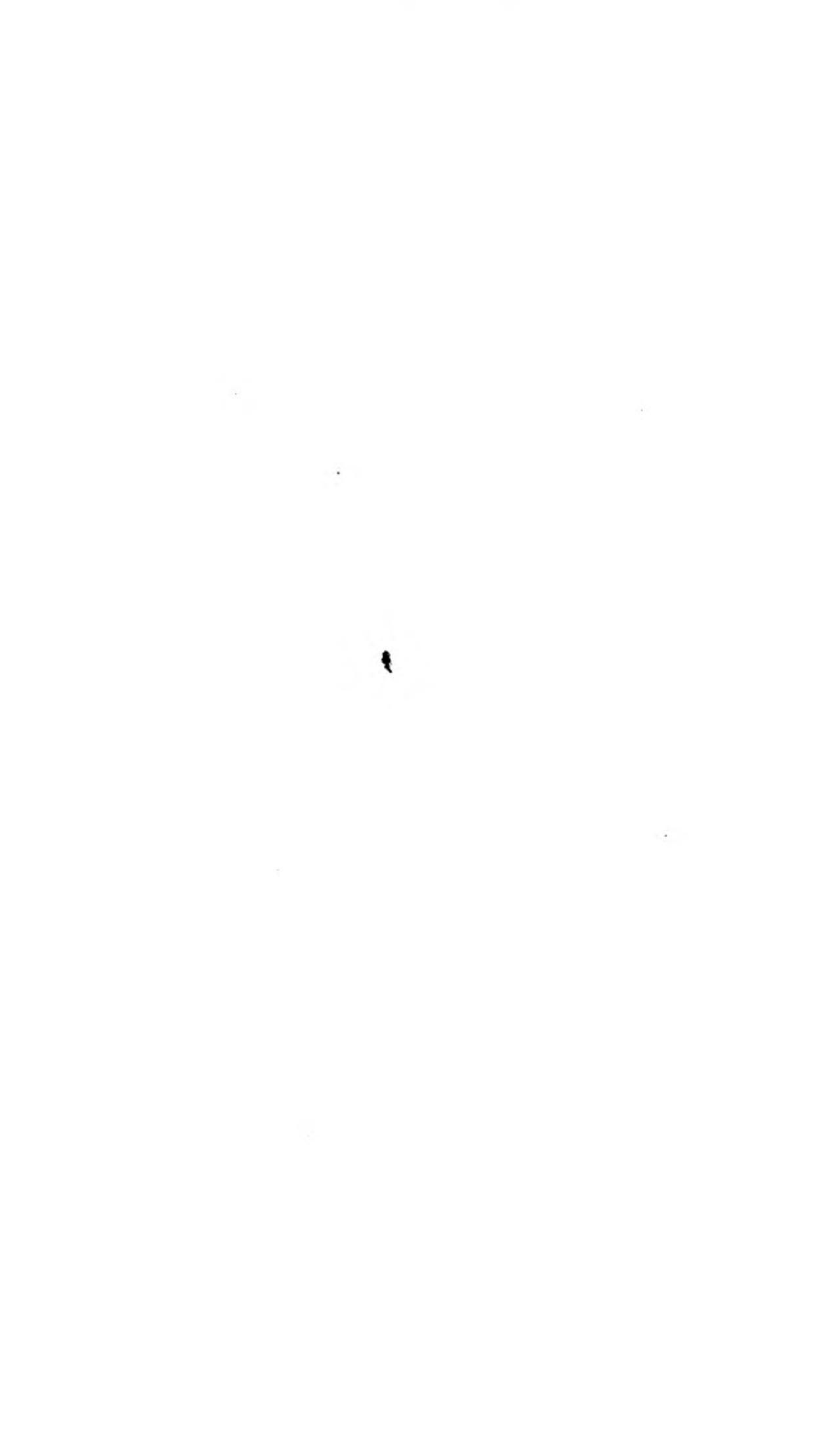
5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

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)	Revue de l'exposition de 1867. Mines, métallurgie, chimie, mécanique, navigation, chemins de fer, constructions, sciences et arts
Titre	Revue de l'exposition de 1867
Adresse	Paris : E. Noblet, 1867-1869
Collation	4 vol. (504, 521, 710, 584 p.) : ill. ; 24 cm
Nombre de volumes	4
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 173
Sujet(s)	Exposition universelle (1867 ; Paris)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/037671464
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE173
LISTE DES VOLUMES	
	1. Générateurs à vapeur. L'industrie en fer en 1867
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	2. [Machines motrices. Machines à gaz]
	3. [Industrie du fer en 1867. Marine à vapeur commerciale. La métallurgie à l'exposition de 1867]
	4. [Exploitation des mines. Machines à vapeur. Machines et appareils. Produits des mines et de la métallurgie. Produits céramiques. Industrie du fer en 1867. Les filons et les mines du Hartz]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	Revue de l'exposition de 1867
Volume	2. [Machines motrices. Machines à gaz]
Adresse	[Paris] : [E. Noblet], [186.]
Collation	1 vol. (500-1017 p.) : 64 pl. dépl. ; 24 cm
Nombre de vues	553
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 173 (2)
Sujet(s)	Exposition universelle (1867 ; Paris) Génie mécanique
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	06/10/2010
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/037671464
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE173.2



6 256

8^o Xae 174

8^o Xae 173

MACHINES MOTRICES

PAR

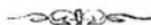
M. V. DWELSHAUVERS-DERY

RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE DES MINES DE LIÈGE

IV. MACHINES A GAZ



MACHINES MOTRICES



IV. MACHINES A GAZ.

Le remarquable article que M. Gerondeau a publié dans le tome XIV^e de la *Revue universelle*, nous laisse peu de choses à dire des deux machines de M. Lenoir et de M. Hugon, qui se disputent la palme en France. Depuis la publication de cet article, ces machines n'ont reçu que des perfectionnements de détails dont l'importance, au point de vue pratique, l'emporte de beaucoup sur leur valeur scientifique. Les efforts des deux inventeurs que nous venons de nommer, ont abouti à leur assigner une place dans l'industrie et à en faire, momentanément au moins, le moteur du petit fabricant qui ne réclame pas beaucoup de force et chez qui le travail est intermittent. La machine à gaz présente ce grand avantage de pouvoir être utilisée là où la machine à vapeur semble ne plus être applicable. Mais avant d'être acceptée sans conteste, il lui reste encore bien du chemin à faire. Plus compliquée que la machine à vapeur, si l'on fait abstraction de la chaudière, et avec une consommation exagérée, elle est loin encore d'être accessible à la bourse de l'ouvrier isolé. Les inventeurs devraient, poursuivant leur principe jusque dans ses dernières conséquences, diriger tous leurs efforts vers les moyens propres à amener de notables simplifications, et à réduire la consommation de gaz.

C'est là une affaire de recherches et d'essais plus que

de science. M. Otto, de Cologne, est celui qui a le mieux réussi dans cette voie jusqu'aujourd'hui, puisque, sans que le prix de sa machine soit plus élevé que celui des machines Lenoir ou Hugon, elle ne dépenserait, d'après ses assertions, qu'un mètre cube de gaz par force de cheval et par heure, tandis que, dans les deux machines précitées, la consommation n'est jamais descendue même à deux mètres cubes.

Les trois machines Lenoir, Hugon, Otto, sont, du reste, les seules que nous ayons vues dans le palais de l'Exposition. Celle de M. Lenoir emploie l'étincelle électrique pour déterminer l'inflammation des gaz dans le cylindre. Dans celle de M. Hugon, dont la note de M. Gérondeau fait connaître le principe, le mélange est enflammé au moyen de brûleurs à gaz spéciaux, et une petite quantité de vapeur d'eau, qui est introduite dans le cylindre, détruit les effets nuisibles de l'explosion. Dans celle de M. Otto, le mélange gazeux est enflammé de la même façon ; mais elle présente cette particularité caractéristique d'utiliser comme force motrice le poids de l'atmosphère : on n'admet dans le cylindre que juste ce qu'il faut de gaz pour relever brusquement le piston sans aucune autre résistance et laisser par là, en dessous de celui-ci, un espace en quelque sorte vide où la pression atmosphérique n'est plus équilibrée. Celle-ci détermine donc la chute du piston qui ne peut descendre sans embrayer avec les résistances. C'est une machine atmosphérique à gaz.

Quelque imparfaits qu'ils soient, ces trois spécimens représentent l'état actuel ou le développement le plus complet d'une machine qui n'est guère plus jeune que la machine à vapeur, mais qui attend encore son Watt. Car, quoiqu'en dise M. Gustave Lefebvre dans son intéressante brochure, nous ne pouvons croire qu'elle l'ait trouvé dans Lebon.

Cette brochure, nous paraissant propre à faire connaître les chances d'avenir de la machine à gaz, parce

qu'elle en fait connaître le passé, nous allons en donner un résumé succinct.

L'auteur fait remonter l'origine de la machine à gaz au brevet que John Barber obtint en Angleterre le 30 octobre 1791. Cet inventeur enflamme, au moyen d'une mèche quelconque, un mélange d'air et de gaz obtenus par la distillation de certaines matières. Mais ce n'est pas au moyen d'un piston que la force expansive des gaz est utilisée. Dans la description de sa patente, il a inséré une phrase qui est une singulière confirmation de ce que M. Gerondeau avançait dans son article : « Le courant de gaz, dit-il, sera considérablement augmenté tant *en qualité* qu'en vitesse, si l'on ajoute de l'eau dans le vase à explosion par le moyen d'un autre tuyau. »

De même que Newcomen et Cowley avaient introduit le piston dans l'utilisation de la vapeur, de même Street, dans le brevet qu'il prit le 7 mai 1794, introduisit le piston dans les machines à gaz. « Il semble, dit M. Lefebvre, que l'invention des machines à gaz est copiée sur celle des machines à vapeur; ce sont les mêmes phases, et à côté de chaque invention dans les machines à gaz, on peut placer une analogie dans les machines à vapeur; la machine de Barber rappelle l'éolipyle, les noms de Héron et de Branca; celle de Street rappelle les noms du marquis de Worcester, du capitaine Savery, de Newcomen. A côté de Watt, nous allons trouver Lebon. Lebon prend, en 1799, un brevet pour *un moyen nouveau d'employer les combustibles à la production de la chaleur et de la lumière* (1). Mais à peine cette invention

(1) On sait qu'en France, on attribue à M. Lebon l'invention du gaz d'éclairage. Mais Murdoch, l'habile contre-maître de Watt, est le premier qui en fit une application sérieuse à l'éclairage de la fabrique de Soho; et c'est à son énergie que l'on doit celui des villes. S'il fallait assigner une date précise au premier essai d'éclairage au gaz que l'on connaît, on trouverait facilement que la priorité appartient à Jean-Pierre Minkelers, né à Maestricht en 1748, et professeur à l'Université de Louvain en 1770. Chaque année, dans ses démonstrations physiques, il éclairait son laboratoire au gaz, et le

est-elle éclore que Lebon en comprend toute la portée, toute la valeur. Ses procédés sont à peine assez perfectionnés pour donner la lumière, que déjà il voit en eux la chaleur et la force. La description qu'il donne d'une machine marchant par le gaz peut s'appliquer à toutes les machines qui ont été créées après lui. Le gaz est produit dans un réservoir spécial; un cylindre, dans lequel se meut un piston, reçoit successivement, à l'avant ou à l'arrière, un mélange d'air et de gaz; ce mélange enflammé produit une force d'expansion qui fait mouvoir le piston; on peut dire que la machine à gaz est réellement créée. Quelques améliorations de détail à introduire, quelques applications des découvertes nouvelles, dont elle devra profiter, voilà ce que nous rencontrons depuis Lebon jusqu'à nos jours. Lebon a indiqué les pompes à gaz et à air mues par la machine elle-même. Il a indiqué l'inflammation produite par l'électricité et réglée par la machine elle-même. »

Divers brevets succèdent à celui de Lebon. Nous citerons entre autres celui de Samuel Brown (4 décembre 1823), qui spécifie l'emploi du vide qui se produit après la détonation du gaz, au lieu de l'action directe; tel est le principe de la machine que M. Otto a exposée à Paris. Dans la machine de Samuel Brown, le cylindre est maintenu froid par l'action de l'eau. Herskene renouvelle l'idée de l'emploi du vide. Wellman Wright, en 1833, ajoute un pendule conique pour régler l'affluence du gaz hydrogène qui, après s'être mêlé à de l'air, est enflammé par un bec de gaz.

1^{er} octobre 1784, il publia son *Mémoire sur l'air inflammable*, qui ne laisse aucun doute sur ses droits à la priorité et qui indique déjà le moyen de purifier le gaz par l'eau de chaux. Sans aucun doute, une invention quelconque n'a de valeur que pour autant qu'elle se fait industrielle; mais il nous paraît que si, en faisant l'histoire du gaz, on n'oublie pas Lebon, à plus forte raison, on ne peut oublier notre compatriote Minkeliers (voir la *Notice* de M. Ch. Morren, sur *Jean-Pierre Minkeliers*, et la *Correspondance mathématique*, par Quetelet, août 1837).

En 1841, James Johnston prend une patente pour une machine à gaz oxhydrogène marchant par l'action du vide. Il ne réclame pas le droit exclusif d'employer la force explosive des gaz hydrogène et oxygène, qui est connue depuis longtemps. Il se réserve d'utiliser la *condensation* dans les machines qui emploient l'explosion des gaz oxhydrogènes, ou, en d'autres termes, il se réserve l'emploi simultané des propriétés d'explosion et de condensation que possèdent certaines proportions de gaz oxygène et hydrogène, lorsqu'ils se combinent.

« De tous ces essais, qu'est-il resté? — Rien, » répond M. Lefebvre. Tel n'est pas notre avis : ce qui en reste, c'est la machine Lenoir que M. Lefebvre va prôner; c'est la machine Hugon; c'est la machine Otto; ce sont toutes les machines à gaz qui viendront ensuite; car, dans l'histoire des inventions, aucun effort, aucune idée, ne sont jamais perdus, et la chaîne des progrès est telle qu'on n'en peut voir ni le premier maillon, ni le dernier.

Trois brevets se suivirent de près en France : ceux de M. Degrand, en juin 1858; de M. Hugon, en septembre 1858; de M. Lenoir, en janvier 1860. Nul ne peut nier que c'est la machine Lenoir qui a eu le plus grand retentissement; on peut même affirmer que c'est elle qui a fait connaître celle de M. Hugon. C'est que M. Lenoir avait fait une machine industrielle, moins savamment combinée que celle de M. Hugon, mais douée de certaines qualités, puisque, au mois de juin 1860, il avait placé dix de ses machines et reçu les commandes de vingt-cinq autres. M. Lenoir a donné droit de cité dans l'industrie à la machine à gaz.

La machine Lenoir est munie du piston breveté par Street; elle enflamme par l'étincelle électrique, comme la machine de Rivaz; elle emprunte à Samuel Brown le refroidissement du cylindre par l'eau; elle a une foule de détails glanés dans les dispositions qui l'ont précédée; mais, « *en plus, elle aspire le gaz et l'air par le jeu du piston lui-même, sans un mélange préalable toujours*

dangereux et nécessitant l'emploi des pompes. Voilà son droit au brevet; voilà ce qu'on ne peut lui prendre; voilà où elle puise son originalité, où elle prend cet élément indispensable à la pratique, la *simplicité.* »

Le 1^{er} novembre 1866, M. Lenoir avait placé, dans Paris, 123 de ses moteurs, représentant ensemble une force de 197 chevaux, et, en province, 114 moteurs, représentant ensemble une force de 176 chevaux.

M. Lefebvre résume comme suit les avantages du moteur Lenoir, qui sont, du reste, ceux de toute machine à gaz : « Elle est posable partout. Pas d'enquête de *commodo et incommodo.* Il faut, pour l'introduire dans une maison, la même autorisation que pour allumer un bec de gaz; il faut que les travaux de gaz faits par l'appareilleur soient vérifiés par la préfecture; que la pompe ait affirmé le bon état des conduites, et, de suite, la machine peut fonctionner. Une fois en marche, elle n'est plus soumise à aucun règlement : pas de visites des ingénieurs des mines; pas de procès-verbaux pour un manomètre infidèle, pour un tube de niveau cassé, pour un chauffeur absent. Ajoutons à cela que les compagnies d'assurances ne se préoccupent nullement de l'installation d'une machine à gaz; la prime à payer par l'assuré ne change pas. Plus de foyer, plus de fumée, plus de chaudières, plus d'explosions; possibilité d'installer la machine dans les sous-sols, les magasins; elle occupe peu de place et n'exige pas de cheminée; elle est légère et peut se placer à tout étage. Point de mise en pression, et, par conséquent, point de dépense, ni de temps perdu; *mise en marche instantanée; arrêt immédiat et suspension de toute dépense aussitôt qu'on cesse le travail.*

« Elle résoud (ou mieux elle tend à résoudre) la grande question de la *force motrice à domicile...* L'industrie parisienne est, plus que toute autre, appelée à profiter des bienfaits de la machine à gaz. Ces articles, dits « articles de Paris, » qui font célébrité sur tous les marchés étrangers, qui sont les produits commerciaux de ce

qui s'appelle le goût; tous ces articles se fabriquent dans des chambres, dans de petits ateliers où la machine à vapeur ne pénétrera jamais. Quelle est la force motrice dans ces ateliers? — L'homme. — Les besoins de l'industrie parisienne ont créé le tourneur de roue, le *damnatus ad molam*, et nous voyons au xix^e siècle des hommes condamnés à ce métier que Rome infligeait à ses esclaves criminels. »

A Liège aussi, et dans toute la province, combien n'y a-t-il pas d'ouvriers qui travaillent en chambre; que d'armuriers qui ont besoin d'une force motrice petite, peu coûteuse, qui se produirait presque sans surveillance et ne serait pas une source de dépense, quand elle cesse d'être utilisée! Que de fabricants d'armes qui acceptent des commandes de 50,000 fusils et n'ont pas cinq ouvriers dans leur atelier! Combien d'ouvriers n'y a-t-il pas qui obligent leurs enfants à souffler la forge ou à tourner la roue, au lieu de les mettre à l'école! La machine à gaz mérite d'être étudiée à un point de vue humanitaire. Elle donne une lueur d'espoir à celui qui voudrait voir l'ouvrier travailler au milieu de sa famille, envoyant son enfant à l'école et employant son intelligence plutôt que ses bras, à la production de la force motrice qui lui est nécessaire. Elle devrait être introduite et étudiée en Belgique, et à Liège surtout, où elle semble presque indispensable.

Mais, peut-elle actuellement s'impatroniser chez nos ouvriers? Nous ne le croyons pas, et pour deux raisons : elle est trop coûteuse d'abord; elle consomme trop ensuite. Malgré les caisses d'épargnes et les banques populaires, il se passera un fort long temps encore avant que les ouvriers trouvent le moyen de faire une dépense première de 1,500 à 2,000 fr. Et, longtemps encore, les ouvriers se procureront, à moins de 50 centimes l'heure, le travail mécanique que leur ouvrage requiert.

Les machines Lenoir coûtent :

	A Paris.	En province.
1/2 cheval, sans régulateur	800 fr.	1,100 fr.
1 cheval, id.	1,300	1,600
2 chevaux, avec régulateur	2,000	2,500
3 chevaux. id.	2,500	3,000

La dépense de gaz par heure et par force de cheval est de deux mètres cubes. Elle exige environ un mètre cube d'eau par cheval pour le refroidissement du cylindre, et l'on peut compter qu'il s'en vaporise 50 litres par jour. L'entretien de la pile coûte 15 centimes par jour, en moyenne. Elle exige un compteur à gaz qui est toujours passablement coûteux. Une fois par semaine, il faut gratter les inflammateurs, à peine de voir la machine s'arrêter, et deux fois par semaine, il faut renouveler les piles. Le graissage de la machine doit être abondant et parfaitement ménagé, et il est, par conséquent, fort coûteux. Le graissage du cylindre doit se faire exclusivement avec de la panne brute.

Les machines de M. Hugon coûtent, livrées à Paris :

1/2 cheval.	1,400 fr.
1 cheval.	1,800
2 chevaux.	2,400
3 chevaux.	3,000

La dépense de gaz, y compris celle des inflammateurs, est de 2,400 à 2,000 litres par cheval. Elle exige le même réservoir d'eau que la machine précédente; le même compteur à gaz; elle est libérée des dépenses occasionnées par une pile. Le graissage est plus facile et moins coûteux.

Les machines de M. Otto coûtent, à Cologne :

1/2 cheval, sans régulateur	1,300 fr.
1 cheval, avec régulateur	1,670
2 chevaux, id.	2,150

Leur dépense, par cheval et par heure, est d'un peu moins d'un mètre cube (30 pieds cubes allemands), y compris les inflammateurs, d'après ce que M. Otto prétend et s'engage à démontrer par des expériences au frein de Prony et au gazomètre. Elle a le désavantage de

faire beaucoup de bruit en marchant et de produire de violentes vibrations.

Nous nous abstenons de décrire la machine Lenoir, l'article de M. Gérondeau étant très-complet à son propos. Une brève description des machines Hugon et Otto, nous paraît suffisante; nous donnerons, pour ces deux machines, les résultats des expériences qui ont été faites depuis la publication de l'article précité. Après quoi, nous comparerons les prix du cheval-vapeur dans ces machines à gaz, à celui de la machine à vapeur et à air.

La fig. 1, pl. 37, est l'élevation de la machine de M. Hugon. On comprend sans peine quel est le jeu des divers organes; c'est, du reste, le même que celui des machines à vapeur. Les fig. 2, 3 et 4 sont données dans le but de montrer comment le mélange de gaz est enflammé dans le cylindre.

Deux soufflets de caoutchouc, manœuvrés par la machine elle-même, aspirent les gaz de la rue et les envoient dans le gros tuyau F, où l'air arrive également, aspiré qu'il est par le mouvement même du piston. De là, le nom de mélangeur donné au tuyau.

Le tiroir E sert de distributeur et fait arriver alternativement, au-dessus et au-dessous du piston, le mélange de gaz, tout en amenant le gaz dans le mélangeur. Le second tiroir D sert à la fois de tiroir de distribution et de porte-mèche pour enflammer le gaz. Lorsque le piston a pris la position fig. 3, le tiroir D a cessé de mettre le cylindre en communication avec le mélangeur; la cavité B, qui renferme un bec de gaz, a passé devant le rallumeur A, s'y est allumée et est maintenant enfermée entre les parois où glisse le tiroir D. La chambre B est donc un instant fermée de toutes parts, après quoi, le piston C, continuant à se mouvoir, ainsi que le tiroir D, la chambre B est en communication avec les gaz du cylindre fig. 4; l'inflammation se produit et l'explosion éteint le bec B.

Cette disposition ne présente rien de bien remarquable; elle est très-naturelle et atteint son but.

Mais ce qui caractérise la machine Hugon, c'est cette particularité, signalée par M. Gérondeau, de l'emploi simultané de la vapeur d'eau et du gaz pour produire la force expansive. A chaque coup de piston, il y a une certaine quantité d'eau injectée dans le cylindre même. Au moment où l'inflammation du mélange des gaz se produit, cette eau, en se vaporisant, diminue considérablement la température exagérée qui en résulterait, malgré le courant d'eau froide qui circule dans l'enveloppe K. Mais la force motrice s'est accumulée dans la vapeur produite dans le cylindre, et alors que les gaz ont perdu la tension qu'ils avaient d'abord, et sont même devenus incapables de pousser le piston jusqu'au bout de sa course, la vapeur leur vient en aide et la tension du mélange ne baisse que graduellement. Pour se convaincre de l'effet salutaire de l'eau injectée dans le cylindre, il suffit de comparer des diagrammes pris à l'indicateur avec et sans injection d'eau. Les premiers sont des courbes assez régulières, comme on le voit par les fig. 5 et 6, tandis que les autres donnent des courbes tourmentées, accusant de violentes oscillations du piston de l'indicateur. Un travail effectué dans ces conditions ne peut évidemment pas être économique.

Voici le résumé des expériences de M. A. Cazin, sur la machine Hugon, tel qu'il a été publié dans le journal *Le Gaz*, n° 11, 31 décembre 1865 :

Données immédiates de l'observation.

	Le 6 déc. 1865 à 9 h. du m.	Le 8 déc. 1865 à 5 h. du s.
Durée de l'expérience	1 heure.	1 heure.
Gaz dépensé dans le cylindre.	4,827 lit.	4,856 lit.
Nombre de tours de l'arbre	3,263	3,363
Poids soulevé par le frein	15 kil.	15 kil.
Longueur du levier du frein	2 mètr.	2 mètr.
Diamètre du cylindre.	0 ^m ,33	0 ^m ,33
Course du piston	0 ^m ,30	0 ^m ,30
Hauteur du mélange explosible au moment		
où cesse l'admission	0 ^m ,092	0 ^m ,092
Eau injectée à 8°	9 ^k ,976	9 ^k ,976

Eau de circulation	848 kil.	989 kil.
Température moyenne initiale de cette eau	24°	26°
Température moyenne finale	30°	31°
Température à la sortie du tuyau d'échappement du gaz	114°	•
Excès de pression maximum pendant l'explosion	3 at. en dessus	2,2 at. en dessus
	2 en dessous	2 en dessous.
Gaz dépensé par les inflammateurs	273 lit.	341 lit.

On déduit de ces données, par le calcul, les résultats des deux expériences. Ces calculs, étant très-simples et n'ayant rien d'hypothétique, n'ont pas besoin d'être développés.

Résultats des expériences.

	1 ^{re} Expérience.	2 ^e Expérience.
Travail mesuré au frein par tour	188 ^{km} ,50	188 ^{km} ,50
Travail total par heure	615,075 km.	633,912 km.
Puissance de la machine	2 ^{ch} ,28	2 ^{ch} ,35
Dépense de gaz dans le cylindre par cheval et par heure	2,417 lit.	2,069 lit.
Travail moteur mesuré par l'indicateur, par tour	273 ^{km} ,58	233 ^{km} ,32
Rendement pratique	$\frac{188,50}{273,58} = 0,68$	$\frac{188,50}{233,32} = 0,80$
Volume du mélange gazeux introduit en une heure	51,630 lit.	53,213 lit.
Proportion du gaz mêlé à l'air	0,093	0,091
Chaleur recueillie par l'eau de circulation	5,088 calories.	4,945 calories.
Chaleur équivalente au travail moteur en une heure	2,116 calories.	1,846 calories.

La machine a fonctionné toujours très-régulièrement et sans aucun graissage. Elle sert depuis longtemps à faire marcher les outils de l'atelier de construction, où elle a remplacé la machine à action indirecte, antérieurement inventée par M. Hugon, et qu'il a momentanément abandonnée, à cause des difficultés d'entretien que présente l'emploi de l'eau, malgré ses avantages au point de vue du combustible; car, on peut voir, dans les publications antérieures, qu'elle ne consommait que 1,500 litres environ de gaz par cheval et par heure.

Le travail mesuré par l'indicateur est la moyenne de 8 diagrammes, dans la première expérience, et de 4 dans la seconde. Ces diagrammes sont excessivement remarquables, et comme ils fournissent tous les enseignements désirables relativement au rôle de l'eau injectée, nous en donnons deux, pris, l'un au bas du cylindre (fig. 5), l'autre pris au sommet (fig. 6). Suivons l'opération sur l'un d'eux. On voit l'admission cesser environ au tiers de la course, et le mélange augmenter encore de volume, tandis que la pression diminue pendant 2 ou 3 centimètres de course; l'eau injectée prend la température du mélange, environ 40°, et commence à fournir un peu de vapeur. L'inflammation ayant lieu, le mélange est porté rapidement à 3 atmosphères environ; puis la pression décroît très-régulièrement, la vapeur d'eau se produisant graduellement. Lorsque la quantité d'eau est insuffisante, l'explosion est plus vive, la pression s'élève davantage, et la courbe de détente devient sinueuse.

Les diagrammes pris au sommet du cylindre indiquent, par une légère sinuosité, un peu moins d'eau en général que les diagrammes inférieurs; ce qui s'explique par ce fait que l'eau, arrivant dans le compartiment supérieur, n'y séjourne pas et passe au-dessous du piston, où elle se trouve en excès.

Lorsqu'on n'injecte pas d'eau, les sinuosités de la courbe de détente deviennent énormes, et elles sont dues probablement aux vibrations du ressort de l'indicateur, lequel est tendu trop brusquement au moment de l'explosion, puis ramené trop brusquement en arrière par le refroidissement du mélange; ce mélange, en effet, quand il est sec, a une très-faible chaleur spécifique, s'échauffe et se refroidit très-rapidement.

Dans ce cas, qui est celui du moteur Lenoir, la plus grande partie de la chaleur développée pendant l'explosion est employée à chauffer les parois et l'eau de la double enveloppe K; elle ne produit aucun travail mécanique. Le rôle de l'eau injectée est de retenir une partie

de cette chaleur, et, à l'aide de la vapeur formée, d'ajouter une certaine quantité de travail à celui que produit le mélange gazeux. Aussi, la consommation de gaz est-elle abaissée à 2 mètres cubes environ, par cheval et par heure, tandis que les rapports publiés sur le moteur Lenoir assignent presque 3 mètres cubes.

Le tableau précédent fait connaître la chaleur emportée par l'eau de circulation. Elle vaut deux fois et demie la chaleur qui équivaut au travail moteur mesuré par l'indicateur, en prenant 425 pour l'équivalent mécanique d'une calorie. Mais ces nombres sont certainement trop faibles à cause de la déperdition de chaleur subie par l'eau de circulation. Pour que la mesure fût exacte, il faudrait, au lieu de faire circuler la même quantité d'eau, introduire l'eau à une température constante, observer la température à la sortie de l'enveloppe du cylindre et mesurer le volume de cette eau. Dans les expériences dont il s'agit, la température pouvait être de 40°.

La distribution de la chaleur dans la machine est une question très-importante, mais dont la solution repose malheureusement sur des données incertaines. Aussi les résultats qui vont suivre sont-ils d'une assez grossière approximation.

Ils peuvent simplement donner une idée de ce genre de recherche.

Admettons que la proportion du gaz contenu dans ce mélange soit, en volume, 10 p. 0/0. La composition en poids de ce mélange serait, en prenant l'analyse du gaz d'éclairage faite par M. Payen :

Avant la combustion.

Azote.	0,73353
Oxygène	0,21781
Protocarbure d'hydrogène . .	0,03721
Bicarbure d'hydrogène	0,00217
Oxyde de carbone.	0,00763
Hydrogène.	0,00165
	<hr/>
	1,00000

Après la combustion.

Azote	0,73353
Oxygène	0,04397
Eau	0,10136
Acide carbonique	0,12114
	<hr/>
	1,00000

L'expérience donnant 164° à l'échappement, à l'extrémité d'un tuyau de 2 mètres, nous admettrons 210° à la sortie même du cylindre. Les gaz qui résultent de la combustion dégageront donc, pour revenir à la température ordinaire de 10°, si l'on prend les chaleurs spécifiques à pression constante de M. Regnault, les quantités suivantes pour 1 kil. du mélange :

Azote	$0,244 \times 0,73352 \times 200$ cal. =	35,796 cal.
Oxygène	$0,218 \times 0,04397 \times 200$ cal. =	1,916 id.
Acide carbonique.	$0,216 \times 0,12114 \times 200$ cal. =	5,234 id.
		<hr/>
Total		42,946 id.

Reste l'eau de la combustion. En s'abaissant d'abord à 100° elle dégagera :

$$0,475 \times 0,10136 \times 110 = 5,297 \text{ cal.}$$

Puis en se condensant à 10°, d'après une formule de M. Regnault :

$$(606,5 + 0,305 \times 100 - 10) \times 0,10136 = \underline{63,553 \text{ id.}}$$

$$\text{Total pour l'eau. } 68,850 \text{ id.}$$

La chaleur totale cédée par les gaz, après leur sortie, s'élève ainsi à 112 calories environ par kilogramme, sur lesquelles 69 sont dues à l'eau produite pendant la combustion.

Dans la première expérience, le mélange employé en une heure pèse 63 kilogrammes ; par suite, toute la chaleur perdue en une heure, par la sortie du gaz, est de :

$$112 \times 63 = 7,056 \text{ calories.}$$

Reste à calculer la chaleur mise en jeu par l'eau injectée.

Dans les deux expériences, on a injecté 9^k,976 en une

heure. Cela représente $0^k,00153$ à chaque explosion, dans la première expérience, et $0^k,00148$ dans la deuxième ; soit, en moyenne, $0^k,0015$. Cette petite quantité d'eau, au moment de l'explosion, s'échauffe et se vaporise très-rapidement, pendant que la pression croît puis décroît ensuite graduellement.

La chaleur prise par cette eau est employée en partie à produire du travail mécanique, en partie à échauffer les parois du cylindre, puis elle en sort en vapeur avec le gaz, à la pression atmosphérique et à 210° , par hypotherèse.

Elle dégage enfin, en revenant à 10° , un reste de chaleur qui provient : 1° de l'abaissement de sa température à 100° , à savoir, par kilogramme. 52,25 calories.

2° De la condensation sous la pression ordinaire, et du refroidissement à 10° , à savoir, par kilogramme :

$$606,5 + 0,305 \times 100 - 10 = \underline{627,00} \quad \text{id.}$$

$$\text{Total. } 679,25 \text{ cal. par kil.}$$

Pour l'heure entière, on a :

$$679 \times 9^k,976 = 6,774 \text{ calories.}$$

En résumé, nous trouvons les quantités de chaleur suivantes pour la première expérience :

Chaleur équivalente au travail moteur	2,116 cal.
Chaleur retrouvée dans l'eau de circulation . . .	5,088 id.
Chaleur retrouvée dans les gaz à l'échappement.	7,056 id.
Chaleur retrouvée dans l'eau d'injection	6,774 id.

$$\text{Total } \underline{21,034} \text{ id.}$$

Comparons cette quantité à la chaleur totale dégagée par le mélange dans un espace clos, où l'explosion ne serait pas accompagnée de travail mécanique ; c'est-à-dire dans les conditions où étaient placés MM. Favre et Silbermann pour la recherche des pouvoirs calorifiques des gaz. Nous aurons, en faisant usage de leurs nombres, pour la chaleur développée par la combustion de 1 kilog. de notre mélange :

Protocarbure d'hydrogène.	$0,03721 \times 13,063 =$	$486,074$	cal.
Bicarbure d'hydrogène . .	$0,00217 \times 11,858 =$	$25,732$	id.
Oxyde de carbone	$0,00763 \times 2,403 =$	$18,335$	id.
Hydrogène	$0,00163 \times 34,462 =$	$56,862$	id.
Total		<u>587,003</u>	id.

Dans la première expérience, on a employé, en une heure, 63 kil. de mélange ; la chaleur développée serait donc :

$$63 \times 587 = 36,981 \text{ calories.}$$

Si nous retranchons les 21,034 calories retrouvées dans l'expérience, il y en a 15,947 dont nous ne pouvons préciser l'emploi. Probablement, elles sont perdues par le rayonnement et la conductibilité par toutes les parties de la machine, surtout par l'eau de circulation.

Si nous admettons le pouvoir calorifique du gaz, calculé précédemment (il correspond à 6,767 calories par mètre cube de gaz), le coefficient économique de la machine est :

$$\frac{2,416}{36,981} = 0,057.$$

Comme le rendement pratique est 0,74 environ, la proportion de chaleur employée au travail utile est seulement 0,042, à peu près comme pour la machine à vapeur.

Dans le procès-verbal des expériences faites par M. Tresca sur le moteur de M. Lenoir et publié en 1861 dans les *Annales du Conservatoire des arts et métiers*, on trouve, pour chaleur de combustion de 1 mètre cube de gaz, 6,000 calories. C'est qu'alors, on considère la chaleur développée par la combustion dans la machine seulement, et qu'on retranche la chaleur dégagée pendant la liquéfaction de l'eau produite, par la raison qu'elle sort de la machine. On ne compare donc la chaleur équivalente au travail utile qu'à la chaleur développée réellement dans le cylindre. Je crois que l'évaluation donnée plus haut est plus rigoureuse, puisqu'elle revient à comparer la combustion sans travail mécanique à la combus-

tion avec travail, dans les mêmes conditions initiales et finales. Néanmoins, pour rapprocher les nombres de mes expériences de ceux qui ont été publiés par M. Tresca, il faut diviser la chaleur équivalente au travail utile (et non au travail moteur mesuré par l'indicateur) par 6,000 fois le nombre de mètres cubes de gaz consommé dans le même temps.

On obtient ainsi, pour le travail de 1 cheval par heure représentant $\frac{75 \times 3,600}{425} = 635$ calories, et pour 2 °,093 de gaz dépensé, moyenne des deux expériences sur la machine Hugon :

$$\frac{635}{6,000 \times 2,093} = 0,050,$$

tandis que pour 3 mètres cubes que dépense la machine Lenoir, on aurait :

$$\frac{635}{6,000 \times 3} = 0,035.$$

Ce sont ces nombres qui peuvent donner une idée de l'importance de l'eau injectée et montrer la supériorité du nouveau moteur.

M. Cazin a fait de nombreuses expériences sur le moteur Hugon ; on peut considérer les deux dont, il vient d'être parlé, comme donnant des résultats moyens.

M. Hugon ajoute dans sa circulaire : L'eau injectée à l'intérieur du cylindre réduit le graissage à une dépense égale à celle des machines à vapeur de même force. Un réservoir d'eau de 500 litres par force de cheval est suffisant pour l'eau qui circule dans l'enveloppe des cylindres pendant toute la journée. Cette eau sert indéfiniment, moins la quantité vaporisée par 10 heures de travail, qui est de 50 litres environ par cheval.

La machine Otto et Langen n'emploie la détonation du gaz qu'à relever le piston sans résistance et à produire le vide dans le cylindre. Pendant que le piston remonte ou plutôt est violemment lancé par le gaz vers le haut, il est dégagé de toutes les pièces travaillantes de la machine.

Au contraire, dès qu'il descend en vertu de la pression exercée par l'atmosphère sur sa base supérieure, il s'engage dans les roues qui mettent l'arbre du volant en mouvement.

La vue extérieure de la machine présente l'aspect d'une colonne avec un piédestal où se trouvent les tiroirs de distribution, et un chapiteau sur lequel reposent quatre paliers pour les roues, les excentriques, l'arbre moteur et le volant. L'intérieur ne présente aucune particularité bien saillante.

Dans les expériences qui ont été faites au frein, on a constaté une consommation moyenne de 1,140 litres de gaz par heure et par cheval, le frein étant chargé de 5 kilog. à l'extrémité du levier. En diminuant la charge et la réduisant à 3 kilog., on n'a augmenté la vitesse que dans le rapport de 86 à 90, tandis que la consommation montait de 1,140 à 1,500 et même 1,690 litres. Ces expériences ont été faites sans beaucoup de soin; on soutenait constamment le frein, de telle façon que l'on ne peut leur accorder qu'une confiance très-restreinte.

La Compagnie parisienne du gaz a fait de nouvelles expériences au moyen d'un frein disposé verticalement, le poids y étant appliqué par une petite poulie de renvoi.

Nous n'avons pu nous procurer que les seuls renseignements suivants :

Temps.	Gaz consommé en litres.	Nombre de tours.	Gaz consommé par heure et par cheval.
40'	110	703	1 ^m c, 350
40'	112	800	1, 400
40'	111	794	1, 400

En faisant varier la charge de 2 ou 3 kilog. jusque 6 kilog., la consommation a passé de 1,500 à 1,050 litres (1).

Bien qu'il soit impossible d'accorder beaucoup de confiance à ces résultats, ils paraissent démontrer que la

(1) Ces chiffres nous ont été communiqués par M. Andries, professeur à l'Université de Gand, membre du jury.

machine Otto dépense environ 1 mètre cube de gaz par heure et par cheval, lorsqu'elle marche au maximum de charge, c'est-à-dire, dans les conditions les plus favorables; et que la consommation est beaucoup moindre dans la machine Otto que dans celles de Hugon ou de Lenoir.

Il nous reste maintenant à comparer le prix du cheval, dans les machines à gaz, à celui du cheval dans les machines à vapeur rotatives, la seule forme qui permette l'emploi de la vapeur pour de très-petites forces, telles que 1/2 ou 1/4 de cheval. Nous établirons nos prix pour Liège, tant pour le charbon que pour le gaz, et pour des machines de 1/2 cheval, celles-ci étant celles que l'ouvrier en chambre emploierait le plus généralement.

D'abord, remarquons que le tourneur de roue, d'après M. Lefebvre, est un moteur très-coûteux; il travaille à raison de 0^f,35 l'heure, et fait 10 kilogrammètres par seconde, ce qui porte à 0^f,035 par heure le prix du kilogrammètre par bras d'homme.

Une machine Lenoir de la force de 1/2 cheval coûte 1,100 francs, rendue à Liège; l'installation, la pierre, gaz, eau, 300 fr., total 1,400 fr. Si l'on compte l'intérêt à 6 p. 0/0 par an ou par 3,000 heures de travail, l'intérêt par heure et par demi-cheval est de $84 : 3,000 = 0^f,028$, et par kilogrammètre $0,028 : 37,5 = 0^f,00075$. La dépréciation de la machine, le nettoyage (une fois tous les trois mois, une demi-journée de mécanicien), les réparations sont largement estimées par M. Lefebvre à 10 p. 0/0 du capital, soit 140 fr. par an ou $140 : 3,000 = 0^f,0467$ par demi-cheval ou $0^f,00125$ par kilogrammètre. L'entretien de la pile est évalué à 0^f,15 par jour ou 0^f,015 par heure, soit 0^f,0004 par kilogrammètre. La dépense de gaz est au moins de 1,350 litres par heure et pour 37,5 kilogrammètres, soit 36 litres par kilogrammètre. Si le mètre cube de gaz coûte 0^f,30, le prix de 36 litres sera 0^f,0108. Le prix du kilogrammètre de la machine Lenoir se répartit donc comme suit :

Dépense de gaz	0f,01080
Intérêt du capital, 6 p. 0/0	0,00075
Dépréciation, réparations, 10 p. 0/0.	0,00125
Pile	0,00040
Total	<u>0f,01320</u>

soit environ le tiers du prix du kilogrammètre du bras de l'homme.

Le prix du kilogrammètre dans la machine Hugon se répartit comme suit :

Dépense de gaz	0f,00960
Intérêt du capital, 6 p. 0/0	0,00091
Dépréciation, réparations, 9 p. 0/0. .	0,00136
Total	<u>0f,01187</u>

Les réparations sont moins fréquentes et moins coûteuses dans cette machine que dans la précédente, et le graissage est également moins coûteux. Telle est la raison pour laquelle nous avons adopté le chiffre de 9 p. 0/0, au lieu de 10 p. 0/0. Enfin, le prix du kilogrammètre, dans la machine Otto, peut s'établir comme suit :

Dépense de gaz	0f,00540
Intérêt du capital, 6 p. 0/0	0,00091
Dépréciation, réparations, 12 p. 0/0..	0,00180
Total	<u>0f,00811</u>

Si nous estimons les dépréciations et réparations à 12 p. 0/0, c'est que nous croyons que la violence des secousses produites à chaque détonation peut et doit être fort fatale aux engrenages et à toutes les pièces travaillantes de la machine.

Les prix du kilogrammètre du bras de l'homme, de la machine Lenoir, de la machine Hugon et de la machine Otto, sont donc entre eux à peu près comme

$$5,25 : 1,65 : 1,50 : 1.$$

Établissons maintenant la comparaison de ces prix avec ceux des machines à vapeur, à air ou à colonne d'eau. Nous supposerons qu'il s'agit d'une machine rotative à vapeur, soit du système Hill et Pilliner, ou du

système Behrens. Dans ces deux machines, les organes sont si bien réduits à leur plus simple expression, qu'elles ne peuvent pas coûter beaucoup. La chaudière et son installation, et la machine tout ensemble, peuvent, au maximum, revenir au même prix que la machine Lenoir, avec toute sa complication d'organes délicats. Pour dépréciation, réparations et nettoyage de la chaudière, nous l'estimerons à 10 p. 0/0, comme M. Lefebvre l'a fait pour les machines à gaz. Celui-ci, dans la comparaison qu'il établit avec les machines à vapeur, suppose qu'il faut un mécanicien tout exprès pour conduire la machine. Il nous paraît évident qu'un ouvrier qui travaille dans sa chambre, près d'une machine à vapeur, peut facilement conduire sa machine sans y perdre plus d'une heure par jour, et qu'il aura simplement un peu plus d'embarras qu'avec une machine à gaz. Quant à la consommation de charbon pour les grosses machines à vapeur, elle est évidemment réduite à 2 kilog. par cheval et par heure, allumage compris. Comme les petites machines dépensent nécessairement plus que les grosses, nous supposerons que la machine en question brûle 3 kilog. ; mais nous regardons le chiffre de 5 kilog. que M. Lefebvre a adopté, comme étant trop exagéré. La dépense de combustible serait donc de 0^f,00048 par kilogrammètre, et le prix du kilogrammètre s'établit donc comme suit :

Dépense en combustible.	0 ^f ,00048
Intérêt du capital, 6 p. 0/0	0 ,00075
Dépréciation, réparations, 10 p. 0/0	0 ,00125
Perte de temps pour l'entretien.	0 ,00100
	<hr/>
Total.	0 ^f ,00348

C'est-à-dire environ le quart de la dépense de la machine Lenoir et moins de la moitié de celle de la machine Hugon. Sans aucun doute, cet avantage de la machine à vapeur est en bonne partie compensé par de graves désavantages sur lesquels il est inutile de nous étendre ici.

Une machine à air du système Laubereau coûterait, rendue à Liège, pour une force de 37 1/2 kilogrammètres, environ 1,100 fr., et dépenserait par heure environ 0^f,10 de coke, soit par kilogrammètre 0,00267. Pour dépréciation, réparations, etc., nous ne prendrons que 8 p. 0/0, et nous croyons ce chiffre déjà fort élevé. Le prix du kilogrammètre, dans la machine Laubereau, s'établira donc comme suit :

Dépense en combustible.	0 ^f ,00267
Intérêt du capital, 6 p. 0/0	0 ,00038
Dépréciation, réparations, 8 p. 0/0. .	0 ,00078
Total.	<u>0^f,00403</u>

On peut compter que l'entretien ne coûte rien, et l'on voit par là que le prix du kilogrammètre de la machine Laubereau est un peu plus élevé que celui de la machine à vapeur, et égal à la moitié environ de celui de la machine Otto. Et comme la machine Laubereau n'a pas les désavantages de la machine à vapeur et possède, au contraire, presque tous les mêmes avantages que la machine à gaz, c'est pour la machine à air Laubereau qu'il faudrait se décider s'il y avait un choix à faire.

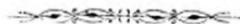
Les machines à air chaud du système de Shaw dépendent peu de combustible, mais elles sont mal appropriées aux petites forces. Celles du système d'Éricsson conviennent fort bien aux petites forces et dépendent moins de combustible que celles de Laubereau. Mais nous n'avons pas à leur égard des renseignements suffisants.

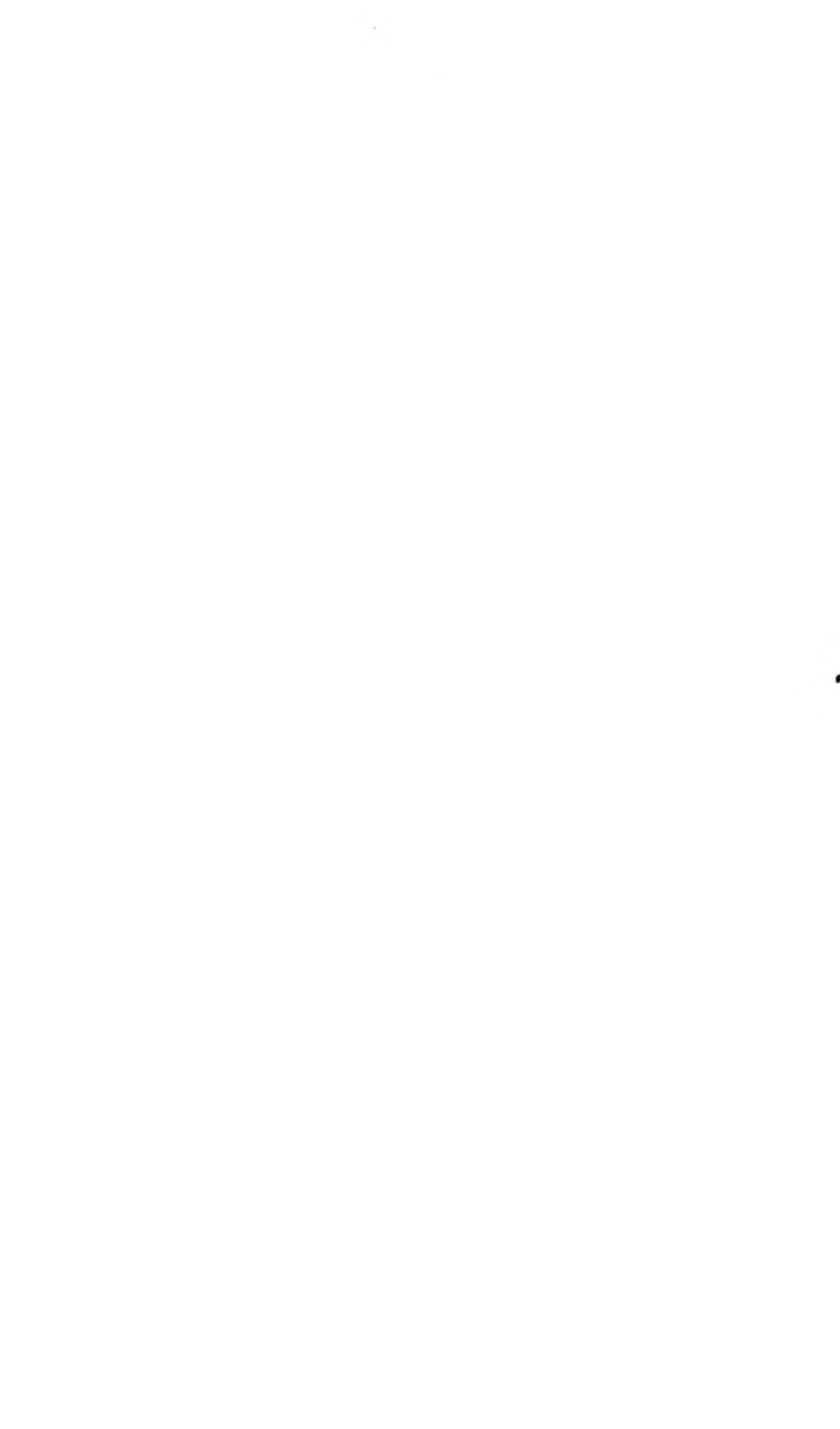
Il nous reste à dire un mot des machines à colonnes d'eau. Les machines de M. Coque, faisant une force de 2 kilogrammètres par seconde au frein, dépendent par minute 15, 20 litres d'eau avec une hauteur de chute de 12^m,33. Même dans les étages élevés, cette machine pourrait rendre des services à la petite industrie. Ces machines coûtent, prises à Paris, une somme de 800 fr. environ, pour 18 kilogrammètres de force par seconde. Nous aurons donc, pour le prix du kilogrammètre :

Dépense d'eau	0 ,00001
Intérêt du capital, 6 p. 0/0	0 ,00040
Dépréciation, réparations, 9 p. 0/0. .	0 ,00060
Total	<u>0^f,00101</u>

Dans les machines à colonnes d'eau de M. Faivre père, de Nantes, le prix du kilogrammètre est à fort peu près le même.

Avec d'autres désagréments, les machines à colonnes d'eau présentent, pour la distribution de la force à domicile, de grands avantages sur lesquels nous reviendrons en temps et lieu.





MACHINES A VAPEUR

(SUITE)

PAR M. V. DWELSHAUVERS-DERY

RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE DES MINES DE LIÈGE



MACHINES A VAPEUR

MACHINES A GLISSIÈRES CORLISS

La distribution de la vapeur dans le cylindre s'opère par l'une des trois méthodes qui suivent :

1° Au moyen d'une soupape à clapet ou à cloche équilibrée. Les premières machines de Watt étaient munies de cet appareil. On l'a conservé dans les machines d'épuisement, quelquefois dans les machines soufflantes ; en général, dans les machines à marche très-lente et d'une certaine puissance. Les perfectionnements que l'on a apportés dans ce mode de distribution l'ont rendu le plus précis et le plus facile de tous. Mais il lui reste un défaut inévitable pour les machines à grande vitesse et même à vitesse moyenne ; les chocs répétés de la soupape qui retombe sur son siège, la détériorent rapidement et lui enlèvent sa principale qualité, la précision. MM. Sulzer frères, de Winterthur (Suisse), ont exposé une machine dans laquelle la distribution s'opère par des soupapes Hornblower. Le dessin et l'exécution de cette machine sont parfaits. Sans doute, c'est ce que l'on a fait de mieux dans ce genre ;

2° Au moyen d'une glissière à mouvement rectiligne alternatif, que la glissière soit plane ou cylindrique. La pratique et la théorie exigent, pour une bonne distribution, certaines conditions que la machine d'Allen (exposée par la maison Whitworth, Angleterre), réalise presque toutes, quelle que soit la vitesse de marche ;

3° Au moyen d'une glissière à mouvement circulaire

alternatif, appelée glissière Corliss, du nom de son inventeur, qui fit, en 1849, la première machine munie de ce genre de distribution. La supériorité de ce dernier système sur le précédent, nous paraît incontestable ; c'est ce que nous allons tâcher de faire voir.

La glissière primitive à mouvement rectiligne ou tiroir de Murdoch, n'a pas de recouvrement et l'excentrique est calé à angle droit avec la manivelle. Il ne donne lieu ni à une avance à l'admission, ni à une compression avant le commencement de la course, ni à aucune détente de la vapeur, ni à aucune avance à l'émission. C'est pourquoi il n'est pas économique, et le défaut d'économie se fait d'autant mieux sentir que la marche de la machine est plus rapide, ce que démontrent parfaitement les expériences de M. Flachet. Ce tiroir présente un avantage qui n'est pas considérable : c'est que la distribution de la vapeur se fait identiquement dans les mêmes conditions, quel que soit le sens de rotation de la machine.

Le tiroir à recouvrement, qui a bientôt mis le précédent hors d'usage, est plus économique, parce qu'il remplit les conditions que nous venons d'énumérer. Cependant, l'économie qu'il procure est resserrée dans des limites assez restreintes. En effet, le tiroir précédent est à son maximum de vitesse au moment même où le piston est au minimum de la sienne, c'est-à-dire au commencement de la course ; par conséquent, ce tiroir est placé dans les meilleures conditions pour que la lumière se découvre le plus rapidement possible avec une glissière manœuvrée directement par un excentrique. Au contraire, le tiroir à recouvrement a déjà dépassé le point de son maximum de vitesse, lorsque le piston commence sa course ; et, si l'on augmentait par trop le recouvrement et, par suite, l'angle d'avance, la lumière se découvrant trop lentement, la vapeur serait étranglée et ne pourrait atteindre sa pression dans le cylindre qu'après un temps sensible. Les diagrammes relevés à l'indicateur le démontrent. L'avance angulaire de l'excentrique est limitée par là à 25° environ

et l'ouverture de la lumière au commencement de la course n'est ordinairement qu'un quinzième à un vingtième de l'ouverture totale. Le tiroir à recouvrement a un désavantage de commun avec le précédent, c'est que sa course totale est double de ce qu'il faudrait pour le jeu d'une seule lumière. Il en a un autre qui lui est propre, mais qui est peu considérable, c'est que la distribution ne se fait pas dans les mêmes conditions dans les deux sens de rotation de la machine.

Le degré de détente que l'on obtient au moyen du tiroir simple à recouvrement, est à peine digne d'être noté, et d'autant moins que l'avance à l'émission est plus considérable. Lorsque l'on veut obtenir un degré de détente déterminé, on emploie fréquemment le système de deux glissières superposées, dont le type le plus parfait est celui de Meyer. Dans ce cas, on ne donne guère de recouvrement au tiroir de distribution, que juste ce qu'il faut pour fournir une avance convenable à l'admission. La glissière de détente ferme la lumière de ce tiroir. Ce système est bon, tant que la détente ne doit pas commencer avant le quart de la course; car au-delà, ou bien l'étranglement de la vapeur se fait dans de si mauvaises conditions (la lumière n'étant jamais ouverte à plus du tiers), que la détente cesse d'être économique; ou bien, si l'on augmente démesurément les dimensions des lumières, même si on les multiplie, les dimensions des glissières deviennent très-grandes et le travail perdu par leur frottement, très-considérable.

Du reste, dans le système Meyer, le degré de la détente est réglé à la main et le régulateur agit par étranglement sur la valve d'un modérateur. C'est tout au moins une imperfection. Bien des systèmes ont été proposés pour soumettre à l'action même du régulateur le degré de la détente. L'un des plus répandus est le système de Farcot, dont le jeu cesse d'être sûr, quand la vitesse de la machine atteint de certaines limites et qui présente peu de facilité pour équilibrer les tiroirs. Le système de Bour-

don, moins connu, est plus certain dans son jeu ; mais pour de fortes machines et de grandes vitesses, il présente le grand désavantage de donner lieu à des frottements trop considérables. Du reste, l'organe par lequel se modifie le degré de la détente, se trouvant en dehors de la boîte de distribution, est toujours soumis au contrôle du mécanicien. La distribution d'Allen leur est supérieure et nous la tenons même pour la plus parfaite de ce genre. Elle réalise la plupart des conditions d'une bonne distribution, conditions que nous résumons comme suit :

1° Compression à la fin de la course ; 2° avance à l'admission, d'autant plus considérable que la machine est calculée pour marcher plus vite ; 3° avance à l'émission ; 4° marche rapide du tiroir au commencement de l'admission et marche très-lente, quand la lumière est et doit rester couverte ; 5° le chemin décrit, pendant que la lumière reste couverte, doit être le plus petit possible, afin que le travail du frottement du tiroir soit diminué ; 6° que le tiroir soit, autant que possible, équilibré ; 7° que le degré de la détente puisse varier au moins jusqu'au douzième de la course, sans qu'il en résulte un étranglement nuisible de la vapeur ; 8° que le degré de la détente soit déterminé par l'action du régulateur ; 9° que le travail des frottements des organes de distribution soit amoindri dans les limites du possible.

La machine d'Allen réalise donc la plupart de ces conditions. Bien dessinée, la machine Corliss les réalise toutes.

Au palais de l'Exposition se trouvaient deux machines Corliss : l'une, exécutée par la maison américaine Corliss elle-même, d'après les dessins peu modifiés du brevet pris en 1849 ; l'autre, exécutée par la maison anglaise Hick, Hargreaves et C^{ie}, d'après les dessins du brevet pris en Angleterre, par MM. Ingliss et Spencer, en 1865. Ces deux machines diffèrent seulement par le jeu des pièces qui attaquent les glissières. Pour les distinguer, nous appellerons la première : machine de Corliss, et la seconde,

machine d'Ingliss. Toutes deux sont horizontales. La première est de 30 chevaux. Nous n'avons pu obtenir aucun renseignement sur ses dimensions. Les dessins que nous en donnons pl. 40 proviennent simplement de nos souvenirs, des croquis que nous avons pris et des cotes que nous avons déterminées approximativement, défense stricte nous ayant été faite d'écrire même un seul mot sur place. Tant de mystère n'avait aucune raison d'être : la machine Corliss a été décrite dans plusieurs publications anglaises et américaines, et tout individu qui l'a vue exposée, peut, comme nous, l'avoir dessinée. La machine d'Ingliss est de 16 chevaux. Le diamètre du cylindre est de 0^m,406 ; la course du piston 0^m,914. En marche normale, la vitesse du piston est de 1^m,829 par seconde.

Dans la machine d'Ingliss, la distribution s'opère par quatre soupapes séparées : deux pour l'admission, placées au-dessus du cylindre à droite et à gauche ; deux pour l'émission, placées en dessous et dont les lumières sont disposées de façon à permettre une facile évacuation de la vapeur condensée (voir pl. 39, fig. 4). Les soupapes, formées de plaques cylindriques, tournent dans des cylindres transversaux au cylindre à vapeur et le long des génératrices desquels sont pratiquées les lumières. La longueur des lumières est presque égale au diamètre du piston ; leur hauteur n'est pas très-considérable, environ 1/15 du diamètre du piston ; de manière que leur section, lorsqu'elles sont complètement ouvertes, est à peu près le douzième de celles du piston. Les lumières sont disposées de manière que l'espace mort soit réduit autant que possible. Les plaques cylindriques, qui forment soupapes, sont munies d'une queue en coulisse, dans laquelle glisse un coulisseau calé à l'axe de manœuvre de la soupape. Cette disposition est employée pour permettre à la vapeur d'appliquer la soupape sur son siège cylindrique. En examinant la fig. 4, on se rendra facilement compte de la manière dont la soupape est équilibrée autant que possible. Dès l'instant où la lumière commence à

s'ouvrir, il y a égalité de pression au-dessus et en dessous de la partie de la soupape qui se trouve encore sur la lumière. La pression qui produit le frottement se réduit donc à celle qui s'exerce sur la partie de la soupape au-delà du bord de la lumière, ce qui est peu de chose. En outre, comme nous le verrons plus loin, le chemin décrit par la soupape est égal à la hauteur de la lumière, plus environ la moitié de cette hauteur pour les soupapes d'émission ; le tiers, pour les soupapes d'admission dans la machine d'Ingliss et le sixième, dans la machine Corliss. Bien plus, on a cherché à équilibrer les soupapes, en terminant la coulisse de part et d'autre par une plaque cylindrique. Nous ne comprenons guère l'avantage qu'il y a à employer cette disposition. Si petit que soit le jeu, et il y en aura un, la soupape cessera d'être équilibrée, à moins que l'on n'emploie une disposition spéciale de ressorts qui ne feraient que compliquer inutilement la soupape. Dans tous les cas, il est bon de faire en sorte que la coulisse qui termine la soupape touche le cylindre qui la contient en un point diamétralement opposé à la soupape. Pour cela, il faut que la soupape soit de la même fonte que le cylindre, afin que la dilatation ne change pas les conditions primitives de contact ; ou bien, si la soupape et sa coulisse sont d'un autre métal, par exemple, de bronze, il faudra les roder sur place et à chaud ; c'est ce qui avait été fait dans la machine d'Ingliss exposée. Nous ignorons ce qui en est quant à la machine de Corliss.

L'axe de rotation de la soupape sort du cylindre par une boîte à bourrage et est calé à un levier L (fig. 3) pour l'admission ou B (fig. 4) pour l'émission. Le travail du frottement de l'axe qui tourne dans sa boîte à bourrage est de beaucoup plus petit que celui du frottement qui aurait lieu, si la tige avait un mouvement de va-et-vient dans sa boîte ; car le chemin décrit est incomparablement moins grand.

Dans la machine d'Ingliss, la soupape d'émission nous

paraît dessinée d'une manière défectueuse, parce que cette soupape joue pour ouvrir ou fermer l'orifice *cd* (fig. 4) et non pas l'orifice *ab*. En effet, on fait en sorte de réduire l'espace mort à son minimum ; or, on conçoit que la vapeur, contenue entre le fond à droite du cylindre et le piston, occupe, non-seulement ce volume, mais encore celui de la boîte de la soupape d'émission ; ce qui n'aurait pas lieu si la soupape jouait sur la lumière *ab* elle-même. N'ayant pas vu l'intérieur de la machine Corliss, nous ne savons si elle présente aussi ce défaut. Dans nos dessins de la pl. 40, nous avons supposé qu'il n'en était pas ainsi.

Voici comment s'opère la commande des leviers L et B de la distribution. La tige d'un excentrique ordinaire calé sur l'arbre du volant vient faire osciller le bouton X (fig. 3) fixé à un disque D et donne à celui-ci un mouvement de rotation alternative autour de son centre et comprenant un arc total de 90°. Dans la fig. 3, nous avons supposé que l'excentrique était calé sans avance ; que le piston était au commencement de sa course de droite à gauche ; que le disque était, par suite, exactement dans sa position moyenne. Nous avons divisé le double arc total décrit par le bouton X pendant une révolution de la machine, en 16 parties égales. De manière que, pendant la première moitié de la course du piston de droite à gauche, le point X va du n° 0 au n° 4 ; pendant la seconde moitié, de 4 à 8, revenant sur ses pas ; pendant la première moitié de la course du piston de gauche à droite, il va de 8 à 12, continuant dans le même sens, puis revient sur ses pas dans l'autre moitié de 12 à 16, point de départ.

Les boutons Y et Z fixés au disque D en suivent tous les mouvements. Nous avons indiqué par des numéros les arcs que décrit le bouton Y desservant la soupape d'admission à droite du piston et ceux que décrit le bouton Z desservant la soupape d'émission à droite du piston. Les numéros correspondent évidemment à ceux qui sont marqués sur la trajectoire du point X.

Une bielle YSO relie le bouton Y à l'extrémité O du levier L, qui manœuvre la soupape d'admission. Supposons, pour un instant, que cette bielle soit rigide et de longueur constante. Dans ce cas, le point O, et, par suite, la soupape d'admission décriront des arcs proportionnels à ceux qui sont numérotés sur l'arc *fg*. La hauteur de la lumière étant proportionnelle à la corde de l'arc compris depuis le n° 0 jusqu'au n° 4, la quantité d'ouverture de la lumière sera à chaque instant proportionnelle à la corde de l'arc compris depuis le n° 0 jusqu'à la position actuelle de la droite LO. Pour plus de facilité, supposons-les égales et non proportionnelles et, afin de faire mieux comprendre combien la lumière s'ouvre rapidement au commencement de la course, dressons comme suit le diagramme fig. 5.

En négligeant l'obliquité des bielles de l'excentrique et de la manivelle, on trouvera facilement les chemins décrits par le piston aux instants correspondant aux numéros 0, 1, 2, 3..... Portons sur un axe OAY, des longueurs proportionnelles à ces chemins. Aux points ainsi obtenus, élevons des perpendiculaires à cet axe et portons sur chacune d'elles, dans le sens AX, une longueur égale à l'ouverture de la lumière au numéro considéré; et, dans le sens contraire, et à partir du même axe, des longueurs égales aux cordes des arcs décrits par la soupape pendant qu'elle recouvre la lumière. Joignons toutes les extrémités de ces perpendiculaires par un trait continu et nous obtenons un diagramme au moyen duquel nous pouvons mesurer, pour chaque position du piston, la quantité dont la lumière est ouverte. Dans la fig. 5, le diagramme, dont les abscisses positives sont les plus petites et les abscisses négatives les plus grandes, appartient seul à la machine Ingliss. L'autre diagramme appartient à la machine Corliss; nous en parlerons plus loin. Nous les avons adaptés à la même figure, afin d'en faciliter la comparaison.

Ces diagrammes corrigés par des calculs que l'on trouve

facilement, conduisent aux résultats consignés dans le tableau qui suit :

NUMÉROS.	Fraction de la course décrite par le piston.	Fraction de la lumière découverte.		Rapport de la section ouverte de la lumière à la section totale du piston.		Chemin décrit quand la lumière est couverte, en fraction de l'ouverture totale de la lumière.		NUMÉROS.
		Ingliss.	Corliss.	Ingliss.	Corliss.	Ingliss.	Corliss.	
0	0	0	0	0	0	0	0	8
	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{7,5}$	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{90}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{16}$	
1	$\frac{1}{48}$	$\frac{1}{4,3}$	$\frac{1}{3,75}$	$\frac{1}{51,6}$	$\frac{1}{45}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	9
	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{2,72}$	$\frac{1}{2,5}$	$\frac{1}{32,6}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{7,5}$	
2	$\frac{1}{13,7}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{1,87}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{22,4}$	$\frac{1}{3,32}$	$\frac{1}{6}$	10
	$\frac{1}{8,473}$	$\frac{1}{1,58}$	$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{19}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{2,9}$	$\frac{1}{7,5}$	
3	$\frac{1}{5,65}$	$\frac{1}{1,3}$	$\frac{1}{1,23}$	$\frac{1}{15,6}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{2,86}$	$\frac{1}{12}$	11
	$\frac{1}{3,84}$	$\frac{1}{1,16}$	$\frac{1}{1,12}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{13,4}$	$\frac{1}{2,9}$	$\frac{1}{16}$	
4	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{3,33}$	0	12

On voit par ce tableau que si la détente commence au 24^{me} de la course du piston, elle s'effectue dans de bonnes conditions, puisque la section de la lumière déjà ouverte est de $\frac{1}{32,6}$ de celle du piston. Mais, comme la machine est calculée pour marcher à grande vitesse, ce n'est qu'au quatorzième environ de la course du piston que la lumière sera convenablement ouverte. Toutefois si l'on donnait à l'excentrique seulement une avance de

11° 15', la lumière serait ouverte de $1/10$ au commencement de la course et son ouverture serait de $1/32,6$ de la section du piston, lorsque le piston aurait parcouru seulement $1/48$ de sa course et de $1/24$, quand le piston aurait parcouru le $1/24$ de sa course. Et de la sorte, on obtiendrait le bénéfice de la compression à la fin de la course.

Le chemin total décrit par la soupape d'admission pendant un tour entier de la machine est égal (s'il n'y a pas de détente) au double de la hauteur de la lumière, plus environ les deux tiers de cette hauteur pendant que la lumière est couverte. Si la détente se produit à mi-course seulement, il en est encore de même; mais si la détente se produit au quatorzième de la course, le chemin décrit total ne dépasse pas les $4/3$ de la hauteur de la lumière. C'est un résultat que la machine d'Allen même ne peut atteindre, et qui est très-précieux, puisque le travail du frottement de la soupape qui est déjà réduit autant que possible diminue encore notablement à mesure que le degré de la détente augmente.

Pour la soupape d'émission, elle s'ouvre aussi très-rapidement au commencement de la course, et au contraire, elle marche lentement pendant que la lumière est couverte. Le chemin qu'elle décrit pendant que la lumière reste couverte est à peu près égal à la moitié de celui qu'elle décrit quand elle l'ouvre.

Nous ferons remarquer que, vu la grande longueur des lumières, on obtient par ce système, avec une hauteur de lumière très-petite, une grande section.

Venons au moyen employé pour fermer la soupape d'admission brusquement à un moment donné, c'est-à-dire pour dégager le levier L de la commande de la bielle S et le ramener au point O ou même au-delà. La bielle S se compose de deux parties : l'une S qui se termine vers la droite par une fourche en acier (fig. 3); entre les deux dents de cette fourche se trouve une tige K qui glisse à frottement dans le fourreau S'; l'autre S' porte à sa partie rectangulaire des saillies en acier trempé

qui peuvent s'engager dans des creux pratiqués aux dents de la fourche et butter contre d'autres saillies également en acier et fixées à la fourche. Tant que les saillies de S' sont engagées dans les dents de la fourche, la bielle $S S'$ est rigide et la soupape obéit à la commande du disque D . Mais si, par un moyen quelconque, on écarte les dents de la fourche, les saillies de S' se dégagent, et la partie S seule suit les mouvements du disque, pour autant, du moins, que le levier L soit maintenu en place.

Or l'extrémité I du levier L est articulée par l'intermédiaire d'une bielle H avec un ressort placé dans la boîte W appelée *dash pot*. Lorsque le point I se rapproche de la verticale passant par le centre du levier L , c'est-à-dire, lorsque la lumière s'ouvre, le ressort du *dash pot* se tend et aussitôt que l'extrémité O du levier, ainsi que la partie S' sont dégagées de la fourche, le ressort du *dash pot* se détend et ramène le levier dans la position indiquée par la fig. 3, fermant ainsi brusquement la lumière. Le ressort agit sur la bielle H par l'intermédiaire d'un piston à fourreau qui se meut dans la boîte cylindrique appelée *dash pot* ; pour empêcher le fourreau de heurter violemment le fond de la boîte, on a ménagé à sa partie postérieure un coussin d'air qui ne peut que passer lentement à travers une petite ouverture et qui favorise le coup en avant. Ajoutons ici que la fourche porte aussi des parties en cuir pour amortir le choc des saillies de la bielle.

C'est la came A fixée au levier M sous un angle invariable $M A Q$ et tournant autour de son milieu A , qui écarte les dents de la fourche et, par conséquent, dégage les deux parties S et S' de la bielle. Cette came se meut autour de son centre dans une mortaise pratiquée dans le bloc S' . Le bras de levier M est articulé au point N par une bielle C . Supposons le point N fixe et le point A suivant les mouvements de la bielle S ; évidemment l'angle $C M A$ diminue à mesure que le point A se rapproche du centre du disque D ; par suite, la came A se relève de

plus en plus et à un moment donné, elle ouvrira les deux branches de la fourche. Si donc le levier N était fixe, la détente se produirait toujours au même point de la course du piston. Donc, en résumé, quand la bielle S se meut de droite à gauche, la fourche glisse sur les saillies du bloc, la came A s'incline de plus en plus, la fourche à un moment se serre, s'engage dans les saillies ; puis, quand la bielle S retourne de droite à gauche, elle entraîne le levier L et ouvre la soupape jusqu'à ce que la came A se relevant de plus en plus, écarte les branches de la fourche au point de la dégager de ses saillies, moment auquel le ressort du *dash pot* ramène brusquement le levier L et la soupape dans leur primitive position.

Nous avons supposé le levier N fixe : en réalité, sa position est déterminée par le régulateur. Or, il est facile de voir que, quand le point N, extrémité du levier, s'éloigne de la verticale WX, le point M s'en éloigne également et la came A se relève. Donc plus le point N sera éloigné de l'axe vertical du cylindre, plus vite l'admission de la vapeur sera interceptée. Quand les boules du régulateur s'élèvent, la tige G articulée à la fourche s'éloigne de l'axe vertical du cylindre, entraînant avec elle le levier N' et, par l'intermédiaire des secteurs dentés *mm'*, *nn'*, également le levier N. Quand les boules retombent le jeu et l'effet de la tige G sont contraires. Telle est la manière dont se produit l'action du régulateur, avec une extrême précision si la came A a été bien dessinée et tant que l'usure ne l'aura pas sensiblement déformée. Là se trouve une difficulté de construction très-sérieuse et d'autant plus grande que la came A est fort petite. La précision est beaucoup plus facile à atteindre avec le système de Corliss, comme nous le verrons plus loin.

Remarquons en passant que, pour empêcher la chute trop précipitée des boules du régulateur, MM. Ingliss et Spencer placent sous le régulateur une espèce de *dash pot*, petite cataracte où l'eau est remplacée par de l'huile.

On a reproché à la machine Ingliss de présenter un

grand nombre d'articulations et de donner lieu à des chocs et du bruit pendant l'encliquetage des pièces de la distribution. Le reproche de faire du bruit n'est pas sérieux : une montre en fait proportionnellement plus, ce qui n'empêche pas de la regarder comme une merveilleuse petite machine. Quant au grand nombre d'articulations, nous répondrons que les efforts sont en revanche si petits et les chemins décrits si réduits, que le travail des frottements est fort peu de chose et est moindre même que dans la distribution Meyer. Il n'est pas difficile de s'en convaincre. La chose la plus regrettable, c'est qu'il reste un excentrique à grande course ; or, on sait que le travail du frottement des excentriques est très-considérable ; c'est un désagrément rarement évité, quand on distribue la vapeur par glissières.

La fig. 6 est un diagramme pris à l'indicateur Richard. Si l'on écartait les défauts de netteté provenant de l'instrument lui-même, on verrait avec quelle précision la détente s'effectue. A droite, la détente s'est produite au dix-neuvième de la course, et, à gauche, au vingt-septième. Au moment où le diagramme a été pris, la résistance utile de la machine était presque nulle. La machine marchait dans de très-mauvaises conditions, et, en effet, la pression à la fin de la détente est plus petite que la contre-pression elle-même, ce que l'on sait n'être pas économique. Pour permettre l'étude de ce diagramme, nous ferons remarquer qu'un millimètre de hauteur représente une pression de 700 kilog. par mètre carré de la surface du piston et que le volume du cylindre, non compris l'espace mort, est de $0^{\text{m}^3}, 118597$. Le volume de l'espace mort, y compris celui du cylindre dans lequel se meut la soupape d'exhaustion, atteint à peine un trentième du volume engendré en une course par le piston.

La machine américaine de Corliss ne diffère de celle d'Ingliss que par le jeu de fer de la distribution. La fig. 1 de la pl. 40 en représente la disposition des pièces principales. A_1 , A_2 , leviers qui commandent la soupape d'ad-

mission ; E_1 , E_2 , leviers qui commandent les soupapes d'émission. L, levier commandé, par l'excentrique et décrivant un arc d'environ 90° . Derrière ce levier et calé à son axe, se trouve un disque portant quatre boutons, l'un B_1 devant, l'autre B_2 derrière, qui commandent l'admission respectivement aux soupapes A_1 et A_2 ; un troisième Y_1 devant et un quatrième Y_2 derrière, commandant respectivement les soupapes E_1 et E_2 d'émission, par l'intermédiaire de bielles et manivelles q_1 et q_2 . Une bielle $B_1 O_1$, articulée au balancier de devant P_1 , le fait osciller autour de l'axe X de manière que son extrémité D_1 décrit un arc de cercle. Une seconde bielle $B_2 O_2$ placée derrière le disque attaque de même un second balancier P_2 placé derrière le premier. Le mouvement du premier balancier P_1 est destiné à ouvrir la soupape A_1 d'admission. Dans ce but, au point D, il porte un levier courbe KH oscillant autour de l'axe D et tenu penché du côté de la branche K D par un ressort. A son extrémité K se trouve un talon destiné à accrocher la tige MV guidée dans la pièce T appelée *dash pot*. Cette tige agit par l'intermédiaire d'une bielle N sur le levier Q_1 et, par conséquent, fait tourner la soupape A_1 . Le balancier P_2 est muni d'un appareil absolument semblable pour communiquer son mouvement d'oscillation à la soupape A_2 .

Dans les fig. 2, 3, 4, 5, nous avons tracé en traits pleins les axes des pièces spécialement destinées à la manœuvre de la soupape A_1 et en traits interrompus ceux des pièces manœuvrant A_2 ; les uns et les autres, dans les positions respectives qu'ils occupent, lorsque le piston a pris celles qu'indiquent les figures. Mais avant de parler de ces diagrammes, faisons connaître par quel moyen l'admission cesse juste au moment voulu par la vitesse de la machine.

Lorsque le levier L est tiré de droite à gauche, à partir de sa position primitive, le bouton B_1 se rapproche de la verticale passant par le point C et force le balancier P_1 à en faire autant. L'extrémité K de la pièce KDH repousse

la tige M de droite à gauche et fait osciller, dans le même sens, par l'intermédiaire de la bielle N, le levier Q₁, qui ouvre la soupape A₁. Tant que l'extrémité K sera engagée dans le talon de la pièce M, celle-ci sera obligée d'en suivre le mouvement de droite à gauche, et même de gauche à droite; car l'extrémité V de la tige M est articulée par l'intermédiaire d'une petite bielle VU à l'extrémité d'une lame de ressort UZ fixée par le bas au balancier P. Si donc, pendant toute la course du piston, l'extrémité K appuie constamment contre le talon de la tige M, la soupape A₁ ouvrira complètement la lumière d'admission; l'ouverture sera complète au moment où le piston sera à mi-course; puis le levier L revenant sur ses pas, le sens du mouvement de toutes les pièces sera renversé et la soupape A₁ fermera graduellement la lumière. Mais si, avant que le piston ait terminé sa course, on dégage le talon K en appuyant légèrement à l'extrémité H de la pièce courbe oscillante KH, la tige M sera brusquement retirée de gauche à droite par l'effet du ressort ZU et la soupape recouvrira brusquement la lumière A₁. Il en sera exactement de même, en sens contraire, lorsque le levier L partant de sa position moyenne ira de droite à gauche, jusque 45° et reviendra à sa position moyenne. Pour éviter le choc qui ne manquerait pas de se produire, lorsque le ressort ZU agit brusquement pour fermer la soupape, dans la pièce T qui sert de guide, se trouve un petit piston qui forme coussin d'air, et qui est absolument semblable dans sa forme et ses fonctions à celui de la même pièce dans la machine d'Ingliss.

On peut donc obtenir tel degré de détente que l'on désire en appuyant à l'extrémité H de la pièce KDH. C'est une pièce R, partant du levier S, manœuvré par la fourchette du régulateur, qui opère cet effet. Si la machine marche vite, le manchon du régulateur s'élève, le buttoir R s'abaisse et vient rencontrer très-tôt la pièce DH que le balancier P transporte à sa rencontre. Si, au contraire,

la machine marche lentement, le buttoir R se relève et ne rencontre que plus tard la pièce DH. Il est évident que l'on peut calculer la forme à donner à cette pièce de façon à proportionner le degré de détente à la variation de vitesse qui se produit dans les mouvements de la machine. Toutefois, il faut remarquer que la pièce DH revenant sur ses pas de gauche à droite dès que le piston a décrit la moitié de sa course, si, à ce moment, DH n'a pas encore butté contre R, elle ne le rencontrera plus à moins que R ne s'abaisse considérablement et brusquement, ce qui ne peut pas être le cas ordinaire. Il suit de là que le régulateur cesse son action dès que la détente qui doit se produire commence après la moitié de la course. Je ne crois pas que l'on puisse considérer cette circonstance comme constituant une imperfection de la machine.

Les diagrammes fig. 2, 3, 4, 5 ont été dressés dans la supposition qu'il n'y a ni avance à l'admission, ni compression, ni détente. Au moment signalé par la fig. 2, le piston est au commencement de sa course de droite à gauche. Toutes les soupapes sont exactement fermées. Le levier L est dans sa position moyenne et va décrire un arc de 45° de gauche à droite. Dès son premier mouvement, la soupape A_1 s'ouvre rapidement de droite à gauche ; rapidement, dis-je, à cause de la position de départ du bouton B_1 . La soupape A_2 dépasse le bord de la lumière en allant de gauche à droite et lentement à cause de la position de B_2 , le mouvement du point O étant sensiblement proportionnel au sinus-verse d'un arc de $22^\circ 1/2$. La soupape E_1 marche lentement aussi de droite à gauche, dépassant le bord de la lumière d'émission qu'elle recouvrait ; lentement, dis-je, à cause de la position du bouton Y_1 sur le disque au moment du départ. Enfin, la soupape E_2 marche de droite à gauche et presque aussi rapidement que la projection de Y_2 sur l'horizontale, ouvrant grandement la lumière d'émission.

Évidemment, ces mêmes mouvements se seraient produits un peu avant la fin de la course de gauche à droite

du piston (précédant celle que nous considérons), si l'on avait donné un peu d'avance à la manivelle L sur sa position moyenne.

Ce qui précède suffit pour faire comprendre la signification des figures 3, 4, 5.

Les chiffres dont nous nous sommes servi pour le tracé de nos diagrammes sont les suivants :

Longueur du levier CL, $0^m,15$; arc qu'il parcourt, 90° ; course de l'excentrique, environ $0^m,10$.

Longueur de CB_1 , $0^m,08$. Le bouton B_1 , dans la position moyenne du levier CL est à $22^\circ 30'$ au-dessus de l'horizontale et le bouton B_2 à $22^\circ 30'$ en dessous.

Longueur de la bielle B_1O , $0^m,20$.

Pour la position du point X, axe d'oscillation du balancier P, nous la supposerons à $0^m,20$ à droite de l'axe CL et à $0^m,47$ en dessous de l'horizontale passant par le point C. La distance rectiligne OX, $0^m,47$ et XD, $0^m,59$.

Longueur de la bielle KD,	$0^m,15$.
— — N,	$0^m,12$.
— des manivelles Q et q,	$0^m,10$.

Ouverture des lumières d'admission $0^m,03$.

La course totale du point O est de 64 mil. ; celle du point D, de 80,3 mil., dont 54 (67,8 pour D) pour la marche de B_1 de sa position, dans la fig. 2 à celle dans la fig. 3 et 10 mil. de sa position fig. 4 à celle moyenne entre fig. 4 et fig. 5.

Si l'on a bien compris le jeu des organes, on verra que lorsque le piston décrit la première moitié de sa course de droite à gauche, le point B_1 décrit un arc de 45° de droite à gauche. Alors le point D décrit un chemin total de 80 mil. de droite à gauche, les arcs décrits étant

à peu près égaux aux $\frac{59}{47}$ des projections sur l'horizontale des arcs décrits par B_1 .

Tandis que le piston achève sa course, le point B_1 re-

vient sur ses pas et le point D repasse par les mêmes points que ci-devant, avec la même vitesse, mais en sens contraire.

Dans la première demi-course suivante, le point B_1 décrit un arc de $22^\circ 30'$ de gauche à droite et le point D décrit dans le même sens un arc de $12 \frac{1}{2}$ mil. jusqu'à la moitié de la demi-course, puis revient sur ses pas dans l'autre moitié. Dans la deuxième demi-course, D décrit de nouveau de gauche à droite l'arc de $12 \frac{1}{2}$ mil. dans la première moitié et revient sur ses pas à sa position primitive à la fin.

Partant des positions successives du point D, il est facile d'obtenir celles de la soupape A d'admission à chaque instant.

Partant des positions successives du point B qui correspondent à celles du point L, il est facile d'obtenir celles du piston à chaque instant. Telle est la marche que nous avons suivie pour rechercher la quantité d'ouverture de la lumière d'admission correspondant à des positions données du piston. Les résultats de ces recherches sont consignés et dans le diagramme de la fig. 5 planche 39 et dans le tableau de la page 533.

De ce tableau, il résulte que, quand le piston a parcouru au plus le $\frac{1}{50}$ de sa course, la lumière d'admission est déjà ouverte au quart. Quand le piston a parcouru le $\frac{1}{13}$ de sa course, la lumière est à moitié ouverte.

Or, en donnant à la hauteur de la lumière $\frac{1}{16}$ du diamètre du piston, la section de celle-ci serait d'environ le $\frac{1}{12}$ de la surface du piston. D'où suit que la section d'entrée de la vapeur serait $\frac{1}{48}$ de la surface du piston, quand celui-ci n'est qu'au $\frac{1}{50}$ de sa course. Elle est de $\frac{1}{24}$, lorsque le piston a parcouru seulement le $\frac{1}{13}$ de sa course.

Pourtant, ne fût-ce que pour obtenir une certaine compression à la fin de la course, une avance à l'admission paraît désirable. Or, si l'on donne à l'excentrique une avance angulaire de $11^\circ \frac{1}{2}$ (ce qui n'est pas la moitié

de l'avance, dans le cas des glissières ordinaires), le résultat sera :

Au départ du piston, la lumière sera ouverte au $1/7$; au $1/50$ de la course du piston, à plus du $1/3$; au $1/25$, à plus de la $1/2$.

Si nous comparons la machine de Corliss à celle d'Ingliss, nous trouvons la première supérieure pour trois raisons : 1° la lumière s'ouvre plus vite dans la machine Corliss ; si la différence est peu importante, quand la détente commence assez tard, elle prend beaucoup d'importance pour les très-fortes détentes ; 2° le chemin décrit par la soupape d'admission, pendant que la lumière est fermée, est plus petit dans la machine Corliss ; 3° enfin, la pièce K D H est très-grande dans la machine Corliss ; on peut l'exécuter avec toute la précision désirable et l'usure ne la déformera pas considérablement. Au contraire, dans la machine d'Ingliss, la came A, qui remplit les mêmes fonctions, est très-petite, fort difficile à ajuster et même à dessiner avec précision, et l'usure qui doit en être très-grande, en ne la déformant même que peu, amènera des changements considérables dans son action.

Quoique la machine d'Ingliss ait été construite d'une manière irréprochable par la maison Hick et C^{ie}, sous le rapport du fini des pièces, elle est loin d'égaliser encore la machine Corliss, le plus beau spécimen de mécanique qu'il nous ait jamais été donné de voir.

La détente brevetée de Corliss a paru pour la première fois, en Amérique, à Providence, en 1849. Elle a été importée pour la première fois en Angleterre, il y a sept ans, où elle a été appliquée à la machine de la fabrique de papier de MM. Pirie d'Aberdeen. Cette machine avait été achetée directement à M. G. H. Corliss. Depuis ce temps, quatre ou cinq maisons anglaises ont commencé à en construire d'après les dessins de M. Ingliss qui a adopté les perfectionnements brevetés de J. F. Spencer. Le brevet de ce dernier est du 14 Janvier 1865. On cite, comme

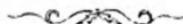
résultats obtenus par ce dernier, des machines marchant à 430 et 600 pieds par minute, soit une vitesse de 2 à 3 mètres du piston par seconde. Comme économie du combustible, des expériences non officielles ont fait voir que la consommation moyenne était de 1^k,46 par cheval mesuré au frein et par heure. L'arsenal de Woolwich, après un essai d'une machine de 1^m,20 de course et 0^m,60 de diamètre, vient d'en commander deux semblables munies de condenseurs par surface.

On reproche au système Corliss sa complication, ses 18 articulations pour la manœuvre des soupapes et leur liaison au régulateur. Ce reproche paraîtra sans importance, si l'on songe aux avantages sérieux que l'on obtient quant au fonctionnement de la vapeur.

Il paraît que la distribution Corliss n'est protégée par aucun brevet. On affirme pourtant que la maison Vanden Kerchove, de Gand, est entrée en arrangement avec Corliss.

Les prix des machines Corliss, construites en Angleterre sont très-peu élevés.

(A continuer.)



PRÉPARATION MÉCANIQUE
DES
MINÉRAIS ET DES CHARBONS

PAR A. HABETS

Ingénieur honoraire des mines
Répétiteur des cours d'exploitation des mines et de métallurgie à l'École
des mines de Liège

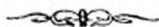
PREMIER ARTICLE

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

II. — BROYEURS

III. — CLASSEMENT DES GRENAILLES PAR VOLUMES

IV. — CLASSEMENT DES GRENAILLES PAR DENSITÉS



PRÉPARATION MÉCANIQUE

DES

MINÉRAIS ET DES CHARBONS

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

L'ancienne et la nouvelle école. — Travaux de M. de Rittinger, en Autriche, et de MM. Huet et Geyler, en France.

L'opinion générale des hommes spéciaux était que la préparation mécanique, cette branche importante de l'art des mines, était moins bien représentée à l'Exposition de 1867 que dans les expositions précédentes. Telle n'est pas tout à fait notre pensée. Dans cette partie, plus que dans toute autre, il est essentiel de voir les appareils à l'œuvre, de joindre à l'étude de leurs fonctions, celle des conditions locales. Les principaux progrès réalisés depuis une dizaine d'années se trouvaient, d'ailleurs, exprimés plus ou moins explicitement, par l'exposition des appareils eux-mêmes, par celle de modèles et de dessins, ou encore de plans d'ensemble et de produits; mais pour en saisir la portée, il était nécessaire de suivre l'outil dans l'atelier, après l'avoir étudié à l'Exposition. C'est ce que nous avons tâché de faire, et c'est le résultat de cette étude que nous tâcherons d'offrir au lecteur. Des visites récentes, faites dans les principaux ateliers de la Belgique et de la Prusse, nous permettront de combler certaines lacunes, soit en apportant des documents nouveaux relatifs à des faits intéressants dont la trace seule

était marquée à l'Exposition, soit en rattachant les modèles exposés à des conditions locales que l'Exposition ne permettait pas d'apprécier. Nous avons, en outre réuni, sous le titre de ce travail, plusieurs appareils appartenant notamment à la classe des broyeurs, qui, sans servir proprement à la préparation mécanique, portent en eux certains principes qui pourraient y être appliqués.

L'emploi de l'eau, sur lequel est basée aujourd'hui la plus grande partie des appareils de préparation, date du commencement du *xvi^e* siècle. Matthesius signalait, en 1589, dans ses *Sarepta*, Paul Grommenstetter, de Schwatz, en Tyrol, comme l'inventeur du crible de setzage qu'il introduisait, en 1519, à Joachimsthal (Bohême). Le bocardage à l'eau paraît avoir été installé pour la première fois, en 1512, aux mines d'étain de Dippoldswalde (Saxe). Un manuscrit de 1556, connu sous le nom de *Ettenhardisches Bergbuch* et conservé à la bibliothèque du ministère des finances de Vienne, montre que, dès cette époque, un grand nombre de mines du Tyrol autrichien avaient monté des préparations mécaniques par voie humide.

Ces quelques données historiques montrent que l'Autriche s'était déjà signalée au moyen-âge par d'importants perfectionnements dans l'art de la préparation des minerais. C'est encore cette fois dans le secteur autrichien que nous trouverons à l'Exposition universelle les appareils témoignant du plus d'originalité dans les idées, en étudiant les expositions des administrations impériales-royales des mines de Przibram (Bohême) et de Schemnitz (Hongrie). Faut-il rapporter ce caractère à des aptitudes nationales, comme on serait naturellement tenté de le faire, s'il s'agissait des États-Unis ou de l'Angleterre? Les dates que nous avons citées semblent militer en faveur d'une telle interprétation. Si dans certains pays de l'Autriche, la nature du sol, qui recèle parfois dans son sein tous les métaux usuels, a fait naître une population douée des aptitudes spéciales qui font le

mineur, l'industrie des mines reçoit, de plus, dans ce pays, une impulsion profonde de la part de l'État par le talent des hommes qui y sont à la tête de l'administration. Dans la partie qui nous occupe, nous citerons, en premier lieu, le nom de M. P. DE RITTINGER, conseiller au département des mines du ministère des finances. M. de Rittinger a plus particulièrement porté ses dernières études sur la préparation mécanique des minerais. Depuis de longues années, se publie, par ses soins, à Vienne, le recueil annuel des « *Erfahrungen* », *expériences faites sur les machines, constructions et appareils de préparation employés dans les mines et les usines*. Ces expériences sont extraites des rapports du savant personnel des mines, usines et salines autrichiennes appartenant à l'État ou aux particuliers. C'est dans ce recueil que nous puiserons souvent les résultats les plus récents des appareils exposés, dus, pour la plupart, à l'initiative de M. de Rittinger. L'un d'eux, la *table à secousses latérales*, a pris tout récemment droit de cité dans plusieurs ateliers belges et anglais et y a subi certaines modifications, de même que les *Spitzkasten* dus au même auteur et apportés de Hongrie sur les bords de la Meuse, y ont subi divers perfectionnements et ont conduit à leur tour au *lavoir à schlamms* exposé par la Société de la *Nouvelle-Montagne* et employé aujourd'hui dans plusieurs ateliers belges et prussiens.

Homme de science autant que praticien habile, M. de Rittinger a toujours su rendre la pratique l'humble esclave de la théorie. Celle-ci n'est, toutefois, sérieuse qu'à condition de puiser ses données dans l'expérience; basée sur l'hypothèse ou l'empirisme, elle peut jeter du jour sur certaines questions, mais elle n'est pas immédiatement créatrice. La position officielle de M. de Rittinger lui a permis de recueillir des faits que 25 années d'études pratiques ont su lui faire apprécier à leur juste valeur. Ses nombreuses expériences jointes à celles des ingénieurs du gouvernement autrichien, lui ont suggéré des

idées théoriques nouvelles, et c'est la réunion de ces faits, de ces expériences et de ces idées, qui a composé ces ouvrages importants qui n'ont pas moins que d'utiles inventions, fait connaître à l'étranger le nom de M. de Rittinger. Les *théories des turbines, des ventilateurs et des pompes à force centrifuge* font autorité dans la littérature technologique. Au moment même où s'ouvrait l'Exposition universelle, M. de Rittinger couronnait ses travaux sur la préparation mécanique par la publication d'un traité qui embrasse, pour la première fois, cet art à un point de vue dogmatique. La théorie des appareils fondés sur l'emploi de l'eau y est basée sur les lois mathématiques de la chute des corps solides dans les liquides, vérifiées par l'expérience, dont le concours est toujours indispensable pour s'assurer que l'on a tenu compte de toutes les influences qui agissent dans la pratique. C'est l'absence de ce concours qui a rendu stériles la plupart des essais théoriques de généralisation tentés jusqu'aujourd'hui sur la préparation mécanique des minerais.

M. de Rittinger a fort peu emprunté aux publications périodiques étrangères ; il en résulte que son livre peut être considéré comme un tableau de l'état actuel des ateliers de préparation mécanique, en Autriche, et des tendances nouvelles qui s'y manifestent.

A côté de ces tendances, dont nous avons déjà signalé le caractère original, le peu de perfectionnement qu'a subi la construction, en Autriche, est remarquable. Les appareils autrichiens sont encore construits en bois, comme ceux des vallées du Hartz et du plateau de Freiberg. L'abondance du bois permet encore dans ces pays de n'employer le métal que dans les circonstances particulières qui en dictent l'emploi. Ces constructions en bois appartiennent, si l'on nous passe l'expression, à l'école ancienne, dont l'Autriche représenterait aujourd'hui le type le plus caractérisé, tandis que certaines usines de la Belgique et des provinces rhénanes permettent de suivre

les progrès d'une école plus récente, dont des ateliers de construction importants se sont fait les promoteurs en Allemagne et en France : ceux de Sievers et C^{ie}, à Kalk, près de Cologne, où les types nouveaux ont été créés en grande partie par M. NEUERBURG et ceux de Parent, Schaken, Houel et Caillet, à Fives-Lille, où deux ingénieurs de talent, anciens élèves de l'École centrale, MM. HUET et GEYLER, ont introduit et simplifié en certains points les types allemands.

Cette école nouvelle tend à *métalliser* les appareils de préparation mécanique. MM. Huet et Geyler ont exposé leurs principaux types que nous nous proposons d'étudier en détail. Ils cherchent à assimiler les appareils de préparation aux machines-outils, en employant exclusivement les métaux dans leur construction.

L'emploi des métaux procure aux appareils une résistance et une durée que l'on ne peut attendre d'une construction en bois : c'est là un avantage trop peu apprécié dans les pays où le bois est encore à un prix abordable ; dans l'Europe centrale, les forêts deviennent de plus en plus rares : dans les mines du Hartz, célèbres par la profusion de bois qu'on y ensevelissait encore à l'époque où Héron de Villefosse publiait ses descriptions, l'on emploie aujourd'hui des revêtements de galerie en fer. Les pays méridionaux, vers lesquels se portent aujourd'hui nos chercheurs de mines, sont souvent dans des conditions plus défectueuses encore. Dans certains pays de mines, la sécheresse du sol réduit le bois à l'état de rareté : telle est l'Estremadure, où les bois doivent être apportés de Lisbonne. Dans d'autres, le bois existe en abondance ; mais des charpentiers capables de construire de bons appareils sont introuvables. Telle est, jusqu'à certain point, la Sardaigne où les ateliers de préparation se réduisent forcément, comme nous le verrons, à quelques cribles suspendus à des cordes et servant, à la fois, au débourage, au classement par grosseurs et au classement par densités. On conçoit que de tels ateliers soient astreints à

des pertes considérables, déguisées sous le nom de parties pauvres et réservées pour un avenir qui pourra se faire attendre pendant des siècles, si l'on n'a recours à des moyens radicaux. Ces moyens seraient le transport des minerais ou des appareils : certaines exploitations de Sardaigne paraissent aujourd'hui se résigner au premier de ces moyens, comme nous le verrons dans la suite.

C'est au second qu'ont eu recours plusieurs exploitations espagnoles et italiennes, qui ont chargé MM. Huet et Geyler de la construction de leurs appareils. L'emploi des métaux a, d'ailleurs, une dernière raison d'être dans les pays méridionaux : c'est la prompte destruction des appareils en bois, sous l'influence combinée d'un climat torride et de l'eau nécessaire aux opérations. Sous ces influences, les bois se déjettent, les joints s'entrouvrent et les appareils ne restent pas longtemps étanches dans des localités où la consommation d'eau est souvent l'un des éléments les plus importants du prix de revient. Il n'est pas rare non plus de voir la sécheresse réduire à l'état de non-valeur des ateliers construits en bois, et abandonnés pendant un court laps de temps. Si ce cas extrême ne se présente pas, on a toujours des réparations coûteuses qui ne parviennent qu'imparfaitement à remettre en état un matériel délabré. Pour nos pays, les avantages des constructions métalliques ne sont pas de si grande importance ; ils subsistent, cependant, en partie. Un avantage apprécié par un grand nombre d'établissements qui font usage des appareils construits par les ateliers dont nous avons cité les noms, est la certitude d'employer des outils parfaitement identique et peu susceptibles d'une marche défectueuse provenant d'une construction mauvaise. Cette certitude vaut souvent un prix plus élevé ; elle s'appuie sur la renommée des fournisseurs et sur l'essence même des constructions métalliques qui ne mettent en œuvre que des pièces coulées d'après le même modèle ou profilées d'après le même calibre. Ce sont là les raisons qui ont surtout contribué à répandre

en Allemagne les appareils de Sievers et C^{ie}, ou qui ont fait adopter des constructions analogues par certaines mines qui, telles que celles de la Vieille-Montagne ou de la Société d'Ems, possèdent des ateliers de construction pourvus d'un outillage suffisant. L'emploi du métal est souvent encore dicté pour les appareils de laverie, par la nécessité de produire, soit un mouvement plus doux et un frottement moindre, soit une surface plus unie, plus stable, moins susceptible de dérangements, soit une forme plus favorable, à laquelle le bois se prête mal ; il assure ainsi la régularité des fonctions souvent très-déliées de l'appareil.

Pour certains pays, où l'on entreprend des recherches, les appareils en métal sont, en outre, d'un déplacement facile, sans perte de valeur, circonstances dont les avantages seront encore plus particulièrement appréciés dans les pays du Midi. Il n'en est jamais ainsi des appareils construits en bois. L'outil en métal conserve enfin toujours une certaine valeur qui compense, en général, la surélévation de son prix.

Dans certains cas exceptionnels, le bois paraît mieux approprié à la nature du travail : ces cas seraient ceux où l'on aurait à craindre des vibrations nuisibles au classement, ou ceux encore où un minéral fournirait des eaux d'une acidité suffisante pour attaquer le métal. Les eaux de préparation de minerais pyriteux sont généralement acides, mais rarement au point de faire craindre une telle détérioration. La métallisation des appareils de préparation mécanique est donc devenu un progrès important entre les mains des habiles constructeurs qui l'ont prônée. C'est là un résultat que l'exposition de MM. Huet et Geyler ont rendu bien sensible. Ces ingénieurs, à l'imitation de ce qu'a fait M. Neuerburg, à Kalk, ont construit, à Grenelle, un *laboratoire* de préparation mécanique, si l'on nous permet de nous servir d'une expression qui rend bien notre pensée. Ils y ont installé un petit atelier où l'on peut voir fonctionner leurs principaux

types. Les exploitants de mines peuvent envoyer à Grenelle ou à Kalk quelques tonnes de minerai que l'on prépare en faisant l'essai des divers appareils.

L'installation de ces ateliers d'essai peut rendre de grands services et épargner de fâcheuses écoles aux exploitants. Celui de Kalk existe déjà depuis plusieurs années et fonctionne presque sans relâche. La préparation d'une *prise d'essai* de quelques tonnes y est strictement payée au prix de revient par l'acheteur.

MM. Huet et Geyler ne sont pas seulement constructeurs ; ils sont, de plus, les auteurs d'un très-intéressant mémoire *sur l'outillage nouveau et les modifications apportés dans les procédés d'enrichissements des minerais*, travail couronné récemment par la Société des Ingénieurs civils. Comme M. de Rittinger, il se sont efforcés d'introduire dans la préparation mécanique les idées générales qui semblent lui faire défaut, plus qu'à toute autre branche de la technologie, ce qu'attestent les opinions les plus contradictoires soutenues dans le même district sur l'emploi de tel ou tel appareil.

Le but de cette généralisation est de poser des règles qui puissent guider les débutants dans la pratique des ateliers de préparation. Sans prétendre diminuer en rien la valeur d'un travail très-remarquable, nous croyons que ses auteurs ont tenu trop peu de compte, dans leur discussion générale, de la nature si diverse des minerais, de leurs variations fréquentes dans le filon qui les contient, de leur complexité et des proportions des éléments constitutifs, de la nature plus ou moins plastique de leurs gangues, éléments aussi importants de la marche des appareils que ceux qui sont simplement inhérents à leur fonctionnement. Les règles posées dans ce mémoire ne peuvent, selon nous, prétendre à une rigueur absolue. MM. Huet et Geyler ont néanmoins un grand mérite à nos yeux : ce sont des praticiens qui savent dérober quelques instants aux affaires pour écrire et pour faire part de leurs observations aux gens d'étude. M. de Rittin-

ger procède inversement. Sa généralisation est basée sur l'expérience scientifique et fournit aux praticiens les principes mathématiques de la marche de leurs appareils. Ces principes inaltérables fournissent souvent, dans des cas difficiles, des solutions nouvelles, là où les conclusions de MM. Huet et Geyler seraient impuissantes. Nous devons, cependant, manifester un regret : c'est que ces travaux accordent, l'un comme l'autre, trop peu d'importance à la préparation des minerais de densité moyenne.

Il est facile de tirer certaines déductions en n'envisageant que deux matières de densités extrêmes, la galène et le quartz. La présence de la blende et de la pyrite apporte des complications qui sont souvent de nature à modifier le jeu des appareils. Nous ne citerons que la préparation d'Engis, où la nature seule du minerai a fait échouer l'emploi des tables tournantes, préconisées d'une manière générale par MM. Huet et Geyler, et la préparation du Dam, à Anvers, où des minerais sardes contenant, à la fois, la galène, la blende et la pyrite en mélange intime, ont donné récemment lieu à la solution d'un des problèmes les plus difficiles. Nous voudrions voir des praticiens tels que MM. Huet et Geyler, des savants doués d'un sens pratique aussi éminent que M. de Rittinger, aborder l'étude d'un problème, dont la solution prendra une importance de plus en plus grande, en raison du développement tout récent de l'exploitation des mines de zinc, en Sardaigne.

Nous suivrons dans cette étude l'ordre généralement adopté qui découle de la suite des opérations embrassées par la préparation mécanique des minerais. Les appareils se divisent en deux groupes bien distincts : les *broyeurs* et les *classeurs*. Ces derniers, de beaucoup les plus nombreux, se subdivisent suivant leur manière d'opérer : les uns classent suivant les volumes, les autres suivant les densités ; d'autres, suivant une fonction combinée de la densité et du volume que l'on a quelquefois confondue avec

le poids (1). Volume et densité, tels sont, en effet, les seuls éléments que la préparation met successivement en jeu pour arriver aux séparations les plus difficiles. Tantôt un classement par volumes sera suivi d'un classement par densités : c'est le cas des grenailles ; tantôt un classement mixte sera suivi d'un classement par volumes, c'est le cas des sables et des schlamms. Il existe enfin un élément qui joue un rôle perturbateur dans ces classements : c'est la forme des grenailles qui échappe à toute règle et qui vient détruire la rigueur des lois posées par la théorie. Tels sont, en peu de mots, les éléments généraux de la classification que nous allons suivre.

II. — BROYEURS.

I. Broyeurs à cylindres et machine à casser, exposés par MM. Huet et Geyler.

Les broyeurs à cylindres de MM. Huet et Geyler, nous offrent l'occasion de constater, pour la première fois, le soin que ces ingénieurs apportent dans la construction de leurs appareils. Ces broyeurs dérivent d'un type adopté généralement aujourd'hui dans les ateliers rhénans et construit chez Sievers et C^{ie}, à Kalk.

Ce type est caractérisé par l'emploi de ressorts formés de rondelles en caoutchouc intercalées entre des disques en fer. Dans les appareils allemands, ces ressorts sont entièrement à découvert ; MM. Huet et Geyler les soustraient à toute cause extérieure de détérioration, en les renfermant dans des boîtes venues de fonte au bâti. Ces boîtes établissent en même temps, d'une manière très-

(1) M. de Rittinger a basé sa théorie sur la recherche de cette fonction qui est égale à $D(\delta - 1)$, où D désigne le diamètre de la grenaille et δ sa densité. La vitesse des grenailles tombant librement dans l'eau, vitesse que l'on peut considérer comme constante dans les conditions ordinaires de la préparation mécanique, est donnée par $V = 2,44 \sqrt{D(\delta - 1)}$. Voir *Revue universelle*, t. XXII, p. 361. 1867.

simple, la solidarité du point d'appui et des ressorts, obtenue indirectement dans les appareils allemands au moyen de tirants en fer. Un volant a été adjoint à ces cylindres pour assurer la régularité de leurs fonctions.

Les broyeurs à cylindres de MM. Huet et Geyler ont 0^m,25 de table et leurs diamètres sont respectivement de 0^m,25, 0^m,40, 0^m,55, 0^m,70 et 0^m,90. Leurs broyeurs à charbon ont 0^m,55 de diamètre et 0^m,80 de table.

MM. Huet et Geyler remplacent généralement les cylindres de diamètre supérieur à 0^m,70, destinés à broyer des fragments volumineux, par les machines à casser américaines, excellents ébaucheurs, d'un emploi plus économique que les cylindres, en raison de la moindre quantité de poussière qu'ils produisent.

Elles ont, en outre, l'avantage de la simplicité sur les broyeurs de gros qu'il faut toujours munir d'engrenages sur les deux faces, pour éviter l'usure très-inégale et très-sensible des tourillons, quand on néglige cette disposition. L'emploi d'engrenages doubles occasionne une dépense largement compensée par l'économie qu'elle apporte, même dans la production de grenailles moyennes. C'est là un fait pratiquement reconnu dans certains ateliers des bords de la Meuse.

L'introduction en Europe des machines à casser américaines est un résultat de l'Exposition universelle de 1862, où les machines de Blake firent sensation. Tout le monde connaît aujourd'hui ces ingénieux outils qui ont leur place marquée, non-seulement dans les ateliers de préparation mécanique où ils servent à ébaucher le travail, mais également dans une foule d'industries qui réclament la réduction des matières premières qu'elles emploient, en fragments plus ou moins uniformes. La machine à casser a pris aujourd'hui ses droits de cité dans l'ancien monde. Mue ordinairement par les transmissions de mouvement des ateliers où elle fonctionne, elle porte quelquefois elle-même son petit moteur à vapeur : d'autres fois, elle est mue à bras d'hommes,

comme dans certains ateliers de la Sardaigne, où la force motrice est assez rare pour qu'on n'ait pas hésité à appliquer la force de 12 hommes à une seule de ces machines.

La machine américaine a subi diverses modifications qui ont conduit à un type à peu près uniforme, créé à l'usine *Georg-Marien-Hütte*, à Osnabrück, par un ancien élève de l'École de Liège, M. Wittenauer.

Ce type a été trop souvent décrit pour que nous y revenions (1) ; signalons, cependant, quelques particularités qui caractérisent le modèle exposé par MM. Huet et Geyler, et représenté dans l'ensemble, pl. I. Ce modèle se fait avant tout remarquer par sa compacité, par la simplicité et la force de ses organes, et par l'étude bien entendue des détails. L'inclinaison assez grande donnée à la mâchoire fixe, facilite le chargement de l'appareil et permet de broyer des masses considérables ; les parois latérales $p p$, s'évasant légèrement vers le bas (fig. 1), aident à la sortie des matières. La situation du ressort de caoutchouc r , à l'extrémité inférieure de la mâchoire mobile, est favorable à son maximum d'effet. Cette situation permet, en outre, de régler, en marche, la tension du ressort. Il en est de même de l'écartement des mâchoires, pour le règlement duquel on a adopté une disposition très-simple. Il suffit, en effet, de tourner le boulon placé à l'arrière pour faire monter ou descendre le coin k , dont le mouvement est suivi par le coin i , servant de point d'appui à la mâchoire mobile ; celle-ci s'écarte ou se rapproche donc de la mâchoire fixe, selon qu'on tourne le boulon dans un sens ou dans l'autre.

Mentionnons encore une disposition nouvelle permettant de régler à volonté la grosseur des grenailles sortant de l'appareil. Cette disposition consiste dans l'adjonction de la pièce o en dessous de l'ouverture des

(1) *Revue universelle*, t. XVII, p. 445. 1865.

mâchoires. Cette pièce étant soulevée ou abaissée par la manœuvre des écrous *ss*, détermine d'une manière invariable la largeur des ouvertures de sortie. La machine à casser pourrait, par cette légère modification, être substituée aux cylindres dans les ateliers de préparation. Cette disposition ne peut toutefois que diminuer le rendement de ces machines, à moins d'employer un fort courant d'eau pour chasser la matière, comme l'ont fait tout récemment MM. Huet et Geyler. La machine à casser peut broyer, sans cette addition, jusque 120 tonnes de matière par journée de travail de 10 heures. Tel est, du moins, le rendement obtenu par les machines actionnées chacune par un moteur de sept à huit chevaux, construites à Fives-Lille et employées par MM. Petin, Gaudet et C^{ie}, pour le broyage de minerais de fer d'une grande dureté. Ces machines, suivant leurs dimensions, peuvent recevoir des blocs de 0^m,40 sur 0^m,20 ou de 0^m,20 sur 0^m,15.

II. — Broyeur hyperbolique de M. C. Delnest, de Mons (Belgique).

Le broyeur hyperbolique de M. C. DELNEST a pour but de produire la trituration de la matière. Il réalise plus simplement ce que l'on a déjà cherché à obtenir en animant l'un des cylindres d'un mouvement de transport latéral. La matière est broyée entre deux hyperboloïdes de révolution à une nappe égaux, dont la génératrice droite de contact est horizontale, afin que la matière se répartisse également sur toute sa longueur. En vertu du mouvement des hyperboloïdes autour de leurs axes, le corps soumis au broyage sera entraîné entre ces surfaces, sous l'action de deux forces agissant dans des plans différents. Ces forces donnent lieu à un couple et à une force résultante. Le couple produira la rotation du fragment engagé, la résultante sa translation et le fragment prendra un mouvement hélicoïdal. Or, cette translation

ne sera pas en général verticale ; il faudrait pour cela que les points de contact eussent la même vitesse, ce qui n'aura lieu que sur la génératrice de contact, c'est-à-dire au moment où le broyage sera parfait. Il est clair que le mouvement de translation latérale sera d'autant plus grand que la vitesse des deux hyperboloïdes est plus inégale ; mais il existe même quand leurs vitesses sont égales, parce que le corps n'est pas généralement saisi entre deux cercles égaux des hyperboloïdes.

Les traités de cinématique font mention, depuis Robert Willis, de la propriété des hyperboloïdes à une nappe d'être aptes à conduire deux axes non parallèles et non concurrents, de manière à conserver le rapport de leurs vitesses. Ces surfaces se conduisent avec glissement latéral ; il n'y a simple roulement qu'au cas où les hyperboloïdes sont égaux et leurs vitesses égales. Mais les conditions du broyage sont tout autres que celles du problème de cinématique. L'interposition de la matière à broyer change complètement les conditions de ce problème. Nous n'en voulons pour preuve que le cas qui nous occupe.

Il y a, en effet, trois manières de transmettre le mouvement à l'appareil :

1° En faisant tourner l'un des hyperboloïdes et en laissant l'autre se conduire par entraînement, système que des expériences ont démontré bien approprié au broyage de la galène et du charbon ; 2° en transmettant aux deux hyperboloïdes des vitesses différentes, comme c'était le cas dans l'appareil exposé dans le secteur belge ; 3° en leur transmettant des vitesses égales.

Lorsqu'il n'y a pas contact direct, en ne commandant que l'un des hyperboloïdes, la matière sera animée, comme nous l'avons vu, d'un mouvement hélicoïdal : elle sera, pour ainsi dire, laminée obliquement ; en tournant sur elle-même, elle tend à transmettre au second hyperboloïde une vitesse égale à celle du premier. Si l'on veut augmenter la trituration, il faudra donc donner aux hyperboloïdes des vitesses différentes.

Si, au contraire, le broyage doit être poussé assez loin pour que les deux surfaces soient sensiblement en contact, le déchirement de la matière sera, au contraire, augmenté, d'après M. Delnest, si l'on force les deux hyperboloïdes à tourner à la même vitesse. Cette proposition, qui semble en contradiction avec les lois rappelées de la cinématique, se démontre comme ceci : en supposant qu'un seul des hyperboloïdes soit commandé par le moteur, les deux surfaces étant en contact, leurs vitesses ne seront pas égales. En effet, le mouvement se transporte obliquement de l'une à l'autre. La vitesse transmise n'est que la projection de la vitesse à la circonférence de l'un sur la circonférence de l'autre. Cette vitesse est multipliée par le cosinus de l'angle α que les projections des axes sur un plan vertical, forment entre elles. En appelant n la vitesse de l'hyperboloïde commandant et n' celle de l'hyperboloïde commandé, on aura :

$$n' = n \cos \alpha,$$

égalité qui se vérifie en prenant des cas extrêmes. En effet, $\alpha = 0$ donne $n' = n$, les hyperboloïdes deviennent dans ce cas des cylindres ; $\alpha = 90^\circ$ donne $n' = 0$ et, en effet, les axes des hyperboloïdes étant perpendiculaires, ils ne peuvent plus se conduire.

On augmentera donc la trituration en contrariant le mouvement des hyperboloïdes, c'est-à-dire en les faisant tourner à des vitesses égales.

Les fig. 1, 2, 3, pl. II, représentent deux vues et un plan de l'appareil exposé.

Les paliers inférieurs CC' de chaque hyperboloïde sont mobiles, de manière à s'écarter en sens inverse sous la pression d'un corps trop résistant. Ils se rapprochent sous l'action de ressorts D à lame enroulée en spirale. Les gorges supérieures des arbres ont été bombées de deux millimètres environ, de manière à présenter un jeu suffisant pour que les extrémités inférieures puissent s'écarter de deux centimètres. Les deux hyperboloïdes

s'écartant en sens inverse, les axes n'en restent pas moins parallèles entre eux ; cette disposition a été substituée à la disposition ordinaire pour ne pas avoir de recul du côté des commandes par engrenages. D'ailleurs, on évite qu'il se présente un fragment trop gros, en limitant les dimensions de ceux qu'on admet, au moyen d'un rouleau cannelé qui occupe le fond de la trémie E. Une garde, dont l'écartement se règle par un volant à main, limite la grosseur des matières admises ; on voit en *gg'G* les organes qui donnent le mouvement au rouleau distributeur. L'appareil étant un broyeur de fin, suppose, d'ailleurs, que la matière a déjà passé à quelque appareil dégrossisseur.

Sa principale application paraît avoir été jusqu'ici le broyage des graines végétales pour lequel les accidents ne seraient à craindre que s'il s'introduisait dans la trémie quelque substance étrangère.

Pour d'autres usages, il faudrait peut-être en modifier certains organes, tels que ressorts, etc. ; des lames de tôle I tordues, supportées par les tirants H H, au moyen de tiges à ressort et à écrou, râclent les hyperboloïdes suivant une génératrice droite, afin d'en détacher les matières adhérentes.

Outre les avantages exposés, les hyperboloïdes ne tendent pas à s'user suivant certaines zones, à la manière des cylindres. Ces surfaces sont faciles à obtenir sur un tour ordinaire, en plaçant sous le chariot une cale inclinée, de manière à diriger la pointe de l'outil suivant l'une des génératrices droites.

Les principales applications de cet appareil sont la mouture du malt, celle des graines oléagineuses, le broyage des terres employées dans l'industrie céramique et de divers produits chimiques, etc. Le prix de l'appareil n'est que de 2,000 francs. La forme du bâti représentée dans nos figures n'a été adoptée qu'au point de vue de l'Exposition. Elle permet, en effet, de voir toutes les pièces. Cette forme peut être simplifiée dans les applications ordinaires.

**III. — Nouveau bocard de M. de Rittinger (Stausatz). —
Bocards métalliques.**

Les bocards sont encore aujourd'hui les appareils de broyage les plus employés dans l'Allemagne centrale, bien que de louables efforts soient faits pour y substituer les cylindres broyeurs. Dans les provinces rhénanes, ces efforts ont abouti à l'emploi très-général du type dont nous avons fait mention. En Autriche, bien que le bocard ne soit plus, comme il y a quelque vingt ans, l'unique appareil de broyage des minerais, il occupe encore une place prépondérante. On en peut juger par ce fait qu'aux mines de Schemnitz, il n'y avait à la fin de 1866 qu'une paire de cylindres broyeurs contre 126 batteries de bocards, de 1,400 flèches.

Le bocard n'est plus, d'ailleurs, l'appareil que nous avait légué l'outillage primitif des mines. Nous nous arrêterons quelque peu au type nouveau créé par M. de Rittinger et figurant dans l'exposition de Schemnitz, sous le nom de *Stausatz*. Cet appareil date de 1863, époque où il fut essayé aux mines d'Aranyidka, en Hongrie. Il fut introduit depuis à Schemnitz et à Przibram. L'appareil de Schemnitz est représenté pl. III, fig. 1, 2, 3. L'on y voit en même temps la disposition qui a prévalu à Schemnitz pour charger automatiquement les auges de bocard. Le pilon bat le minerai sous l'eau, et l'expulsion se fait à travers une grille *a* qui reste constamment noyée. A une distance de cette grille qui ne doit, dans aucun cas, dépasser 0^m,10 à 0^m,12, s'élève une cloison en planches *b*, destinée à maintenir l'eau dans l'auge. Au bas de cette cloison se trouve un orifice *c*, vers lequel s'inclinent les deux parois latérales du chenal dans lequel se décharge la grille; l'eau et le minerai s'écoulent sous une certaine pression; le niveau de l'eau dans l'auge ne doit pas s'abaisser en dessous de 0^m,38 à 0^m,40, tandis que les matières occupent dans l'auge une hauteur d'en-

viron 0^m,05. Afin de ménager le tamis, on le fixe à 0^m,12 d'écartement des sabots.

Le poids est de 125 kilog. par flèche, la course de 0^m,24, et le nombre de coups de 50 à 55 par minute.

Les avantages de cette construction sont faciles à saisir, si l'on examine les conditions dans lesquelles fonctionne le nouvel appareil.

1° Les grenailles, arrivées à grosseur voulue, flottent dans l'eau et sont expulsées à travers le tamis ; elles sont ainsi soustraites rapidement à l'action du pilon, et ne produisent pas une forte proportion de schlamms, comme il arrive dans les autres systèmes ;

2° Le tamis baigné et fouetté par l'eau à chaque coup de pilon, ne peut s'encrasser et se conserve plus longtemps ;

3° On peut rapprocher la grille à très-peu de distance de la sole, sans craindre, comme dans les autres bocards, de ne pas conserver assez d'eau dans l'auge. On facilite d'autant la sortie du minerai bocardé.

La consommation d'eau n'est pas plus élevée. Elle est de 0,3 à 0,8 pied cube par minute et par flèche, suivant que l'on produit des sables ou des grenailles.

Le système généralement employé en Autriche pour le bocardage fin a été souvent décrit (1). Le minerai broyé y est expulsé par une fente régnant à la poitrine de l'auge et par un chenal ascensionnel. L'ouverture de cette fente est réglée par un registre, d'où le nom de *schubersatz* donné à cet appareil. D'après M. de Rittinger, ces deux dispositions continueront à subsister exclusivement dans les bocards, parce qu'elles possèdent l'avantage commun d'expulser la matière par le plus court chemin. L'ancien appareil s'appliquerait à la réduction d'un minerai en sables de moins de 1 millim., le nouvel appareil à la production des gros sables et des grenailles.

(1) *Annales des Mines*, 4^e série, t. X, p. 603. 1846.

L'expérience comparative suivante met en relief la moindre production de schlamms que procure la nouvelle disposition appliquée, comme l'ancienne, à la production de sables fins. Les produits ont été passés à divers tamis. Nous mettons en regard les diamètres de leurs mailles et la proportion des matières qui les ont respectivement traversées.

DIAMÈTRE.	PROPORTIONS DE MATIÈRES.	
	Stausatz.	Schubersatz.
0 ^m ,71	12 0/0	2 0/0
0 ,81	51	28
0 ,55	40	40
0 ,25	47	60
	100 0/0	100 0/0

De nouveaux essais comparatifs se poursuivent à Schemnitz. Ces essais, dont les résultats nous ont été communiqués par M. F. de Rauen, conseiller des mines et inspecteur de la préparation mécanique à Schemnitz, tendraient à donner au nouvel appareil l'avantage sur l'ancien, même pour la production des sables fins.

Au bocard n° I de la vallée d'Antal, un *stausatz* composé de 12 flèches de 125 kilog., réduit des minerais de plomb aurifère, en sables dont la grosseur est réglée par un tamis en laiton à mailles de 0^m,85. Le rendement d'un pilon par cheval et par heure s'élève à 85-90 kilog. Il est de 48-50 p. 0/0 plus élevé que celui de l'ancien appareil appliqué au même minéral.

Au bocard n° IV du *Neu-Anton-stolln*, un mélange très-intime a nécessité l'emploi de tamis à mailles de

0^m,60 ; le rendement du *stausatz* s'y est montré de 56 p. 0/0 plus élevé que celui de l'ancien *schubersatz*.

Les essais de Schemnitz ont vérifié les résultats exprimés par le tableau ci-dessus : l'uniformité plus grande des sables et la moindre production de schlamms. Ces essais ont donné jusqu'ici pour résultat moyen une production de schlamms de 28 p. 0/0 au *stausatz*, contre 40 à 55 p. 0/0 au *schubersatz*.

En présence de ces résultats importants, le nouvel appareil de M. de Rittinger mériterait d'être essayé partout où la dureté du minerai ou l'intimité du mélange ne permet pas l'emploi des broyeurs à cylindres.

Quelques ateliers des provinces rhénanes sont forcés, dans de telles conditions, d'employer concurremment les bocards. Cédant à la tendance générale, que nous avons déjà signalée, on y a métallisé petit à petit le bocard, en substituant d'abord aux lourdes charpentes en bois, d'élégantes charpentes en fonte, puis en construisant en fer les flèches elles-mêmes. Nous avons vu ces modifications s'introduire successivement dans les ateliers de Silberau, près d'Ems, où fonctionne actuellement un bocard entièrement métallique. La construction de cet appareil a été étudiée à Kalk où l'on peut également en voir fonctionner un modèle.

La substitution du métal au bois dans la construction des flèches, a conduit à une ingénieuse disposition destinée à régulariser l'usure du sabot et en augmenter, par suite, la durée. La flèche cylindrique est filetée sur une partie de sa hauteur ; sur ce filet se meut un écrou qui fait l'office de mentonnet. La came soulève le mentonnet latéralement en s'avancant entre les flèches successives. Le frottement, qui en résulte, imprime au pilon un mouvement rotatoire plus ou moins régulier qui empêche l'usure de se manifester inégalement sur le sabot. Ce frottement use la came ; mais la forme de celle-ci permet d'y remédier aisément, en faisant descendre l'écrou de manière à conserver une levée égale.

Le croquis fig. 4 et 5, pl. III, représente cette disposition empruntée, d'ailleurs, aux bocards métalliques qui sont d'un usage général en Californie.

**IV. — Meules broyeuses de M. Fleury et de M. Jannot. —
Broyeur à charbon de la Grand'Combe.**

A côté des appareils précédents, nous avons à signaler quelques broyeurs qui sont réservés à des emplois plus spéciaux. Telles sont, en premier lieu, les meules broyeuses de M. J. FLEURY et de M. F. JANNOT.

Le moulin de M. Fleury est déjà ancien, il figurait à l'Exposition de Londres sous une forme peu différente de la disposition actuelle ; il y était exposé par M. Fauconnier, dont M. Fleury est le successeur.

Ce broyeur est employé dans plusieurs fonderies françaises pour la préparation du sable de moulage et la pulvérisation du charbon de mélange. Il broie et tamise 1^m⁵,90 de sable à l'heure. La fig. 1 de la pl. IV en présente une vue en élévation. La matière broyée est relevée par une roue ou turbine ramasseuse et tombe sur un tamis conique central animé de secousses verticales. La roue ramasseuse est représentée dans la fig. 2, dont l'examen suffit pour en faire saisir le jeu. Elle prend son mouvement sur la couronne fixe *e* garnie d'alluchons et tourne folle sur son axe. Ses écoppes *a* sont articulées et tenues par des ressorts fixés à l'intérieur ; des chaînes fixées au rochet *b* maintenu par le cliquet *c*, permettent de relever les écoppes, si l'on se passe de tamisage. La position des écoppes se règle à la main par les poignées *d*. La roue se termine du côté figuré par une surface conique concave ; des cloisons, figurées en pointillé, dirigent la matière broyée vers le déversoir conique *f* qui la répand à la partie supérieure du tamis. Des secousses régulières sont imprimées à ce dernier par un manchon à cammes *g*, tournant avec l'arbre vertical.

Les parois extérieures de l'auge sont garnies de deux

portes au niveau du fond. Ces portes servent à vider l'auge, lorsqu'elle contient un excès de matière non broyable, telle que les gouttes froides de fonte, les clous de mouleurs qui se trouvent fréquemment dans les vieux sables, ou lorsqu'on ne veut pas opérer de tamisage. Des palettes hh' râclant les bords interne et externe de l'auge, ramènent les matières à broyer dans le champ de la meule ; ces palettes pouvant tourner autour d'un axe, on peut les disposer dans le prolongement l'une de l'autre ; dans cette position, elles expulsent, par les portes latérales, la matière broyée sans tamisage. Un socle i précède la meule pour renouveler les surfaces. Un socle denté en forme de râteau, suit la meule pour détruire le tassement de la matière réduite en galette par le passage de la meule.

Ce socle écarte en même temps les morceaux trop gros qui pourraient détériorer la roue ramasseuse.

M. Fleury construit deux types de broyeurs différant l'un de l'autre par leurs dimensions : le prix du premier, que représente notre dessin, est de 1,500 fr., le prix du second type est de 1,800 fr.

Ces broyeurs servent pour diverses substances et sont employés dans les verreries, les fabriques de produits réfractaires, les raffineries, etc.

M. Fleury construit, en outre, des broyeurs à plâtre, qui n'en diffèrent que par l'adjonction d'un *chariot concasseur* roulant par des galets sur les bords interne et externe de l'auge ; on charge la matière sur ce chariot qui la prépare à subir l'action de la meule. Ces broyeurs, dont le prix varie de 1,800 à 650 fr., suivant les dimensions, broient jusque 100 mètres cubes de plâtre en 10 heures ; à l'aide d'un petit moulin à bras de ce genre, on broie deux mètres cubes de plâtre en 10 heures.

Ces appareils se montent sur une voûte ou un plancher que la matière tamisée traverse. On peut aussi les exhausser au-dessus du sol, au moyen d'une petite tour en maçonnerie munie de portes pour retirer la matière tamisée.

M. Fleury construit également des broyeurs dits à *lames* ou à *grille* ; le fond de l'auge est formé de lames de fer rayonnantes, entre lesquelles s'opère un tamisage grossier. L'un des moulins exposés par M. Jannot, de Triel (Seine-et-Oise), appartient à cette catégorie ; il permet de plus un tamisage très-parfait de la matière. Cet appareil est représenté fig. 3, la matière qui a traversé le fond de l'auge tombe sur un tamis conique *a*, dont les refus gagnent la plate-forme *b* ; ce qui passe tombe dans la trémie *c* ; une chaîne à godets *d* ramasse ces refus et les ramène dans l'auge. La construction de cette chaîne est intéressante : les écoppes se composent de deux godets superposés d'équerre, le premier ramasse les matières à la manière ordinaire. Au moment où ce godet, atteignant le haut de sa course, se renverse, la matière qu'il contient tombe sur le fond incliné du second godet, qui la dirige vers l'auge. L'un de ces godets est représenté, fig. 4, par deux projections et une vue isométrique.

Le tamis reçoit des vibrations par l'action du contre-poids *g* soulevé très-légèrement par le passage du taquet *h* fixé au bâti de la chaîne. Celle-ci reçoit son mouvement au moyen de la roue d'angle fixe *e*.

La matière à broyer est chargée dans le chariot *f* qui est traîné par une chaîne reliée à l'arbre de la meule. Ce chariot porte deux râteaux servant à nettoyer les parois de l'auge et à ramener la matière dans le champ de la meule. Ce chariot porte, en outre, une série de palettes horizontales rasant les lames qui garnissent le fond de l'auge. Ces palettes soulèvent et brisent la galette formée par le passage de la meule et font tomber la matière entre les lames. Celles-ci ont 0^m,06 à 0^m,15 d'épaisseur, suivant la dureté de la matière ; elles ont 0^m,02 à 0^m,03 de large avec 0^m,005 d'écartement ; la fig. 3 montre le mode d'assemblage de ces lames et des parois de l'auge. La meule est en fonte pleine, ce qui suffit pour le broyage du plâtre. S'il s'agissait de minerais ou de matières très-dures, on emploierait la construction ordinaire. La meule

peut se soulever en tournant autour du boulon i qui traverse l'extrémité de son axe. Cet axe porte à l'avant un levier dont la coupe est visible en l ; ce levier s'articule par un œillet elliptique donnant trois à quatre millimètres de jeu, avec une pièce de fer non représentée, qui se fixe en r et soutient ainsi la meule à l'avant. Ces dernières dispositions existent également dans l'appareil de M. Fleury. Le second moulin, exposé par M. Jannot, est un broyeur à fond plein et à tamis central, qui ne diffère de celui de M. Fleury que par l'application de la chaîne à godets et de l'appareil à vibration que nous venons de décrire.

Ces appareils servent principalement au broyage du plâtre et sont assez répandus aux environs de Paris et dans les exploitations, dont Triel forme le centre. Ces appareils font environ 40,000 kilog. de plâtre fin en 10 heures avec une vitesse de huit tours par minute. Le prix du premier est de 3,600 fr. rendu en gare à Triel. Le prix du second est, dans les mêmes conditions, de 2,600 fr.

Quant à leur introduction possible dans la préparation des minerais proprement dits, nous croyons que les réparations fréquentes que doit entraîner leur complication ne seraient pas compensées par l'économie de main-d'œuvre. Les tamis coniques ont l'inconvénient de présenter leurs mailles obliquement et de nécessiter, par suite, un plus grand diamètre de maille, ce qui nuit à la perfection du classement; ils s'usent rapidement et d'autant plus que la matière est plus dure, plus anguleuse et tombe de plus haut. Ces tamis, d'un bon usage pour le broyage du plâtre, résisteraient difficilement au broyage de la galène. Remarquons toutefois que la roue ramasseuse de M. Fleury présente l'avantage de déverser la matière sans choc au haut du tamis; celui-ci souffre donc moins que si la matière tombait de haut.

Ces appareils présentent encore l'inconvénient commun de ne porter qu'une meule et d'être, par suite, soumis à un effort latéral en vertu de la force centrifuge. La

transmission s'y fait par des roues d'angle ; l'on n'a pas craint de placer la roue dentée appartenant à l'axe, en dessous du pignon de commande; la meule peut, en effet, se soulever, comme nous l'avons vu, sans danger pour ces engrenages.

Nous ne quitterons pas ce sujet sans faire remarquer l'analogie que présentent les broyeurs à lame que nous venons de décrire avec les broyeurs à charbons, dont un dessin figurait dans l'album exposé par la Compagnie des mines de la Grand'Combe. Ce broyeur se compose d'un rouleau formé par un cylindre creux en fonte pesant, avec son arbre, 186 kilog. Ce rouleau est maintenu à 0^m,025 au-dessus d'une grille et est animé d'un mouvement alternatif au moyen d'une manivelle faisant 12 tours par minute. Des gamins jettent, par quantités d'environ 10 kilog., les charbons (*grélons*) débarrassés à la main des grosses pierres et du charbon pur dans une trémie qui aboutit à la grille. Le broyage s'opère entre celle-ci et le rouleau. Des râcloirs articulés à leur point d'attache, situés en avant et en arrière, suivent le mouvement du rouleau pour renouveler les surfaces. Le charbon est broyé après quelques passages et traverse la grille. Les pierres les plus dures résistent, et, en soulevant à propos les râclettes, on les rejette dans des couloirs à l'extrémité desquels des gamins trient les charbons entraînés.

Le rouleau repose simplement par son axe sur les glissières; il agit donc par son poids et se soulève librement pour une résistance supérieure. Le frottement des glissières se faisant entre fonte et bois dur, n'occasionne pas grande dépense, le bois étant facile à remplacer.

Un tel rouleau broie en 10 heures 60 tonnes de charbon dur.

Ce broyeur a, paraît-il, donné à la Grand'Combe des résultats supérieurs à tous les autres systèmes. Les moulins à noix ne résistaient pas à cause de la dureté des pyrites qui cassaient ou émoussaient les dents en peu

de jours. Les cylindres broyeurs serrés broyaient charbon et pierres et donnaient une poussière incommode ; munis de contre-poids, quand une pierre passait, les cylindres, en s'écartant, laissaient passer toute une tranche de charbon. Ce broyage était, par suite, très-imparfait et nécessitait un criblage subséquent.

V. Désintégrateur de M. Thomas Carr, de Bristol.

Le désintégrateur de M. THOMAS CARR, exposé dans le secteur anglais, est destiné par son auteur à réduire en fines grenailles toute espèce de matière, pourvu qu'elle ne soit pas fibreuse.

M. Thomas Carr raconte que l'idée de cet appareil lui est venue, en observant l'effet d'un vigoureux coup de canne appliqué sur un fragment de matière tombant en liberté dans l'air. Le désintégrateur ne fait, en effet, que reproduire ce procédé d'une manière continue.

La force centrifuge y étant substituée à la gravité, accroît la violence du choc et fait intervenir le principe de rotation, d'où résulte la continuité de l'appareil.

Celui-ci se compose de quatre cages rappelant, par leur construction, celles où l'on enferme les écureuils. Ces cages sont alternativement solidaires l'une de l'autre. La première et la troisième tournent avec une grande vitesse dans un sens. La seconde et la quatrième tournent en sens contraire avec la même vitesse angulaire. La fig. 5 de la pl. IV est destinée à faire saisir le principe de cette machine. Les flèches courbes se rapportent au mouvement des cages, les flèches rectilignes au mouvement de la matière. Celle-ci tombe librement dans la cage intérieure. La vitesse de l'appareil étant de 400 tours par minute et son diamètre total de 1^m,22,

la vitesse par seconde à la circonférence de la 1^{re} cage est d'environ 15^m.

Id.	2 ^e	id.	18
Id.	3 ^e	id.	21
Id.	4 ^e	id.	24

La matière est d'abord heurtée et entraînée par les barreaux de la première cage qu'elle abandonne avec une vitesse tangentielle de 15 mètres. Elle se porte avec cette vitesse à la rencontre des barreaux de la seconde cage. On peut considérer la vitesse relative d'où dépend l'effet du choc, comme sensiblement égale à la somme des vitesses de la matière et des barreaux, par suite de la faible inclinaison réciproque de leurs directions; cette vitesse est d'environ 33 mètres. La force vive anéantie par le choc peut être, de son côté, considérée comme proportionnelle au carré de cette vitesse relative, eu égard à la faible masse de la matière vis-à-vis de la masse de l'appareil. La force vive anéantie mesure, comme on sait, le travail de désintégration produit par le choc. En tenant compte de la même manière du rapport des masses, on voit qu'après le choc, la matière est animée de la vitesse tangentielle propre aux barreaux de la seconde cage qu'elle quittera, pour se porter à la rencontre de la troisième cage, et ainsi de suite.

La vitesse relative au moment du deuxième choc est de 39 mètres, et au moment du quatrième, elle est de 45 mètres, c'est-à-dire environ triple de ce qu'elle était lors du premier choc. Cet accroissement rapide compense la réduction de masse de la matière qui va se désagrégeant successivement dans cette série de chocs.

L'extension rapide que l'emploi de cet appareil, dont la puissance égale la simplicité, a prise en Angleterre, nous engage à entrer dans quelques détails relatifs à sa construction et à ses usages. La diversité de ceux-ci a obligé les constructeurs à créer des types différents appropriés aux divers emplois. Ces types se réduisent aujourd'hui à deux. Le type primitif, qui n'avait que 0^m,90 de diamètre, paraît céder aujourd'hui le pas, pour le broyage du charbon et du brai sec, du superphosphate, des os calcinés, du sucre, etc., à l'appareil de 1^m,22 de diamètre, représenté fig. 6, pl. IV.

L'une des doubles cages est fixée invariablement à un

axe plein par le disque *a* ; l'autre est fixée de la même manière à un axe creux embrassant le précédent. L'examen de la figure suffit pour comprendre l'enchevêtrement de ces cages. Les deux axes reçoivent des vitesses égales et de sens contraire, au moyen de deux courroies, dont l'une est croisée.

Un fort couteau *b*, fixé au bâti, pénètre à l'intérieur de la première cage, des barreaux de laquelle il n'est écarté que d'environ 0^m,025. Ce couteau a pour but de concasser les morceaux de matière volumineux qui resteraient sur les barreaux et tendraient à participer au mouvement de rotation. Cet appareil consomme 8 à 10 chevaux. Il est bon, d'ailleurs, d'avoir à sa disposition un excès de force dans le cas où l'on veut obtenir une grande vitesse, pour réduire une matière très-dure.

La vitesse dépend, en effet, de la dureté de la matière. Tandis que pour le broyage du superphosphate, il suffit de 400 tours par minute, on va jusqu'à 650 tours pour le brai sec ou les os calcinés.

Le désintégreteur prend son mouvement sur un arbre de transmission, auquel le mouvement est communiqué par courroie et non par engrenages.

L'appareil est ordinairement boulonné sur deux pierres de fondation ou simplement sur deux sommiers reliés à chaque extrémité par des madriers. Cette charpente est établie au niveau du sol parfaitement pilonné, ou mieux encore, remplacé par une couche de béton.

Il est indispensable d'entourer l'appareil d'une enveloppe destinée à retenir la matière dont les fragments, lancés avec une grande vitesse, pourraient occasionner des accidents. Cette enveloppe facilite également le chargement et la réception de la matière broyée.

Il faut, toutefois, éviter de lui donner assez peu de diamètre pour que la matière qui s'échappe de toutes les parties de la circonférence se coince entre l'enveloppe et les barreaux. Cette enveloppe doit pouvoir s'enlever facilement, pour que l'on puisse détruire à l'occa-

sion une obstruction. M. Carr conseille de laisser, entre l'appareil et l'enveloppe, un jeu de 0^m,375 et de doubler ou même de tripler ce jeu, si la matière est plastique.

Il est important que les tourillons soient toujours très-soigneusement graissés, de même que les buselures de l'arbre creux.

Quant au personnel, cinq ouvriers, en général, suffisent pour broyer 50,000 kilog. par jour ; deux servent au transport de la matière à broyer, un au chargement, deux au déchargement. En y appliquant un plus grand personnel et, notamment, deux chargeurs, la machine peut doubler sa production ordinaire.

Il faut éviter de charger de gros blocs ; l'énergie du choc étant proportionnelle à la masse, on pourrait détériorer ainsi les premières cages. Il serait préférable de faire subir à la matière un concassage préalable. Quant au nettoyage de l'appareil, il faut remarquer que les barreaux ne s'encrassent que sur la face opposée à celle qui donne le choc. Le moyen le plus simple d'en opérer le nettoyage est, par conséquent, de renverser le mouvement de l'appareil. On peut encore l'opérer en passant à la machine une matière douce et friable, telle que des os calcinés ou des coprolithes.

La plupart des observations que nous venons de faire relativement au premier type se rapportent à l'appareil de 1^m,90 de diamètre, représenté fig. 7. Cet appareil diffère du premier par le bâti. Une charpente en bois l'élève au-dessus du sol. Cette machine étant destinée à faire 600 révolutions par minute, M. Carr fait tourner en sens inverse les deux cages doubles au moyen de deux axes creux tournant sur un axe fixe. La machine est ainsi mieux équilibrée, l'usure est moindre : en effet, dans la disposition précédente, la vitesse relative de l'axe plein et de l'axe creux, mus en sens contraire, est double de celle des axes creux sur l'axe fixe. Le poids des cages se distribue de plus sur les quatre buselures des arbres creux, au lieu de ne porter que sur deux coussinets,

comme dans le système précédent. L'arbre de transmission devra se trouver au niveau ou en contre-bas de la machine, pour que les courroies ne gênent pas la manœuvre du chargement.

La situation du couteau fixe est diamétralement opposée dans le grand modèle à ce qu'elle est dans la disposition précédente. Le couteau est placé à la partie supérieure ; quand un morceau trop gros vient se reposer sur deux barreaux et entre en rotation avec eux, il vient se briser à la rencontre du couteau et les fragments tombant de haut, l'effet du premier choc est accru d'autant ; la matière ne peut ainsi s'accumuler contre le couteau. Celui-ci a 0^m,087 de large et 0^m,037 d'épaisseur et est muni d'un manche assez long pour recevoir une assise solide sur le plancher supérieur, auquel il est boulonné. On ne se dispense du couteau que pour les matières extrêmement dures. Les barreaux de la cage intérieure sont, dans ce cas, en acier.

On reçoit la matière dans des wagons ou directement sur des tamis à secousses. C'est là un avantage qui compense la nécessité d'élever la matière au moyen de chaînes à godets.

On a également monté des désintégrateurs du premier type sur des charpentes analogues, dans le but d'atténuer les inconvénients résultant d'une augmentation de vitesse.

On peut encore remplacer la charpente verticale par deux murailles écartées de 2^m,40 et supportant les extrémités des poutres qui reçoivent les paliers. Dans cette disposition, on peut se passer d'enveloppe ; la matière broyée est reçue au-dessous de la machine dans une trémie ; on ne conserve de l'enveloppe qu'un chapeau recouvrant la petite portion du désintégrateur qui dépasse le plancher de travail.

La force consommée par le grand modèle, pour concasser des matières très-dures, est double de la force employée au petit appareil ; la production peut également être doublée.

Ce modèle a été particulièrement employé, en Angleterre, dans de grandes fabriques de produits réfractaires.

En appliquant l'appareil de M. Carr, il faut se mettre en garde contre certaines critiques qu'on pourrait être tenté d'émettre dans les premiers jours de son emploi. Il arrive, en effet, généralement, qu'il commence par absorber trop de force, que l'on ait quelque peine à le maintenir régulièrement à sa vitesse et que ses coussinets s'échauffent plus qu'ils ne devraient. Ces inconvénients disparaissent aussitôt que les aspérités des coussinets et des tourillons se sont détruites par l'usure.

Les usages auxquels les désintérateurs ont été employés, sont extrêmement nombreux. Nous en avons déjà cité plusieurs. Il en existe aujourd'hui plus de 150 installés en Angleterre. Le continent n'en compte pas plus d'une dizaine, installés notamment en Allemagne; l'Amérique et les colonies anglaises, un nombre égal. Nous savons de bonne source que des sociétés françaises se proposent d'appliquer prochainement cet appareil au broyage du brai sec dans la fabrication des agglomérés, à l'imitation des usines de Swansea et de Cardiff.

M. Carr a proposé, en outre, d'appliquer son appareil à différents usages, qui diffèrent de son but primitif, tels que la formation des pâtes argileuses, pour laquelle il suffit d'injecter de l'eau en pluie fine dans l'appareil. Dans ce cas, il n'est pas possible de conserver l'enveloppe qui s'empâterait rapidement.

Il est préférable de la supprimer entièrement, en se contentant de dresser de chaque côté un mur de planches palissadé pour empêcher la dispersion de la matière.

Cet appareil convient, en outre, pour opérer toute espèce de mélanges, tels que celui de matières diversement colorées, dont le mélange doit avoir une teinte uniforme, celui des éléments constitutifs des mortiers et des ciments, etc. Il peut servir encore à diviser une matière liquide; on pourrait l'appliquer dans la fabrication du plomb de chasse. M. Carr va plus loin dans cette voie et propose

d'employer son appareil pour opérer le mélange de certaines matières avec l'air atmosphérique, tel serait le cas pour la transformation de la fonte en acier ou en fer, par un procédé de division analogue à celui que proposait, il y a peu d'années, M. de Rostaing; tel serait encore le cas de l'évaporation des liquides qui ne nécessiterait plus de chaudières. Il suffirait d'un ventilateur appelant de l'air chaud dans la capacité du désintégrateur, l'extrême division du liquide produirait une surface d'évaporation considérable. On obtiendrait le mouvement continu du liquide, en y faisant plonger en partie le désintégrateur; les matières solides contenues dans le liquide, se précipiteraient sur les parois de la chambre où serait enfermé l'appareil.

M. Carr propose également de s'en servir comme d'une baratte, pour fabriquer le beurre dans les grandes exploitations rurales. Ce ne sont sans doute encore là que des ballons d'essai lancés par l'auteur, mais ils font d'autant mieux concevoir le caractère d'originalité que porte à un haut degré le nouvel appareil; considéré simplement comme broyeur, c'est peut-être le seul de ceux aujourd'hui en usage, où la matière broyée, ne reposant sur aucune pièce fixe pour recevoir l'action d'une pièce mobile, n'engendre pas des résistances passives qui absorbent une grande partie de la force. La matière n'y est jamais en contact avec plus d'une pièce agissante et loin de se borner à un rôle passif, elle ajoute par sa force vive à la puissance de l'appareil. Le désintégrateur donne un produit différent de celui des meules. Ce produit est granuleux, tandis que celui des meules est une poudre impalpable. Ces deux appareils peuvent donc se compléter pour produire des effets de désagrégation différents et surtout pour opérer sur des matières différentes; l'emploi le plus spécial du désintégrateur de M. Carr est le broyage des matières plastiques ou devenant liquides par échauffement, telles que le brai et la glace; s'il s'agit de réduire de gros blocs en poudre impalpable, le désintégrateur rendra un service signalé au moulin en lui préparant la besogne,

c'est-à-dire en lui livrant la matière à l'état granuleux, sans lequel l'action des meules et surtout des meules horizontales est toujours défectueuse.

Mentionnons, en terminant, le prix de ces appareils. Le grand modèle coûte 3,500 fr. sans charpente, livré à Manchester, chez MM. Richmond et Chandler, constructeurs. Le petit modèle coûte 1,750 fr. sans l'enveloppe, 1,850 fr. avec enveloppe. Les droits de brevet s'élèvent à 250 fr. par an ou à 500 fr. payés en une fois, six mois après la mise en marche l'appareil.

VI. Broyeur centrifuge de M. Ad. Dejardin, construit par M. J. Marie, à Marchienne-au-Pont (Belgique). — Broyeur centrifuge de Sclessin.

Le broyeur de M. DEJARDIN, construit et exposé par M. MARIE dans l'annexe belge, est également basé sur l'application de la force centrifuge ; mais, contrairement à la plupart des appareils reposant sur cette application, il peut être réglé, non-seulement pour broyer toute espèce de matières, mais encore pour donner des grenailles de diverses grosseurs. Cet appareil est représenté fig. 1 et 2, pl. V.

Il rappelle, dans sa disposition générale, les anciens moulins à noix, mais la force centrifuge intervient pour ajouter son action puissante à la pression des surfaces coniques dentées *a* et *b*, de manière à réduire la matière en fragments, dont la grosseur est limitée par la largeur de la fente circulaire vers laquelle cette force les dirige. La force centrifuge est développée par la rotation plus ou moins rapide de la meule inférieure au sommet de laquelle la matière vient tomber après avoir été chargée dans la trémie *t*. La meule annulaire supérieure est fixe ; en vertu de l'inclinaison différente des deux surfaces coniques, la matière est forcée de traverser un espace qui va en se rétrécissant, jusqu'à ce qu'elle tombe par la fente circulaire *c* sur la plate-forme *d*. Une palette *e* fixée à la meule, pousse devant elle la matière broyée, jusqu'à ce qu'elle tombe dans le chenal d'évacuation *f*.

Les évidements du bâti permettent d'évacuer à la fois la matière par plusieurs chenaux semblables occupant des positions symétriques autour de l'axe.

Les résultats obtenus à l'aide de ce broyeur dépendent beaucoup des soins apportés à sa construction. C'est à M. Marie que revient l'honneur d'avoir créé la forme simple et pratique sous laquelle il se présente aujourd'hui. Divers détails de construction très-bien entendus contribuent à lui donner ce caractère de simplicité et à le rendre aussi facile à conduire qu'à installer.

Examinons quelques-uns de ces détails, et d'abord la construction des organes essentiels du broyage, des surfaces dentées : ces surfaces appartiennent à des pièces mobiles et faciles à remplacer. Ces pièces coulées en coquille sont boulonnées respectivement sur la meule p et sur le manteau q . Les dents peuvent elles-mêmes être mobiles ; elles sont alors en acier et assemblées à queue d'hironde sur ces pièces.

Une disposition très-simple permet de régler l'écartement des surfaces broyeuses et, par suite, le degré de division de la matière. Elle consiste, soit, comme dans le dessin, en une roue à main horizontale i commandant, par la chaîne anglaise k , le mouvement de l'écrou l et de la vis n , soit, comme dans l'appareil exposé, en une roue à main verticale commandant deux engrenages coniques, dont l'un est fixé directement sur l'écrou. Des fenêtres ménagées dans le bâti permettent de mesurer le degré d'écartement. Une autre disposition empêche le bris des organes principaux de la transmission de mouvement, lorsqu'une matière trop dure se présente au broyage. Elle est représentée fig. 2 dans la coupe de l'engrenage transmettant le mouvement à l'arbre vertical du broyeur. Cet engrenage m est relié par le boulon o au manchon r qui est calé sur l'axe : aussitôt qu'il se produit une trop grande résistance, le boulon est cisailé par les surfaces en acier des œillets qu'il traverse ; l'appareil s'arrête, sans qu'il en résulte de dommage. Le

boulon est remplacé en quelques instants. Le diamètre de celui-ci est ainsi la mesure du degré de résistance que l'appareil peut vaincre : pour le charbon, un boulon de 6 millimètres suffit, tandis que pour des matières dures, on emploiera un boulon de 13 millimètres.

Pour des matières tendres, la transmission de mouvement, au lieu de se faire par engrenages, se fera plus simplement par courroie.

L'arbre vertical est maintenu à sa partie supérieure par quatre coussinets à vis de pression, qui permettent de rétablir la verticalité de cet axe en cas d'usure. Pour éviter celle-ci, on a garanti les coussinets par des tôles s'emboîtant, de manière à ne permettre le passage des poussières dans aucune des positions de la meule inférieure. Ajoutons enfin que la stabilité de l'appareil est assurée par la pierre de fondation sur laquelle repose le bâti dont tous les organes de l'appareil sont solidaires.

Cet appareil s'est déjà répandu dans un assez grand nombre d'usines belges pour le broyage des charbons ou des produits réfractaires. M. Marie en construit deux types différant l'un de l'autre par le diamètre de la meule : dans le type 1, cette meule a 0^m,55 de diamètre ; dans le type 2, ce diamètre est porté à 0^m,80. Leurs prix sont respectivement de 2,000 et de 3,500 francs.

Notre planche représente le premier de ces types. D'après le constructeur, cet appareil broie par heure plus de 10 tonnes de charbon avec 2 chevaux de force, et par jour 15 à 30 tonnes de matières dures, telles que produits réfractaires, silex, pierres à plâtre, etc., avec 5 à 10 chevaux de force. On voit que les avantages de cet appareil sont nombreux ; il produit beaucoup en peu de temps, n'emploie pas une grande force motrice, demande peu d'entretien et occupe peu de place. Rappelons encore que les produits obtenus sont très-réguliers et ne doivent pas être tamisés, comme c'est le cas pour la plupart des broyeurs.

On a monté récemment à Sclessin, près de Liège, une

série de trois broyeurs dont la construction diffère peu de celle du broyeur précédent. La fig. 3 représente la disposition d'ensemble qui y a été adoptée : les axes des trois broyeurs et l'axe d'une machine verticale se projettent sur la ligne A B. Les trois broyeurs prennent leur mouvement sur un arbre vertical, au moyen de courroies situées à des niveaux différents, correspondant respectivement aux poulies C D E. La figure montre en F la voie d'arrivée du charbon à broyer, en G la chaîne à godets qui l'élève au niveau de la trémie du broyeur, en H la voie d'évitement où se charge le charbon broyé, et en K les voies conduisant aux fours à coke. Ces dispositions d'ensemble sont remarquables par le peu d'espace qu'elles occupent.

La surface dentée se compose de 6 segments juxtaposés boulonnés à la meule tournante. Les dents sont carrées et taillées en diamant.

Ces broyeurs donnent des résultats très-satisfaisants ; lorsqu'un fragment trop dur ou trop gros se présente au broyage, les courroies glissent et le broyage s'arrête.

Ces appareils font 135 tours par minute, et broient en poussière régulière 108,000 kilog. en 10 heures ; ce charbon lavé contient 10 p. 0/0 d'eau. On broie donc par heure, chiffre rond, 9,500 kilog. de charbon sec, chiffre très-voisin de celui qu'annoncent MM. Dejardin et Marie.

En donnant une vitesse plus grande, on peut forcer la production. Chez MM. Blondiaux, à Thy-le-Château, on atteint un rendement de 12 tonnes par heure, avec une vitesse inférieure à 200 tours.

Les changements des surfaces broyeuses occasionnent, dans cette maison, une dépense de 150 à 200 fr. par an. On estime que l'une des pièces est renouvelée dix fois, l'autre trois fois par an.

III. — CLASSEMENT DES GRENAILLES PAR VOLUMES

I. Appareils de MM. Huet et Geyler. — Trommels séparateurs et classificateurs. — Élévateurs à godets.

Le classement par volumes est la base de la séparation des grenailles par densités. Ce classement se fait aujourd'hui dans la plupart des ateliers à l'aide de trommels.

Les appareils exposés par MM. Huet et Geyler résument les principes admis aujourd'hui dans tous les ateliers où le progrès domine. Le premier de ces principes est la division des appareils *classeurs* en *séparateurs* et *classificateurs*. Les premiers reçoivent la totalité du minerai à classer, font deux ou trois divisions bien tranchées, mais ne donnent pas de produits qui puissent être directement livrés aux cribles ; ils ne font que séparer le gros du fin, et donnent quelquefois, en outre, une classe intermédiaire. Chacune de ces divisions est conduite dans un trommel classificateur, qui la subdivise en autant de catégories que l'exige la nature du minerai.

Il en résulte un grand avantage pour la construction. Les appareils séparateurs nécessitent seuls une membrure en harmonie avec l'énorme quantité de matière qu'ils reçoivent ; les appareils classificateurs pourront, au contraire, être construits légèrement et l'on pourra y apporter des perfectionnements peu compatibles avec la lourdeur des anciens appareils auxquels était confié le classement entier. La division du travail ne perfectionne pas moins le travail de l'outil que celui de l'ouvrier.

Rappelons qu'un des premiers ateliers où ce principe fut appliqué est celui de la *Nouvelle-Montagne*, à Engis, où M. Gillon faisait construire, en 1860, un trommel séparateur composé de trois tamis concentriques suivis chacun d'un trommel classificateur. L'emploi des tôles concentriques dans le trommel séparateur est dicté par un second principe non moins important : les classes d'égal volume doivent être fournies par les refus des

tôles perforées, et non par les matières qui traversent ces tôles.

Dans le premier cas, les grenailles passent successivement sur des tôles percées de trous de diamètres décroissants et de moins en moins épaisses, à mesure que la quantité de grenailles diminue. Dans le second, les diamètres et l'épaisseur allant en croissant, on sait qu'il en résulte une usure plus grande des tôles fines, un classement moins bon par suite de l'encombrement, et une production de schlamms plus considérable, par suite du frottement des fragments les uns sur les autres.

Il existe actuellement trois systèmes qui permettent d'opérer le classement par refus : 1° les trommels à tôles concentriques ; 2° les trommels étagés, comme au Hartz ou à Ems ; 3° les systèmes de M. Boudehen (1), employé avec succès aux mines de Pontpéan, et de MM. Huet et Geyler, systèmes qui ont pour caractère commun la succession des diverses tôles le long du même axe.

Le système des tôles concentriques ne peut convenir qu'aux trommels séparateurs, en raison de la complication que donnerait à l'appareil un nombre de tôles un peu considérable. Cette disposition rend déjà les réparations difficiles, quand il ne s'agit que de trois tôles ; que serait-ce pour un plus grand nombre ? Aussi, dans le pays rhénan, où cette disposition est générale, n'emploie-t-on guère plus de deux tôles concentriques assemblées entre elles et à l'axe, de manière à simplifier le démontage. Les croisillons sont, à cet effet, composés d'une boîte centrale en fonte où s'engagent des tiges de fer rond en guise de bras. Ces tiges, filetées à l'extrémité sur deux diamètres différents, reçoivent des écrous qui serrent entre eux les tôles ; le démontage est très-rapide, par suite de l'inégalité de ces diamètres.

Les trommels séparateurs de MM. Huet et Geyler pré-

(1) *Revue universelle*, t. XIII, p. 342. 1863.

sentent différentes dispositions suivant l'usage auxquels ils sont destinés. L'un d'eux est représenté dans l'ensemble pl. I. Il reçoit les matières qui ont passé entre les mâchoires d'une machine à casser. Ce qui traverse la tôle perforée t glisse sur la tôle pleine t' et est rejeté dans la fosse X par des orifices s ménagés dans le fond de droite du trommel. Les refus de la tôle t tombent sur la tôle t'' , qui forme l'enveloppe extérieure du trommel. Les matières fines achèvent de se tamiser, les gros reviennent vers la gauche du trommel et tombent en R dans les godets d'un élévateur qui les ramène à la machine à casser par la glissière G. Ce trommel séparateur, placé à la suite d'un broyeur auquel il ramène ses refus, est dit *à retour*.

Dans la fig. 2 de la pl. VII est représenté un autre trommel séparateur, également à trois tôles, qui joue mieux le rôle indiqué précédemment. Il reçoit les matières broyées par la trémie A et produit trois classes : les gros qui s'évacuent en C, les fins qui roulent sur la tôle B et tombent en D ; la classe intermédiaire, reçue en D', est conduite au trommel classificateur T par l'élévateur O (fig. 1).

La construction du trommel classificateur est facile à saisir par l'inspection des fig. 3, 4, 5 et 6. Les matières entrant en a descendent le long de la tôle conique t' ; le refus de cette tôle est évacué quatre fois par tour par les orifices s ménagés dans la couronne d , dont la planche exprime les détails en plan, coupe et élévation (fig. 5 et 6). Les matières qui traversent la tôle perforée tombent sur la tôle pleine t et glissent, en passant sous cette couronne, sur la tôle perforée t'' , placée dans le prolongement de la tôle pleine. L'arrosage extérieur étant impossible par la présence des tôles pleines, l'axe fixe est creux et reçoit un courant d'eau qu'il répand sur la tôle par les tuyaux r et r' , disposition également appliquée dans le trommel séparateur des fig. 1 et 2. On comprend aisément qu'il est facile de multiplier les tôles perforées,

de manière à obtenir un classement aussi développé qu'on le désire. Le trommel se terminera nécessairement par une simple tôle perforée.

La disposition des tôles perforées à la suite l'une de l'autre sur un même axe, présente des avantages incontestables sur celle des trommels étagés l'un au-dessus de l'autre, au point de vue de l'économie de la construction. Il ne nous reste donc qu'à comparer entre eux les systèmes de M. Boudehen et de MM. Huet et Geyler.

Ce dernier paraît moins compliqué que le précédent; les réparations sont plus faciles; le nettoyage ne nécessite pas l'arrêt de l'appareil, et la construction n'en est pas plus coûteuse, eu égard au grand diamètre qu'il faut donner au trommel Boudehen, pour permettre à un ouvrier d'y pénétrer pour les réparations ou le nettoyage. De plus, dans ce dernier, l'évacuation des refus de chaque tôle ne se faisant que par un orifice, il peut se produire un encombrement qui n'est pas possible dans le système de MM. Huet et Geyler, où l'on peut multiplier à volonté les orifices de sortie.

Nous ne quitterons pas ce sujet sans appeler l'attention sur les élévateurs à godet qui accompagnent les trommels de MM. Huet et Geyler. Un de ces appareils, pl. VII, sert à élever une classe intermédiaire de grenailles du trommel séparateur au trommel classificateur. Les détails en sont mieux visibles dans l'appareil transportant les refus du trommel séparateur à retour à la machine à casser de la pl. I. Les godets de construction spéciale, et formant une chaîne sans fin, se remplissent en venant s'appliquer sous les orifices de dégorgeement ménagés dans la couronne R visible en coupe fig. 1. Cette couronne présente à l'extérieur des croissants K, dans lesquels viennent se placer les boulons qui relient entre eux les différents godets de l'élévateur.

Les godets se vident à la partie supérieure à travers les orifices ménagés dans une couronne R' en tout semblable à R. Dans la pl. VII, cette couronne est adaptée à la tête

du trommel classificateur, de la même manière que la première l'était à l'issue du trommel séparateur. Nous remarquerons que ces élévateurs servent en même temps à transmettre le mouvement entre les couronnes ou les trommels qu'ils relient l'un à l'autre. Outre l'avantage de fonctionner sans main-d'œuvre, ces élévateurs sont moins encombrants que les chaînes à godets, qui ne peuvent se disposer verticalement et qui doivent souvent recevoir des vitesses incompatibles avec celles des appareils qu'elles desservent. La construction des élévateurs les expose moins à l'usure et en rend l'entretien peu coûteux. Les arrêts sont, en outre, beaucoup moins fréquents.

Les élévateurs de MM. Huet et Geyler permettent de faire un pas de plus dans l'introduction de la continuité des opérations dans les ateliers situés sur un sol de niveau, en permettant de transporter des matières verticalement, sans main-d'œuvre, ni déchet.

II. Appareils tamisiers.

A côté des appareils classeurs, nous avons à examiner une disposition exposée dans le secteur anglais pour tamiser les minerais, c'est-à-dire pour séparer la poussière des grenailles. Le modèle exposé est dû à M. CHARLES TURNER, de Southampton, et se trouve représenté pl. VI, fig. 1 et 2. Il permet de tamiser rapidement des minerais broyés fin, sans craindre l'obstruction des trous du tamis. Il ne s'applique qu'aux minerais secs. Ces minerais sont chargés dans la trémie A et tombent, en suivant l'axe C, au fond de la calotte sphérique B. Trois balais courbes D sont animés d'un mouvement de rotation et maintiennent toujours libres les trous du tamis; ces balais sont composés de soies raides; on pourrait également se servir de peignes d'acier, si l'on n'avait à craindre l'usure. La rotation des brosses étant rapide, les fragments de minerai, qui ne traversent pas le tamis, sont entraînés devant les balais,

remontent le long de ses parois, en vertu de la force centrifuge et viennent tomber dans l'espace annulaire E, d'où ils sont enlevés et rejetés dans l'espace annulaire GG par les râcloirs F qui se meuvent en sens inverse des balais. La matière fine est dirigée vers une case centrale H.

Le tamis est double ; on peut faire mouvoir l'une de ses parties sur l'autre au moyen d'un écrou, de manière à fermer entièrement ou à n'ouvrir que partiellement les trous. On peut ainsi tamiser du minerai plus ou moins fin à l'aide du même appareil. En fermant entièrement les trous, l'appareil peut servir à opérer des mélanges de différentes matières que le même appareil peut servir ensuite à séparer par tamisage. Tel serait le cas pour le mélange de poudre et de verre pulvérisé connu sous le nom de poudre inexplorable de Gale (1).

Les essais n'ont été faits jusqu'à présent que sur un modèle manœuvré à la main, comme le montre notre figure. Il est regrettable que de tels essais permettent difficilement de se prononcer sur la valeur pratique de l'appareil proposé par M. Charles Turner.

Le tamisage, toutefois, peut être une opération avantageuse pour les charbons, comme le prouve un essai remarquable exécuté aux houillères de l'*Espérance*, à Seraing. L'appareil employé est dû à M. Ch. Demanet, ingénieur de cette société. Comme il présente de grandes analogies avec l'appareil de M. Turner, nous nous permettons d'en donner un croquis fig. 3, pl. VI. Dans cet appareil, le charbon déversé sur le tamis A, construit en tôle perforée de trous de 3 millimètres, est tamisé par suite de la rotation de ce tamis autour de l'axe *e*. La force centrifuge a pour effet de faire monter la matière le long des parois du tamis et de projeter par-dessus les bords les fragments qui ne peuvent passer à travers les trous. Ces fragments sont reçus sur un plan incliné D, fermé par un

(1) *Revue universelle*, t. XX, p. 514. 1846.

registre et les matières fines passent dans la cuve B, dont le fond est également muni d'un registre.

L'essai fait à l'*Espérance* est très-concluant. Les poussières ténues, qui échappent au lavage du charbon, sont généralement recueillies dans des labyrinthes; mais ceux-ci ne reçoivent qu'un dépôt de parties lourdes, contenant beaucoup de cendres, tandis que les parties légères, composées de charbon presque pur, sont entraînées.

Il y a deux manières d'obvier à ces difficultés : l'une qui consiste à perfectionner le lavage des boues. Nous nous en occuperons dans l'article que nous nous proposons de consacrer au lavage des charbons; l'autre est celle que M. Demanet a adoptée et qui consiste à priver le menu charbon des poussières qui l'accompagnent, avant le lavage. De plus, le lavage du menu sans poussières est plus facile et donne moins de déchet. Les appareils Bérard, montés à l'*Espérance*, produisent, depuis l'emploi du tamiseur Demanet, 90 à 100 tonnes de charbon lavé par 24 heures, au lieu des 50 à 60 tonnes qu'ils donnaient précédemment. L'appareil peut tamiser 20 tonnes en une heure, en faisant 80 révolutions par minute. L'appareil de l'*Espérance* marche depuis un an et demi sans avoir nécessité la moindre réparation. Un des grands avantages qu'il présente est de pouvoir tamiser des produits humides.

La forme de la courbure du tamis n'est pas indifférente. Cette forme doit être telle que le tamisage soit bien régulier et que le charbon ne soit pas projeté violemment au sortir de l'appareil.

Si l'on s'impose comme condition, que la vitesse soit constante suivant la courbe directrice de la surface de révolution choisie pour le tamis, condition la plus favorable pour obtenir un tamisage régulier, on trouve, en faisant abstraction du frottement, que cette courbe est une parabole rapportée à son sommet et donnée par l'équation :

$$\omega^2 x^2 - 2gy = 0.$$

ω désigne dans cette expression la vitesse angulaire. Mais il est impossible que la matière conserve cette vitesse constante ; car, déposée sans vitesse au fond de l'appareil, elle ne peut s'élever sans accélération le long de cette courbe. Elle ne se mettra en mouvement que si l'on fait tourner la courbe à une vitesse supérieure à ω . On jugera par expérience de l'excès de vitesse qu'il faudra donner à l'appareil pour que le tamisage soit suffisant et pour que la matière sorte du tamis sans être projetée avec force contre les tôles de garde.

Il serait plus convenable de tenir compte du frottement dans la construction de la courbe. On peut le faire aisément par la considération suivante. Pour que la vitesse soit constante le long de la courbe, il faut que l'accélération tangentielle soit exactement équilibrée par le frottement. Dans ce cas, on démontrera facilement que l'angle θ que la résultante du poids et de la force centrifuge fait avec la normale à la courbe, est égal à l'angle du frottement. En désignant par α l'angle que la résultante fait avec l'axe des x et par α' l'angle que fait la normale avec le même axe, on a :

$$\theta = \alpha - \alpha',$$

d'où l'on tire :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\omega^2 x - fg}{f\omega^2 x + g},$$

expression dans laquelle :

$$f = tg \theta.$$

On obtient, pour l'équation de la courbe, en intégrant :

$$y = \frac{x}{f} - \frac{g(1+f^2)}{f^2\omega^2} \log. \left(1 + \frac{f\omega^2}{g} x \right).$$

Dans l'appareil de l'*Espérance*, on n'a eu égard à aucune des considérations relatives au tamisage régulier de la matière ; aussi voit-on la matière s'élever difficilement d'abord le long des parois, pour acquérir une vitesse qui

la projette violemment par-dessus les bords. Nous croyons qu'en construisant un nouvel appareil d'après les données ci-dessus, on arriverait à une production plus grande et à un tamisage plus parfait.

Nous avons construit la courbe représentée dans le croquis, fig. 3, d'après l'équation ci-dessus.

IV. — CLASSEMENT DES GRENAILLES PAR DENSITÉS.

I. — **Mouvement du piston dans les cribles. — Emploi des coulisses différentielles.**

Le crible à piston latéral est aujourd'hui l'appareil de setzage le plus généralement employé, et les efforts des constructeurs ne tendent plus qu'à le faire entrer dans la classe de plus en plus nombreuse des appareils continus. Nous examinerons, dans cet article, quelques dispositions de cribles continus, que la pratique a sanctionnées dans des établissements représentés à l'Exposition. Nous aurons encore à nous occuper des appareils de M. de Rittinger, exposés par l'administration impériale-royale des mines de Przibram, en Bohême.

Nous nous proposons également d'attirer l'attention du lecteur sur un fait nouveau, qui est peut-être destiné à opérer une révolution dans la préparation mécanique. Le projet de l'atelier central de la vallée de Clausthal, au Hartz, dont les plans étaient exposés par l'administration, nous offrira l'occasion de constater ce fait, qui se résume par l'introduction, dans la préparation allemande, du principe des cribles anglais et qui aura pour effet de restreindre le travail dispendieux des laveries. Nous terminerons cet article par quelques détails sur les laveries et sur les minerais de zinc de la Sardaigne.

Avant d'aller plus loin, nous attirerons l'attention du lecteur sur l'emploi, devenu aujourd'hui presque général, des manivelles à coulisses, pour donner le mou-

vement au piston des cribles. On sait que ce mouvement doit être rapide à la descente et lent à l'ascension, de manière à ce que l'eau vienne frapper vivement le minerai et se retire sans influencer sur la chute des grenailles. Les cammes employées dans les premiers cribles mécaniques, pour obtenir ce mouvement, sont loin d'être à l'abri de tout reproche. Elles donnent lieu à des chocs, à des réparations fréquentes et sont loin de régler le mouvement du piston aussi sûrement que les manivelles à coulisses.

L'application de la coulisse différentielle de Fairbairn aux cribles de setzage, remonte à l'année 1861, époque à laquelle M. l'ingénieur Kley l'introduisait dans les ateliers de préparation de la Vieille-Montagne, à Moresnet. Depuis cette époque, la plupart des constructeurs se sont emparés de cette idée et ont perfectionné le système primitif.

La coulisse de Fairbairn se trouve appliquée sans modification dans le crible continu du Bleyberg (pl. VIII, fig. 3 et 4). L'arbre E reçoit le mouvement au moyen d'une courroie. Sur cet arbre est calée une manivelle à course variable, dont le bouton se meut au moyen d'un sabot dans la coulisse fixée à l'extrémité de l'arbre E'. Cet arbre commande le mouvement du piston au moyen d'une petite manivelle *h*.

L'inspection de la figure suffit pour se rendre compte des variations de vitesse de l'arbre E', suivant la longueur du bras de levier formé par le point d'attaque de la manivelle de l'arbre E. La longueur de cette manivelle et le nombre de tours de cet arbre sont les éléments que l'on peut faire varier pour régler la vitesse maximum de la descente du piston, suivant la grosseur des grenailles.

Un diagramme représenté par la courbe pointillée de la fig. 6, permet de juger à chaque instant des variations de vitesse. Les abscisses de cette courbe représentent les temps, et les ordonnées les chemins correspondants parcourus par le piston. Les éléments de ce diagramme sont

relevés sur l'épure des circonstances du mouvement à chaque tour de circonférence (fig. 7).

La coulisse de Fairbairn permet de remplacer par un piston plein les pistons flotteurs des anciens cribles mécaniques. Ces pistons, formés de boîtes en tôle, font eau par les joints et changent, par suite, de poids, ce qui occasionne un travail irrégulier. M. Kley attribue, en outre, à l'emploi de la coulisse une économie de force motrice et une augmentation de travail.

L'emploi des coulisses donne lieu toutefois à des frottements et à une usure assez considérable; aussi a-t-on cherché à réaliser les mêmes avantages par des combinaisons de bielles et de leviers. La figure 8 représente, par ses axes, la disposition employée aux ateliers de *Pfingstwiese*, près d'Ems; *e* et *e'* sont les deux axes fixes de rotation. Le diagramme donné par ce mouvement diffère peu du précédent.

M. A. Detombay a appliqué une disposition analogue à ses lavoirs à charbon. Cette disposition, représentée fig. 9, présente, de plus, l'avantage de perfectionner le mouvement obtenu par la coulisse de Fairbairn, en marquant un temps d'arrêt très-sensible entre les deux périodes de ce mouvement. La descente du piston se fait pendant $\frac{5}{16}$ de la course; un temps d'arrêt se fait sentir pendant $\frac{5}{16}$ et l'ascension occupe les $\frac{8}{16}$ restants.

MM. Huet et Geyler ont résolu le même problème, en calant sous un angle convenable la coulisse différentielle. Ils arrivent ainsi au même résultat que M. Detombay. L'arc de cercle décrit par l'extrémité de la manivelle du piston est placé de telle sorte que cette manivelle fasse au milieu de la course, avec la tige du piston, un angle obtus, au lieu de faire un angle droit, comme dans la coulisse de Fairbairn. Le diagramme des espaces parcourus est alors tel que l'indique la courbe pleine de la figure 6, dont les éléments ont été relevés sur la figure 10, indiquant les circonstances du mouvement dans la disposition adoptée par MM. Huet et Geyler; on voit que les

périodes s'y succèdent dans les mêmes relations de temps que par la disposition précédente. Cette disposition était appliquée aux cribles continus dus à ces auteurs et figurant à l'Exposition.

II. — Cribles continus.

Cribles exposés par MM. Huet et Geyler. — Cribles à siphon de Silberau (Ems). — Cribles continus de Moresnet. — Crible continu du Bleyberg.

MM. Huet et Geyler ont exposé divers types de cribles en fonte, plus remarquables par leur construction que par leur nouveauté. Le crible continu ne paraît pas, à leur point de vue, devoir dépasser le rôle d'un outil purement dégrossisseur, éliminant une grande partie du stérile et fournissant ainsi à un crible finisseur non continu, des quantités de matières notablement réduites. Nous ne croyons pas qu'il soit possible de se prononcer sur le rôle des cribles continus d'une manière aussi catégorique. Ces cribles se sont perfectionnés entre les mains mêmes de MM. Huet et Geyler, de manière à pouvoir aspirer, dans certains cas, au rôle de finisseur, et nous en citerons plusieurs exemples. Les types adoptés par MM. Huet et Geyler sont, en partie, ceux que les ateliers de Sievers et C^{ie}, à Kalk, ont répandus à profusion dans l'Allemagne entière. Nous ne nous arrêterons aux cribles non continus que pour signaler leurs principaux caractères. Leurs tamis sont rectangulaires, tandis que ceux des cribles continus sont carrés. Le piston est mu par la manivelle à coulisse que nous avons décrite, sauf au crible finisseur de fin, dont le piston est mu par une came et un ressort, de manière à multiplier le nombre des secousses. La différence principale des cribles de MM. Huet et Geyler et de ceux de MM. Sievers et C^{ie}, est l'emploi de la fonte substitué à celui des tôles rivées, dans la construction de la caisse du crible.

Le tamis du crible continu dégrossisseur, ou *crible à*

soupage, est entouré d'une rigole dans laquelle s'épanchent les stériles à chaque coup de piston par les quatre angles. Cette rigole s'incline de toutes parts vers un chenal d'évacuation. Les matières enrichies sortent par un tuyau central, fermé par un obturateur conique pendant le travail. Ce crible ne présente pas, comme on le voit, une continuité parfaite. L'évacuation des riches ne se fait pas sans inconvénient à travers un tuyau central ; par cette disposition, les riches ne peuvent se séparer des stériles, suivant des plans horizontaux, car la levée de l'obturateur détermine toujours, dans la masse, la formation d'entonnoirs et le mélange de couches de densités différentes. Le tuyau central qui traverse la caisse du crible, nuit, de plus, à la régularité de l'action du courant ascensionnel sur le tamis.

Pour remédier, en partie, à ces inconvénients, on a fait aux cribles continus de Silberau, près d'Ems (1), une modification aussi intéressante que hardie (fig. 5 et 6, pl. X). On a remplacé le tuyau central par un syphon, dont le diamètre est en rapport avec la grosseur des grenailles à évacuer. Au moment d'évacuer le minerai riche, un robinet *a* permet d'amorcer ce syphon, l'ouverture d'un second robinet *b* détermine le dégorgeement des matières riches. On nous a assuré, à Ems, que cette disposition fonctionne très-régulièrement et sans produire d'obstruction.

Revenons à l'exposition de MM. Huet et Geyler : nous avons à y mentionner un second système de crible continu, dit *crible à râçlette*, destiné à pousser l'enrichissement plus loin que ne le fait le premier. Les éléments de ce crible sont empruntés au lavoir à charbon de M. A. Detombay, que nous avons déjà eu l'occasion de citer. La principale différence consiste dans l'emploi d'une coulisse différentielle du système indiqué plus haut, au lieu du système de leviers imaginé par M. Detombay.

(1) *Revue universelle*, t. XX, p. 28, 1866.

Ce crible est représenté fig. 1 et 2, pl. VIII. Il est entièrement en fonte et pourvu d'un robinet à eau A, d'une soupape de vidange B, et d'un trou d'homme E destiné à faciliter le nettoyage de l'appareil.

Le piston est creux et en fonte, il se relie par une bielle à l'écrou I, qui permet de varier sa course selon la nature de la matière soumise au setzage. Il est guidé bien verticalement par des saillies venues de fonte aux parois.

La râclette P sert à expulser, à chaque coup de piston, le minerai stérile. Le mouvement de cet organe est assez compliqué; il se produit au moyen de l'excentrique M, calé sur l'arbre F de la manivelle. Cet excentrique donne un mouvement circulaire alternatif à l'axe N qui entraîne la râclette, par l'intermédiaire des leviers O. La figure montre la râclette en son point le plus bas : elle remonte à partir de là, guidée par des galets le long des directrices Q venues de fonte, et soulève en passant la pièce S articulée en T. Elle attire ainsi du stérile sur le plan incliné Z. Reprenant alors sa course en sens inverse, elle remonte le long de la pièce S et vient retomber à sa position première, après avoir franchi l'articulation T, sans avoir dérangé les couches de minerai qui se déposent pendant ce temps sur le crible.

Quant à l'expulsion des matières riches, elle se fait sur toute la largeur du tamis par la vanne V, qui peut s'ouvrir plus ou moins, en manœuvrant un levier. Ces matières tombent de là dans le récipient Y, d'où on les extrait par la vanne V'.

L'emploi de la râclette est intimement lié à celui du mouvement différentiel de MM. Huet et Geyler. Nous avons vu que ce mouvement donne lieu à un temps d'arrêt au moment où le piston atteint le bas de sa course. Ce temps d'arrêt est très-favorable au dépôt des matières par ordre de densités, puisque aucune circonstance étrangère n'en vient troubler le dépôt pendant qu'il se fait sentir.

Dans tous les autres systèmes de cribles continus, l'expulsion des stériles se fait par l'écoulement de ces matières par-dessus bord au moment où le piston atteint le bas de sa course, instant où le classement par densités est tout au plus ébauché ; la râclette expulse les matières stériles, sans présenter les mêmes inconvénients. Elle commence à agir au moment où le piston est revenu au haut de sa course ; elle écrème ainsi les matières pauvres qui ont gagné les couches supérieures dans l'excursion précédente ; pendant que le piston redescend, la râclette achève sa course ; mais cette descente ne peut avoir d'action sur les matières pauvres qu'elle entraîne, car la râclette sert d'obturateur entre celles-ci et les grenailles que le courant soulève sur le crible.

La pl. VII, fig. 1 et 2, représente un ensemble de quatre cribles à râclette avec trommels séparateur et classificateur, exposé par MM. Huet et Geyler. Le trommel classificateur livre chacune de ses classes, à mesure qu'elle se produit, au tamis des cribles, à l'aide des trémies E, E', E'', E'''. Le travail des quatre pistons est équilibré, de manière que deux d'entre eux remontent, quand les deux autres descendent.

La poulie F transmet le mouvement aux pistons et par le pignon G au trommel classificateur. La chaîne à godet O transmet ce mouvement du trommel classificateur au trommel séparateur.

Les vannes H H servent à régler l'introduction de l'eau dans les trommels et dans les cribles. Les leviers I permettent de régler l'ouverture de sortie des matières riches ; celles-ci tombent dans les poches J, d'où on les extrait par les soupapes K. Les soupapes L servent à vider les caisses. Les matières pauvres sortent par les plans inclinés M.

Cet appareil est appelé, croyons-nous, à rendre des services réels dans certains travaux de recherches. Il constitue un ensemble réunissant, sous le moindre volume, toutes les exigences des travaux préparatoires,

trommels et cribles. La facilité qu'il offre au transport, le fera apprécier pour des recherches poursuivies dans des pays où les constructeurs sont à peu près défaut et où l'éducation de la main-d'œuvre est peu avancée.

Le crible à râclette ne fait cependant que deux classes, c'est-à-dire qu'il ne finira le classement que dans le cas très-spécial du traitement d'un minerai de composition binaire. Un tel cas se rencontre dans la préparation mécanique de Moresnet, dont une série de produits, remarquables par la perfection du classement, se trouvaient exposés dans la collection des produits minéraux de la Belgique. Le minerai provient du célèbre gîte de Moresnet, le berceau de l'industrie du zinc, et des anciennes haies, qui sont le seul témoin restant des premiers essais de traitement de ce métal. Leur mélange est composé uniquement de calamine et de gangues diverses : dolomie, silix, schistes, argiles *bolaires* très-zincifères et donnant une scorie fusible avec la pâte des creusets, résidus et scories des anciens.

Les trommels classificateurs donnent diverses classes de grenailles : on réserve aux cribles continus les grenailles d'un diamètre compris entre 7 et 18 millimètres ; les grenailles de diamètre inférieur, jusque 1 1/2 millim., ou supérieur, jusque 35 millim., sont traitées au crible ordinaire de M. Kley. Le crible continu de Moresnet expulse le stérile par-dessus bord et la matière finie par une fente pratiquée à l'avant, comme dans le crible à râclette de MM. Huet et Geyley ; deux registres marchant en sens contraire permettent de fermer ou d'ouvrir cette fente, au moyen d'une vis à filets différentiels. Le minerai fini tombe dans une auge, d'où il est extrait par une chaîne à godets.

Ce crible est remarquable, non-seulement par la netteté de ses produits, mais encore par la quantité considérable de matières qu'il permet de traiter. On y passe 15,000 kilog. en 10 heures contre 4,000 seulement au crible ordinaire.

L'élimination de la matière riche est la plus grande difficulté dans le crible continu ; nous avons vu jusqu'ici trois systèmes destinés à l'obtenir : 1° le tuyau central ; 2° le syphon ; 3° l'ouverture longitudinale de la paroi antérieure du tamis. C'est à ce dernier système que nous donnons la préférence, parce que c'est celui qui dérange le moins l'état de dépôt des matières sur le tamis.

Une brochure distribuée dans le palais du Champ-de-Mars par la Société du Bleyberg-ès-Montzen (Belgique), à propos de sa remarquable exposition de minerais et de produits finis, signalait, parmi les appareils employés dans ses vastes ateliers de préparation mécanique, au point de vue de l'économie et de la perfection du travail :

« 1° Des cribles automatiques et continus, dont le type a été créé à l'usine même ;

« 2° Des tables à secousses continues, d'origine hongroise, dont la Société du Bleyberg a fait, en Belgique, la première application. »

Nous reviendrons plus tard sur ce second appareil, dont un modèle figurait dans l'exposition de Schemnitz. Le premier mérite que nous nous y arrêtons ; ce crible est, en effet, trop peu connu ; une expérience de six ans permet, cependant, de prononcer sur son mérite.

Tandis que les cribles continus examinés jusqu'ici ne peuvent prétendre au rôle d'appareil finisseur que dans le cas d'un minerai binaire, comme dans l'exemple cité, le crible du Bleyberg s'adresse à un minerai complexe et donne des produits qui passent directement à la fonderie. Ce minerai se compose de galène argentifère et de blende, avec un peu de pyrite de fer et de cuivre, et de gangues très-diverses (grès, psammite, quartz, calcaire, argiles, schiste, etc.). Cette composition est, toutefois, loin de présenter, à la préparation mécanique, un problème aussi difficile à résoudre que celui de certains mélanges intimes de sulfure, pour lesquels on peut douter encore de l'application avantageuse du crible continu.

Ce crible est représenté par deux coupes orthogonales, fig. 3 et 4, pl. VIII.

La matière, chargée dans la trémie A, s'écoule sur le tamis C, en passant sous la vanne B, qui règle la quantité de matière admise. Elle chemine jusqu'à la partie antérieure du crible, en se classant par densités. Il s'ensuit que, plus le classement est difficile, plus le trajet sera long et plus la couche admise sera mince. A l'avant du crible, le minerai trouve trois issues :

1° Le tuyau D par où sort la galène ;

2° La tôle E, sur laquelle sortent des produits intermédiaires à repasser ;

3° La tôle G, sur laquelle sont évacués les produits stériles.

La hauteur de la couche que l'on recueille, comme produit fini, se règle au moyen de la vanne F, représentée en plan, fig. 5. Le tuyau de sortie étant toujours ouvert, il s'établit un courant qui dirige la galène vers ce tuyau.

La marche de ce crible, où la matière chemine en se classant, ôte en partie à cette disposition les inconvénients que nous avons signalés dans le crible à soupape; nous préférierions toutefois obtenir l'expulsion du produit fini, au moyen d'un troisième déversoir placé en dessous des tôles E et G.

La dépense d'eau étant très-forte, chaque crible est muni d'une pompe alimentaire.

La caisse du crible est en fonte, le piston en bois. Les dimensions du crible sont égales à celles du piston, c'est-à-dire de 0^m,50 sur 0^m,75.

Les résultats obtenus à cet appareil, pour les menus classés après débouillage, de grosseurs comprises entre 0^m,003 et 0^m,015, sont des plus remarquables.

Pour les grosseurs inférieures à 0^m,003, la séparation manque de netteté; les essais faits sur des grosseurs supérieures à 0^m,015 ont donné des stériles trop zincifères et ont nécessité une consommation d'eau très-considé-

nable ; on passait, en revanche, une quantité de minerai plus grande, dans les mêmes conditions de traitement que celles des grenailles de 0^m,014 et 0^m,015. On passait jusque 40 mètres cubes par journée de dix heures (1).

Ces essais ont décidé du maintien des anciens cribles pour certaines catégories.

Les grenailles venant des broyeurs sont un mélange plus ou moins intime de galène, de blende et de gangues. Pour ces matières, le crible continu donne des résultats moins satisfaisants, et son produit n'est entièrement fini qu'au prix de pertes considérables. Aussi, n'emploie-t-on, pour elles, le crible continu qu'à titre de dégrossisseur. On y passe les grenailles venant des broyeurs, comprises entre 0^m,004 et 0^m,009. Ce traitement élimine une grande quantité de stériles. On obtient, en outre, un produit intermédiaire, mélange de galène et blende que l'on passe au broyeur de fin, et un produit riche, mélange de morceaux de blende et de morceaux de galène, qui est passé aux cribles ordinaires. Ce travail dégrossisseur économise donc la main-d'œuvre qui résulterait du broyage et du criblage d'une grande quantité de stériles.

Le tableau suivant résume toutes les données et toutes les circonstances du travail des cribles continus au Bleyberg.

Ce tableau permet une comparaison très-instructive entre les éléments de la marche de ces cribles, employés alternativement comme finisseurs ou comme dégrossisseurs. Il résume des essais poursuivis pendant six ans au Bleyberg et mérite une attention d'autant plus grande qu'il nous vient d'un établissement qui a toujours su se tenir à la tête du progrès industriel, en Belgique.

Un second tableau résume les données acquises par un essai comparatif sur le travail des cribles continus

(1) Le poids du mètre cube de minerai brut est de 1,900 kilog. Celui du mètre cube de grenailles de galène est de 4,100 kilog.

RÉSULTATS d'expériences faites sur le crible continu du Bleyberg.

	TRAITEMENT DES MINERAIS DÉBOURBÉS.						TRAITEMENT DES MINERAIS BROYÉS.	
	Crible finisseur.						Crible dégrossisseur.	
Dimensions des grenailles.	0 ^m ,003 et 0 ^m ,004	0 ^m ,003	0 ^m ,006 et 0 ^m ,007	0 ^m ,008 et 0 ^m ,009	0 ^m ,010, 0,011 0,012 et 0,013	0 ^m ,014 et 0 ^m ,015	0 ^m ,004, 0,005 0,006 et 0,007	0 ^m ,008 et 0 ^m ,009
Diamètre des mailles du tamis . . .	0,002	0,002	0,004	0,004	0 ^m ,006	0,008	0 ^m ,003	0,003
Amplitude des secousses	0,043	0,043	0,005	0,005	0,006	0,008	0,043	0,043
Nombre de secousses par minute . .	60	60	70	70	60	60	70	70
Quant. d'eau dépensée en 10 heures	607 ^m 5,500	607 ^m 5,500	787 ^m 5,730	787 ^m 5,730	810 ^m 5	810 ^m 5	708 ^m 5,750	708 ^m 5,750
Minerai traité en 10 heures. {	13 ^m 5	17 ^m 5	20 ^m 5	23 ^m 5	28 ^m 5	32 ^m 5	13 ^m 5	13 ^m 5
{ Teneur. { Pb . . .	22 %	22 %	20 %	20 %	17 %	17 %	5,5 %	5,5 %
{ Teneur. { Zn . . .	17,6 %	17,6 %	17 %	17 %	18 %	18 %	10,6 %	10,6 %
{ Quantité . . .	1 ^m 3,35	1 ^m 3,33	1 ^m 3,41	1 ^m 3,3	2 ^m 3,45	2 ^m 3,8	0 ^m 3,34	0 ^m 3,39
{ Galène. { Teneur. . . .	81 à 82 %	81 à 82 %	80 à 81 %	80 à 81 %	74 à 75 %	73 %	{ 30 % Pb { 18 % Zn	{ 30 % Pb { 18 % Zn
{ Stériles. { Quantité . . .	9 ^m 5,3	10 ^m 5,5	11 ^m 5,7	13 ^m 5	17 ^m 3,5	20 ^m 3	7 ^m 3,30	6 ^m 3,61
{ Stériles. { Teneur Zn . . .	6,23 %	6,23 %	6 %	6 %	4 %	4 %	2,8 %	2,8 %
{ Maigres. { Quantité . . .	4 ^m 3,35	4 ^m 3,93	5 ^m 3,7	7 ^m 3,4	7 ^m 3,8	9 ^m 5	3 ^m 3,16	8 ^m 3
{ Maigres. { Teneur. { Pb . . .	12 %	12 %	10,4 %	10 %	8,5 %	8,5 %	12 %	12 %
{ Maigres. { Teneur. { Zn . . .	43 %	45 %	47 %	47 %	48 %	48 %	21,6 %	21,6 %
Main-d'œuvre par 1,000 ^k de galène. . . .	1 ^f ,08	1 ^f ,08	1 ^f ,37	1 ^f ,37	1 ^f ,12	1 ^f ,04	.	.
Nombre d'ouvriers	2	2	3	3	4	4	2	2

Les ouvriers reçoivent 0^f,40 par mètre cube de minerai débourbé.
 — 0,30 — broyé

et celui des anciens cribles mécaniques à piston latéral, qui subsistent encore au Bleyberg, pour le traitement des minerais broyés, ainsi que pour le criblage des grenailles fines et la production des alquifoux (galène à 84 p. 0/0 de plomb).

	MINÉRAI		PRODUITS.						MAIN-D'ŒUVRE.	
	traité en 10 h.		Galène.		Intermédiaires.		Stériles.		Nombre d'ouvriers.	Salaire.
	Quantité.	Teneur.	Quantité.	Teneur.	Quantité.	Teneur.	Quantité.	Teneur.		
Crible ordinaire.	3,420 k. (1 ^m 3,9)	17 % Pb 13 % Zn	450 k.	80 % Pl	1,200 k.	9 % Pl 35 % Zn	1,300 k.	2 % Zn	4	4 fr. 71
Crible continu.	36,000 k. (20 ^m 5)	17 % Pb 13 % Zn	5,640 k.	81 % Pl	11,400 k.	10 % Pl 35 % Zn	11,700 k.	4 % Zn	3	8 fr.

On voit que le crible continu n'est inférieur au crible ordinaire qu'en ce qui concerne la teneur en zinc des produits stériles ; mais il présente un avantage très-sérieux au point de vue de l'économie de main-d'œuvre, comme on peut s'en convaincre en jetant les yeux sur les deux dernières colonnes du tableau ci-dessus. Une femme suffit au crible ordinaire, pour charger et transporter les produits élaborés. On paie 0^f,90 par mètre cube de minerai, soit 1^f,71 pour 1^m3,9.

Aux cribles continus, au contraire, il faut deux ouvriers pour charger la matière dans la trémie. Il faut, de plus, un ouvrier pour le transport des produits intermédiaires et stériles qui tombent dans les brouettes. La galène seule est reçue dans une caisse. Cette brigade de trois ouvriers reçoit 0^f,40 par mètre cube, soit 8 fr. pour 20 mètres cubes.

Les 1,000 kilog. de galène préparée coûtent donc 3^f,80 au crible ordinaire et 1^f,42 au crible continu, ce qui correspond à une économie de 62,7 p. 0/0 en faveur du crible continu.

III. — Le setzage aux mines de Przibram (Bohême).

Le setzage a toujours été l'opération la plus importante dans la préparation mécanique de Przibram, par suite de la nature du minerai composé de galène et blende argentifères, avec gangue quartzeuse, rarement barytique, mélange assez peu intime pour que la majeure partie des minerais de fonderie puisse être fournie par le setzage. On se contente, au surplus, d'un enrichissement faible pour éviter les pertes en métal précieux, dues au lavage.

Depuis peu, cependant, de nouveaux appareils sur lesquels nous reviendrons à propos de l'exposition de Schemnitz, sont venus s'adjoindre aux tables à secousses exclusivement employées auparavant à Przibram, pour le traitement des schlamms.

Les minerais de Przibram sont préparés aujourd'hui dans deux grands ateliers centraux portant le nom des puits *Adalbert* et *Anna*, dont ils sont voisins. C'est à ces ateliers qu'appartiennent les deux appareils nouveaux dont l'administration impériale des mines de Przibram avait envoyé des dessins et des modèles à l'Exposition, la pompe de setzage continue (*Setzpumpe*) et la roue de setzage (*Setzrad*), dus tous deux à l'invention de M. de Rittinger. Leur succès est dû à l'habile direction que M. l'inspecteur de Bellusich a su donner aux essais. C'est à ce dernier que sont dus la plupart des perfectionnements qui ont donné une forme réellement pratique aux projets conçus par M. de Rittinger.

A. Pompe de setzage continue (*Setzpumpe*).

Pour retrouver l'origine de cet appareil, nous devons remonter à l'année 1851. C'est à cette époque que fut essayée, à Przibram, la première pompe de setzage. Cet appareil n'était autre chose qu'un crible à piston inférieur, dont la caisse était transformée en corps de pompe

aspirante et soulevante. L'eau soulevée agissait sur les grenailles, puis passait dans une bêche d'aspiration latérale. C'était, comme on le voit, l'idée appliquée dans le lavoir Meynier au lavage de la houille. Ce système a l'avantage de remédier entièrement à la succion exercée sur les grenailles par le retrait du piston. L'eau soulevée ne peut rebrousser chemin; elle doit plutôt continuer à s'élever, en vertu de son inertie, pendant la descente du piston, circonstance favorable, plutôt que nuisible, à la séparation par densités. Les essais furent assez satisfaisants pour que, dès 1853, ce nouveau genre de crible fût introduit couramment à Przibram.

Un appareil continu basé sur le même principe fut essayé presque en même temps. La continuité y était obtenue par un procédé nouveau : on imprimait des secousses longitudinales au tamis du crible, suspendu au-dessus du piston, à la manière des tables (1). Une ou plusieurs tôles perforées horizontales étaient fixées à l'avant du tamis, à différents niveaux, de manière à évacuer séparément les tranches résultant du dépôt par densités. Les résultats qu'on obtint de cet appareil, introduit définitivement à Przibram, en 1859, ne répondirent pas entièrement à l'attente. La *pompe de setzage à tamis mobile et à secousses* (*Setzherd*) n'est encore aujourd'hui qu'un appareil dégrossisseur, livrant ses produits enrichis à la pompe de setzage, qui est le véritable appareil finisseur. Ces deux appareils, ainsi conjugués, sont employés sur une grande échelle dans les ateliers de Przibram et contribuent à leur donner une physionomie toute particulière. M. de Rittinger est parvenu tout récemment à rendre la pompe de setzage indépendante de la main-d'œuvre, par des moyens plus simples, en se servant pour évacuer les matières de l'eau même qui les a séparées par densités. C'est cet appareil, dont les premiers essais

(1) Ce procédé a été appliqué depuis, en Belgique, à la mine de Vedrin (prov. de Namur).

datent de 1865, que l'administration de Przibram avait exposé à Paris et que représentent les fig. 1, 2, 3, 4 de la pl. IX.

La caisse de ce crible est divisée en 4 compartiments ABCD; les capacités B et C sont isolées des deux compartiments extrêmes. De ces derniers, l'un reçoit les soupapes d'aspiration E, le piston F et le crible G; l'autre sert de bêche d'aspiration. Le piston agit comme celui d'une pompe aspirante et soulevante. L'eau, qu'il foule à travers le minerai, s'écoule avec le stérile dans le compartiment C, d'où elle passe en trop plein dans la bêche, à travers une tôle perforée; des lanières de cuir rendent le joint du piston et des parois imperméable.

La matière tombe d'une trémie à registre, sur le tamis qui est légèrement incliné. Celui-ci peut être fermé à l'avant par le registre H, qui en occupe toute la largeur, et qui est guidé verticalement par des fers d'angles. Un second registre I se trouve en avant du premier; le piston est actionné par une simple manivelle, dont le mouvement est régularisé par un volant. Au moment de la mise en train, on abaisse le registre H et l'on relève le registre I au moyen d'écrous; on laisse l'eau s'élever sur le tamis jusqu'au niveau du déversoir. Le crible étant alimenté régulièrement de matière, celle-ci chemine sur le tamis, en se séparant par ordre de densités; les stériles s'écoulent à chaque pulsation par le déversoir *ab*.

Quand la couche de minerai enrichi s'élève à 0^m,05 ou 0^m,06 au-dessus du tamis, on relève le registre H. Cette couche s'introduit dans la capacité K. On abaisse alors le registre I, et à chaque pulsation, une certaine quantité de matière enrichie passe dans le compartiment B; un regard *o* permet de s'assurer qu'il n'y a pas d'obstruction. Les riches et les stériles sont évacués par des ajutages, sous une pression réglée par le niveau de l'eau dans les compartiments B et C. Les matières fines, qui ont traversé le crible et le piston, sont expulsées

de même, par un ajutage. Un tuyau d'alimentation remplace l'eau qui s'écoule avec ces divers produits. L'eau arrivant en quantité plus grande dans le compartiment C, que dans le compartiment B, la tôle perforée L permet l'introduction en B, de l'eau nécessaire pour créer la pression nécessaire à l'expulsion des matières.

Le caractère bien spécial de cet appareil est l'union d'une continuité parfaite et d'une dépense d'eau très-faible, ces conditions ne sont réalisées dans aucun autre crible continu ; mais cet appareil ne peut encore convenir qu'au traitement d'un mélange binaire.

Pour des grenailles de 2^{mm} à 2^{mm} 1/2, on n'a dépensé que 0,08 pied cube d'eau par seconde, en passant 70 pieds cubes de minerai par heure; on a pu passer à cet appareil jusqu'à 90 pieds cubes par heure. Les éléments qu'il convient de régler pour obtenir un bon travail, sont : la course du piston, le nombre de coups, la position des registres, la dépense d'eau et la grosseur des grenailles. C'est de ce dernier élément que dépendent tous les autres. En effet, la course doit être telle qu'à chaque coup, les grenailles de galène soient soulevées et entraînées dans la capacité K. Elle varie pour des grenailles de 1^{mm} 1/2 à 4^{mm}, entre 0^m,025 et 0^m,038.

Le nombre de coups doit croître en raison inverse de la grosseur des grenailles, afin que la capacité K ne soit jamais à sec. Pour des grenailles de 1^{mm} 1/2 à 4^{mm}, il sera de 120 à 80 par minute. La position des registres ne peut être réglée que par expérience. Le registre H doit être placé de manière à ce que, pendant le retrait du piston, un excès de pression hydrostatique sur le crible fasse passer librement la galène dans l'espace K, sans entraîner de gangues. La hauteur du second registre doit être réglée de manière à ce que la galène soit éliminée, à mesure qu'elle pénètre dans la capacité K. Si ce registre est trop bas, la marche de l'appareil est trop rapide et la séparation est imparfaite. Si ce registre est,

au contraire, trop haut, l'espace K se remplit de minerai, et la marche de l'appareil devient très-irrégulière : pour des grenailles de 1^{mm} $1/2$ à 4^{mm} , on lève le premier registre de 4 à 6^{mm} , et la hauteur du déversoir formé par le second est de $0^{\text{m}},053$ à $0^{\text{m}},075$.

La pompe continue de M. de Rittinger s'applique plus particulièrement au setzage des grenailles de 1 à 4^{mm} , elle a donné cependant de bons résultats pour des grenailles de 4 à 8^{mm} . Elle s'applique plutôt au traitement d'un minerai de richesse moyenne (10 à 16 p. 0/0), qu'au traitement des minerais tout à fait pauvres.

Cet appareil ne peut, en effet, jouer le rôle de finisseur auquel il est destiné, qu'à condition d'être très-bien réglé. La manœuvre des registres est, à cet égard, un point très-délicat, sur lequel doivent porter de nouveaux perfectionnements en voie d'essai à Przibram.

Roue de setzage (Setzrad).

Nous avons déjà fait connaître sommairement la *roue de setzage* de M. de Rittinger, aux lecteurs de la *Revue universelle* (1). Les fig. 5, 6, 7, 8 représentent cet appareil sous la forme que lui ont donnée les perfectionnements les plus récents. Cet appareil est en marche courante depuis 1864 dans l'atelier du puits *Anna*, à Przibram. Nous rappellerons qu'il est basé sur le principe de la séparation par densités qui se produit, quand on laisse tomber des grenailles *rigoureusement classées par volumes*, dans une colonne d'eau animée d'une certaine vitesse horizontale. Cette vitesse est produite par la rotation, dans la cuve cylindrique *a*, des cylindres en tôle *f¹ f²* rendus solidaires au moyen de 12 cloisons radiales et fixés sur un axe *g* au moyen de croisillons. Chacune des 8 cases *b*, situées au fond de l'espace annu-

(1) *Notes sur la préparation mécanique des minerais*, tome XX, p. 236. 1866.

laire compris entre les cylindres, reçoit une classe spéciale de minerai et se dégorge continûment dans les baquets *dd*, par les tuyaux *cc*, dont le diamètre varie de 0^m,026 à 0^m,052, selon la quantité de matière qu'ils reçoivent. Cet écoulement se produit en vertu d'une différence de niveau réduite à 0^m,32 ou 0^m,47, pour ne pas déterminer une consommation d'eau trop considérable. Cette hauteur se calcule, connaissant la vitesse du courant ascensionnel capable de maintenir en suspension les grenailles à expulser. Pour des grenailles de galène de 8^{mm}, ce courant a, d'après M. de Rittinger, une vitesse de 0^m,556 (1). En quintuplant cette vitesse pour assurer leur expulsion, on a pour déterminer la pression :

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(2,78)^2}{2,9,8} = 0^m,39.$$

L'eau décrit dans cet appareil un cercle complet; elle s'écoule des baquets *d* dans la rigole *l* et dans le réservoir *m*. La roue à tympan *n* la relève au niveau des rigoles *o* et *r*, par où elle rentre dans l'appareil en franchissant un déversoir denté qui la répand uniformément sur toute la circonférence. On a adapté à la partie inférieure *e* des tuyaux montants, des soupapes à contre-poids (fig. 9), qui permettent de les désobstruer : les grenailles et l'eau sont alors reçues dans les baquets *d'*.

La régularité de la chute des grenailles est obtenue par l'appareil distributeur *k*, composé d'un cylindre et d'une tôle recourbée.

La transmission de mouvement s'effectue par une roue de friction mobile sur son axe au moyen d'un écrou, de manière à régler le nombre de tours. Les figures montrent la manière dont sont disposées les transmissions de

(1) Voir la *Note sur la séparation des minerais, d'après les travaux de M. de Rittinger*, que nous avons publiée, *Revue universelle*, t. XXII, p. 361. 1867.

mouvement du distributeur et de la roue à tympan.

Le nombre de tours que fait par minute le double cylindre a une très-grande importance. Il peut, d'ailleurs, se calculer théoriquement.

En appelant l_1 l_2 les projections horizontales des chemins parcourus par deux grenailles de densités extrêmes, dans les temps t_1 et t_2 , la vitesse circulaire moyenne étant c , on a :

$$l_1 = ct_1 \text{ et } l_2 = ct_2.$$

Si h désigne la hauteur de la colonne et v_1 v_2 les vitesses de chute des deux grenailles, on a de même :

$$h = v_1 t_1 = v_2 t_2.$$

$$\text{D'où : } l_1 = \frac{ch}{v_1} \text{ et } l_2 = \frac{ch}{v_2}.$$

La longueur totale de la circonférence moyenne de l'espace annulaire l doit être plus grande que la différence des chemins l_2 et l_1 , on pose comme condition :

$$\frac{1}{2} l = l_2 - l_1 = ch \left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right).$$

Or, en désignant par n le nombre de tours, on a :

$$\frac{1}{2} l = \frac{30c}{n} = ch \left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right).$$

$$\text{D'où : } n = \frac{30 v_1 v_2}{h(v_1 - v_2)}.$$

Or, la vitesse de chute $v = 2,44\sqrt{D(\delta - 1)}$ (1), on en déduit :

$$n = \frac{30 \cdot 2,44 \sqrt{D(\delta_1 - 1)(\delta_2 - 1)}}{h \left(\sqrt{\delta_2 - 1} - \sqrt{\delta_1 - 1} \right)}.$$

(1) V. page 556 et la Note citée.

Le nombre de tours est donc proportionnel à la racine carrée du diamètre des grenailles et inversement proportionnel à la hauteur de la cuve; il augmente, en outre, avec la différence de densité des grenailles. En faisant $h = 1$ mètre et en prenant $\delta_1 = 7$ (galène) et $\delta_2 = 2,5$ (quartz), il vient :

$$n = 180 \sqrt{D}$$

Soit pour $D = 16$ millim., $n = 21$

— $D = 4$ — $n = 11$

— $D = 1$ — $n = 6$

— $D = 1/4$ — $n = 2,7$

Le tableau suivant donne le résultat du travail obtenu à la laverie *Anna* sur des grenailles de 1,4 millim. à 13,75 p. 0/0 de galène. L'appareil faisait 5 tours et demi par minute et le distributeur livrait à l'appareil 25 pieds cubes par heure.

	PRODUCTION.	TENEUR EN PLOMB aux 100 kilog.	RÉPARTITION de la teneur primitive.
Tuyau n° 1	0,5	0,50	0,0
— n° 2	7,9	48,25	40,5
— n° 3	44,8	11,00	51,0
— n° 4	25,8	2,00	5,3
— n° 5	9,4	2,50	2,5
— n° 6	6,4	0,75	0,5
— n° 7	3,7	0,50	0,2
— n° 8	1,5	0,25	0,0
	100,0		100,0

L'examen de ce tableau fait bien saisir le jeu de cet intéressant appareil; on voit comme la richesse diminue rapidement à partir du second tuyau, après le distributeur; si le premier tuyau donne une matière plus riche

que le dernier, il faut l'attribuer à quelques grains de galène très-pure qui gagnent immédiatement le fond, en sortant de la trémie.

Les conditions essentielles au bon fonctionnement de l'appareil sont, comme nous l'avons déjà dit :

1° La régularité du classement ; on sait combien celle-ci est difficile à obtenir, c'est là, croyons-nous, le plus grand obstacle que cet appareil rencontrera ;

2° La régularité de la distribution ;

3° La régularité du mouvement ; les roues de setzage devront toujours avoir un moteur spécial.

L'appareil a donné les meilleurs résultats à Przi Bram pour des grenailles de 4 à 10^{mm}. Pour ces dernières, on ne peut toutefois passer que 6 à 8 mètres cubes par heure.

Nous avons regretté de n'avoir vu figurer qu'au catalogue de la classe 47, la roue de setzage de M. HUNDT, qui ne diffère de celle de M. de Rittinger, que par des détails de construction (1). Cet appareil fait lentement son chemin en Allemagne. Le reproche qu'on lui adresse le plus fréquemment est de ne pouvoir donner de bons résultats que moyennant un classement parfait des grenailles par volumes.

La roue de setzage de M. Hundt, a, cependant, réussi aux mines *Landskronc* et *Heinrichsseen*, dans le pays de Siegen. La première de ces mines fournit un minerai composé principalement de galène et de gangue ; le minerai de fer spathique et la blende qu'il contient, n'y sont pas utilisés, le premier n'étant pas vendable en grenailles et la seconde y étant trop peu abondante. L'opération du setzage consiste donc uniquement à séparer de la galène. Des essais comparatifs ont donné pour 750 kilog. de grenailles de 7^{mm}, les résultats suivants :

(1) V. *Revue universelle*, t. XX, p. 236, *Notes sur la préparation des minerais*.

A l'appareil de M. Hundt.		Aux cribles.
Minerai de fonderie	250 kilog.	137 kilog.
— bocard	286,5	401
Gangues	312,5	207,5
Perte	001,0	4,5
Durée du travail	105 minutes.	173 minutes.

A *Heinrichsseggen*, on traite au nouvel appareil un minerai de cuivre pauvre, que la présence de la barytine rend difficile à préparer. Des essais comparatifs furent exécutés en juillet 1867 sur 500 kilog. de grenailles de 8^{mm}, grosseur reconnue la plus favorable.

1° L'on a obtenu au crible à piston latéral, donnant 84 coups de 0^m, 46 par minute :

Minerai de bocard (n° 1)	6,5 p. 0/0	à	60 grammes d'argent.
— bocard (n° 2)	19,2	—	23 —
Stériles	69	—	11 —
Perte	5,3		

2° A l'appareil de M. Hundt, faisant trois tours par minute (hauteur de la colonne d'eau, 1^m,52, diamètre extérieur, 1^m,57) :

Min. de bocard	{	1 ^{re} case	1,7 p. 0/0	à	47 gr. d'argent.
		2 ^e —	8	—	37 —
		3 ^e —	11,8	—	37 —
		4 ^e —	21,4	—	20 —
Stérile	{	5 ^e —	14,9	—	10 —
		6 ^e —	16,3	—	7 —
		7 ^e —	15,5	—	7 —
		8 ^e —	5,5	—	3 1/2 —
Perte		4,9			

On a, en résumé :

	Crible.	Roue de setzage.
Min. de bocard	25,7 % contenant 41,8 gr. d'arg.	42,9 % contenant 61,6 d'arg.
Stériles	69 — 37,8 —	52,2 — 19,2 —

La main-d'œuvre a été presque aussi coûteuse dans les deux opérations, parce qu'on a dû faire repasser à la roue de setzage les produits des trois premières cases.

Si l'on tient compte de cette circonstance, ainsi que du temps employé pour extraire les produits des compartiments qui ne se vident pas continûment, comme ceux de

la roue de M. de Rittinger, on voit que le traitement n'est guère plus rapide à l'appareil de M. Hundt, qu'au crible ordinaire. S'il s'agissait d'un bon crible continu, on peut assurer que l'économie de temps serait souvent en faveur de ce crible. On peut prendre, pour point de comparaison, les essais faits à l'usine *Friedrich Wilhelm*, à Troisdorf, où se construisent les appareils de M. Hundt, sur des minerais de Commern et de Bensberg. On passa dans ces essais 1,500 kilog. de minerai par heure.

Les frais d'installation de l'appareil de M. Hundt sont 7 à 8 fois plus élevés que ceux d'un crible. Cet appareil coûte 1,875 fr., y compris le distributeur.

Les roues de setzage ne nous paraissent pas être appelées à remplacer les cribles, même pour des grenailles moyennes. Les résultats favorables obtenus sur des minerais, où l'on ne cherche pas à obtenir plus de deux classes, comme c'est le cas à Przibram, aussi bien qu'à *Landskrone* et à *Heinrichslegen*, ne font rien préjuger de ce que seraient ceux du traitement d'un minerai plus compliqué, au même appareil. Il est clair que, pour que le jeu des densités se produise sur un tel minerai, il faudrait une hauteur de chute équivalente à la somme des secousses données au crible, pour obtenir un classement complet. Or, cette hauteur n'est nullement celle des roues de setzage actuellement en usage; elle ferait, d'ailleurs, tomber ces appareils dans les inconvénients fréquemment reprochés aux colonnes anglaises et aux séparateurs tubulaires, qui n'ont jamais eu qu'une valeur théorique.

IV. L'atelier central de préparation mécanique de Clausthal.
— Substitution du setzage au travail des tables à secousses.

Depuis l'année 1862 déjà s'élève au Hartz, dans l'aride vallée de Clausthal, un vaste édifice dont les murs en grosses briques de scorie portent le cachet tout particulier des constructions industrielles de ce pays. Cette

construction colossale, encore vide, est destinée à recevoir un atelier de préparation mécanique, qui remplacera un jour les divers ateliers échelonnés, au nombre de 21 (13 bocards, 6 ateliers de scheidage et 2 laveries), le long de la vallée de Clausthal, sur moins d'une lieue d'étendue.

Le nouvel établissement profitera des nombreux essais entrepris par les ingénieurs du Hartz et n'admettra que les procédés et les appareils éprouvés par l'expérience. L'administration des mines a fait exécuter les plans de cet atelier par M. l'inspecteur JORDAN, de Clausthal. Ces plans figuraient dans l'exposition si remarquable de la *Direction des mines et des usines du Hartz*. Nous regrettons vivement de n'avoir pu obtenir l'autorisation de les mettre sous les yeux du lecteur; nous y suppléerons, autant que possible, par une courte description de cet ensemble et par quelques considérations relatives au fait très-important qu'ils mettent en lumière, l'introduction dans les laveries d'un nouveau crible continu (*sandsetz Maschine*), qui se substitue aux tables à secousses.

Cet atelier présentera un nouvel exemple de la continuité à laquelle on peut soumettre les opérations de la préparation mécanique en réduisant la main-d'œuvre à un minimum, grâce à l'emploi judicieux de la pesanteur comme force motrice des transports. L'adoption de ce système pour cet atelier central prouve que des résultats favorables ont été obtenus par son emploi dans les laveries continues de la vallée de Zellerfeld, si souvent citées comme des types (1). Tandis que ces ateliers n'avaient pour objet que le traitement des parties fines, le nouvel atelier réunira, dans un ensemble continu, les diffé-

(1) Les dispositions de ces ateliers ont été copiées dans plusieurs ateliers suédois de la province de Jämtland. L'usine de Gustaf et Carlberg, à Oestersund-Husa, avait exposé un dessin de sa laverie dans la section suédoise. Cette laverie, dont les dispositions sont celles des ateliers de Zellerfeld, traite un minerai à 4,3 p. 0/0 de chalkopyrite.

rentes opérations de la préparation mécanique, scheidage, broyage, setzage et lavage. On se fera une idée de la marche des matières par le tableau A.

Quelques explications suffiront à faire comprendre par quels moyens la continuité des opérations a été obtenue. L'indication du nombre des différents appareils donnera de plus quelque idée de l'importance de cet établissement, destiné à traiter 56 millions de kilogrammes de minerai par an, production réunie des mines du *Burgstädter* et du *Rozenhofer Zug* (1). On peut y distinguer plusieurs ateliers partiels séparés, soit par des différences de niveau, soit par la nature du travail :

1° L'atelier de débouillage de la menuaille comprend quatre séries de trommels donnant des produits à éplucher ou à passer au crible ordinaire (17^{mm}, 78 à 4^{mm}, 22), plus deux trommels livrant leurs produits aux cribles continus. Deux cribles continus du nouveau système font partie de cet atelier et traitent les sables de moins d'un millimètre. Les eaux qui s'écoulent de tous ces trommels sont conduites dans 12 bassins de dépôt;

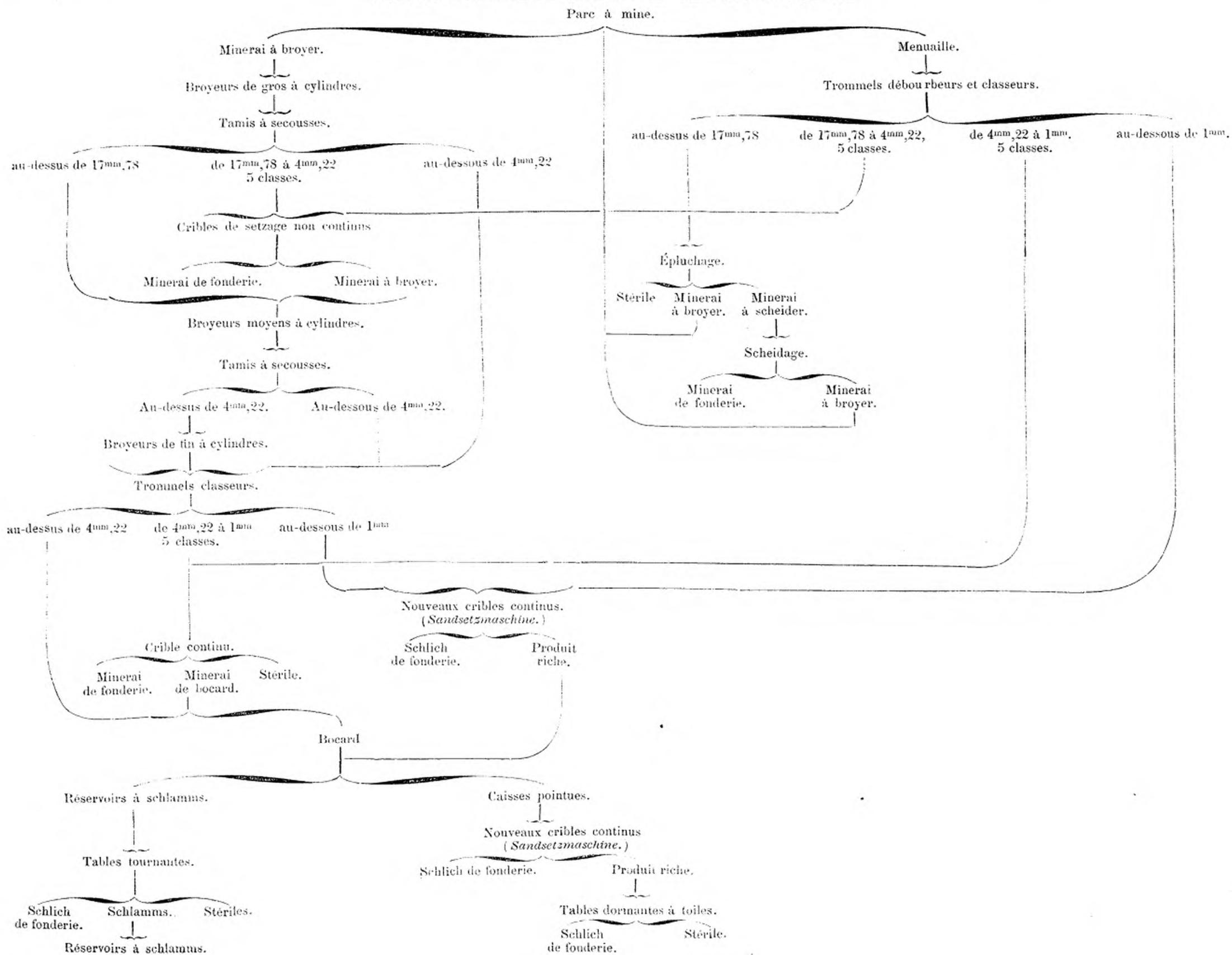
2° Deux élévateurs hydrauliques relèvent les minerais à scheider, ainsi que les produits de l'épluchage et du scheidage au niveau du parc à mines. L'atelier de scheidage mérite une mention spéciale : les bancs des scheideurs se trouvent alignés suivant les longs côtés d'un rectangle; les ouvriers, tournant le dos aux murs, sont en

Voici, à titre de renseignement, les richesses de ses différents produits exposés :

Grosses grenailles des cribles.	14,40	0/0 de cuivre.	—	Stériles.	1,02	0/0
Fines grenailles des cribles.	10,35	—	—	—	0,50	—
Schlich des tables à secousses dégrossisseuses.	5,50	—	—	—	0,32	—
Schlich des tables à secousses finisseuses.	7,20	—	—	—	0,51	—
Schlich des tables tournantes.	3,58	—	—	—	0,43	—

Les autres laveries continues suédoises sont celles de Schisshyttan, de Sala et de Silfberg. Cette dernière appartient à la *Victoria silver, lead and zinc Company*.

(1) V. *Les filons et les mines du Hartz*, par A. BUNAT, p. 475.



face les uns des autres. Au-delà des bancs de scheidage s'ouvrent des trémies aboutissant à des wagons qui circulent en contre-bas dans l'axe de l'atelier. Les ouvriers jettent directement les produits de leur travail dans les trémies correspondantes. Il suffit de lever un registre pour charger un wagon d'une classe déterminée de minéral. Cette disposition est excellente au point de vue de l'économie d'espace et de transport ; mais elle ne permet pas d'exercer sur le travail des scheideurs un contrôle aussi parfait que celle des anciens ateliers où les bacs finis passent sous les yeux des surveillants ;

3° Le premier atelier de broyage comprend deux broyeurs de gros à cylindres, sous lesquels se trouvent des tamis à secousses (*Schwingrätter*) donnant des produits à passer aux cribles ordinaires (17^{mm}, 78 à 4^{mm}, 22) ;

4° Le premier atelier de setzage comprend 12 cribles ordinaires et deux élévateurs servant respectivement à relever les produits intermédiaires et à descendre ceux qui doivent subir des opérations ultérieures. Cet atelier est le seul qui fasse exception à la continuité du travail ;

5° Le second atelier de broyage comprend six broyeurs moyens à cylindres, avec tamis à secousses, six broyeurs de fin à cylindres, avec trommels classificateurs et sept cribles continus du nouveau système. L'un d'eux traite les sables que leur livre un trommel classificateur recevant les matières fines du premier broyage.

6° Le second atelier de setzage comprend 24 cribles continus destinés au traitement des fines grenailles (1) et deux élévateurs pour relever les produits intermédiaires et descendre ceux qui doivent atteindre un niveau inférieur pour poursuivre leur traitement ;

7° La laverie proprement dite comprend 12 batteries de bocard à huit flèches, six séries de caisses pointues, 24 nouveaux cribles continus, 24 tables dormantes à

(1) *Revue universelle*, t. XX, p. 27.

toiles, 12 réservoirs à schlamms et six tables tournantes.

Il y a, de plus, une laverie supplémentaire de quatre batteries de bocard à huit flèches, auxquelles sont annexées deux séries de caisses pointues, 8 cribles continus du nouveau système, 8 tables dormantes à toiles, 4 réservoirs et 2 tables tournantes.

Trois nouvelles séries de caisses pointues, 12 cribles du nouveau système, 12 tables dormantes à toiles, 6 réservoirs et 3 tables tournantes servent, en outre, au traitement des divers produits accessoires.

La force motrice destinée à mouvoir ces appareils sera empruntée en grande partie à des turbines disposant de chutes dont la hauteur est : 1° de 5^m,183 pour les trommels débourbeurs et classificateurs et le premier atelier de broyage ; 2° de 22^m,438 pour le second atelier de broyage et les cribles ; 3° de 5^m,183 pour la laverie supplémentaire qui travaillera jour et nuit, contrairement aux ateliers précédents, qui ne travailleront que le jour ; 4° la laverie principale sera mue, pendant la nuit seulement, par la somme des chutes utilisées pendant le jour dans les ateliers supérieurs ; cette somme représente 27^m,621, et l'on se propose de l'utiliser par une machine à colonne d'eau.

Les transports de grenailles supérieures à 1 millim. se feront par des *chiens* de mine, les transports de matières fines se feront par des courants d'eau.

Cet ensemble présente un caractère de simplicité remarquable. Il le doit en grande partie à la suppression du travail intermittent des tables à secousses ; un très-grand nombre de ces tables seraient nécessaires, dans ces ateliers, pour traiter les sables compris en dessous de 1 millim., qui sont livrés aux nouveaux cribles continus, dont un nombre plus restreint peut suffire.

L'introduction de ce crible dans le travail des laveries est un des pas les plus gigantesques qu'ait fait, depuis de longues années, la préparation mécanique, malgré la quantité d'appareils ingénieux que cette période a vue

naître. Le travail des appareils nouveaux repose, en effet, trop souvent sur une complication d'organes que le succès justifie rarement. Ici, au contraire, comme nous le verrons, un progrès réel a été obtenu par des moyens d'une simplicité extrême.

Il y a un an à peine que le nouveau crible a été expérimenté, pour la première fois, au bocard n° IV de la vallée de Zellerfeld, au lieu des tables à secousses. Il remplace aujourd'hui ces anciens appareils de laverie dans la plupart des ateliers du Hartz, et s'est rapidement répandu dans un cercle beaucoup plus vaste.

La mine de *Friedrichslegen*, près d'Oberlahnstein, a donné l'élan et se propose de supprimer successivement toutes ses tables à secousses, par suite de l'adoption du nouveau crible.

Les ateliers de *Pfingstwiese*, près d'Ems, l'ont suivie bientôt, et nous y avons vu fonctionner, dans le courant de l'été dernier, le nouvel appareil, qui se trouvait encore dans une période d'essais. Le nouveau crible a été expérimenté, depuis, avec succès, à la laverie *Saint-Paul*, appartenant à la Vieille-Montagne; la Société du Bleyberg, en Belgique, et celle d'Eschweiler, en Prusse, se proposent également d'en faire usage.

L'essai prendra un caractère tout spécial, sur lequel nous insisterons, à la Société d'Eschweiler, dont l'atelier de Breinigerberg appartient au système de préparation dite *anglaise*. On cite encore les ateliers de Moresnet et certaines exploitations de Commern, comme devant en faire prochainement usage.

Nous mentionnerons, enfin, le nouvel atelier en construction à la mine d'Angleur, près de Liège, où l'on se propose de supprimer radicalement tout appareil de laverie, et de ne conserver que des cribles : cribles à piston latéral, cribles continus, analogues au crible du Bleyberg, décrit plus haut, et, enfin, nouveaux cribles du Hartz pour le traitement des matières broyées fin. Si ce programme se réalise, cet atelier sera le premier type d'un

système de préparation entièrement nouveau. La simplicité de ce système sera d'autant plus frappante qu'il est peu de minerais aussi complexes et aussi difficiles que ceux qui proviennent de ce gîte d'Angleur, dont l'exploitation a été reprise depuis peu de temps.

Ces exemples prouvent que le nouveau crible du Hartz est digne de l'attention des hommes spéciaux. C'est pourquoi nous lui consacrerons un chapitre spécial.

V. Le nouveau crible continu pour matières fines du Hartz. — Application du principe fondamental de la préparation anglaise dans la préparation allemande. — Introduction du crible continu dans la préparation anglaise.

Les avantages obtenus par le nouvel appareil du Hartz sont dus à l'emploi sur le crible d'un lit de grenailles de densité semblable à celle des parties riches que l'on veut séparer. Le criblage, sur *fond de tamis*, est loin d'être une nouveauté. On sait qu'il est exclusivement appliqué dans la préparation anglaise. Il est également appliqué, comme nous le verrons, dans les ateliers d'Engis, pour soustraire certaines matières fines au broyage.

Le lit de grenailles forme un tamis artificiel qui présente l'avantage d'entrouvrir, puis de refermer ses mailles à chaque coup. Les parties denses arrivent ainsi petit à petit sur le crible, le traversent et gagnent le fond de la caisse.

Nous avons attiré précédemment l'attention sur la difficulté de l'élimination des matières enrichies dans les cribles continus. Or, l'emploi du fond de tamis fournit pour cette élimination un moyen aussi simple qu'avantageux.

Nous avons vu fonctionner au Hartz, en 1865, des cribles continus traitant des grenailles de 1 à 2^{mm}, et reposant déjà en partie sur ce principe (1). Le fond de

(1) *Revue universelle*, t. XX, p. 27.

tamis y était formé par la matière enrichie elle-même, qui se déposait sur le crible en une couche, dont l'épaisseur était réglée par la saillie d'un tuyau central d'évacuation. C'est également ce qui se produit dans le crible à syphon d'Ems (pl. 50, fig. 5 et 6), où deux cribles sont placés dans le prolongement l'un de l'autre.

Le syphon n'a fait qu'y remplacer un tuyau central semblable à celui du crible du Hartz (1). L'épaisseur de la couche de grenailles est réglée par la hauteur de l'ouverture du syphon au-dessus du crible.

En substituant des sables de moins de 1 mill. aux grenailles de 1 à 2 mill., le tuyau central du crible du Hartz ne donnait plus rien, et toutes les parties riches traversaient le tamis et se rendaient au fond de la caisse. On ferma dès lors ce tuyau et l'on posséda tous les éléments de l'invention nouvelle, qui fut complétée, comme dans le crible d'Ems, par l'adjonction d'une ou de plusieurs caisses à la suite de la première, suivant la nature plus ou moins complexe du minerai. Les parties riches traversent le tamis, les parties plus légères s'écoulent en déversoir sur la seconde caisse, où se fait une seconde séparation par densités, et ainsi de suite.

On emploie au Hartz deux caisses successives pour le traitement des minerais pauvres ; pour celui des minerais cuivreux ou zincifères, on emploie trois ou quatre caisses. C'est sous cette dernière forme que le nouvel appareil paraît devoir se répandre en dehors des ateliers du Hartz, qui sont généralement favorisés par des minerais de composition assez simple.

Nous avons représenté, pl. X, fig. 1, 2, 3, l'appareil dont la Société du Bleyberg se propose de faire l'essai et qui appartient à cette catégorie.

Il se compose de quatre cribles à piston latéral juxtaposés ; les mailles de ces cribles sont successivement de

(1) *Revue universelle*, t. XX, p. 28.

2^{mm}, 1^{mm},5, 1^{mm} et 0^{mm},5. Ce crible est, en effet, destiné à remplir des fonctions mixtes. Il classe par grosseurs, en même temps que par densités. Les produits denses fournis par ce crible passent à travers une couche de grenailles de même densité et sont reçus au fond de la caisse, dont les parois latérales s'inclinent vers une soupape *e*, qu'il suffit de lever pour recevoir ces produits dans des réservoirs *abcd*. Le dernier tamis donne trois produits : 1° une classe riche, qui passe à travers le crible ; 2° une classe intermédiaire, qui sort par le déversoir *f* ; 3° le stérile, qui s'écoule en trop plein dans un grand entonnoir placé à l'avant de l'appareil. Un registre permet de fermer plus ou moins l'ouverture du déversoir *f*. Des tuyaux *hh* amènent dans chaque crible l'eau nécessaire pour remplacer celle qui s'écoule et pour produire la vitesse d'écoulement en trop plein du minerai. Le règlement de cette dépense d'eau est un point essentiel de la bonne marche de l'appareil ; mais cette dépense doit être assez considérable. À mesure que les mailles des tamis vont en décroissant, il en est de même de la levée des pistons, qui est de 6 millim. pour le premier crible, de 5 millim. pour le second et de 4 millim. pour les deux derniers.

Au Hartz, les dimensions sont peu différentes de celles de l'appareil figuré : les tamis ont 0^m,94 sur 0^m,42. Les matières s'écoulent d'un tamis sur le suivant par deux déversoirs superposés, qui séparent les matières légères de celles de densité moyenne. Les pistons donnent de 120 à 150 coups par minute, dont on règle facilement l'amplitude au moyen d'une manivelle à rayon variable, de manière à obtenir un produit convenable. Voici les résultats que l'appareil a donnés au Hartz :

1° Un crible à deux caisses emploie quatre ouvriers de moins qu'un caisson allemand ;

2° Quatre cribles à deux caisses et un crible à trois caisses ont remplacé 10 tables à secousses au bocard n° IV de la vallée de Zellerfeld, en occupant beaucoup

moins d'espace et en consommant moins de force. Les tables à secousses donnent des produits moins riches, comme on a pu s'en convaincre, par les tables dormantes à toiles, sur lesquelles passent les eaux, comme contrôle avant de quitter la laverie. Les toiles de celles-ci devaient être relevées 5 à 6 fois, quand 5 tables à secousses étaient en marche, 1 à 2 fois seulement, quand elles recevaient les eaux des quatre cribles.

3° Les nouveaux cribles sont de 75 à 80 0/0 plus économiques que les tables à secousses, comme installation et entretien.

A la mine *Friedrichsseggen*, comme au Hartz, le nouveau crible reçoit des sables bocardés et parfaitement débourbés, ce qui constitue une condition essentielle de sa bonne marche. Ces sables ont moins de deux millimètres et ne sont admis à l'appareil qu'après avoir été privés des parties de 1/2 millim. L'appareil est tout à fait semblable à celui que nous avons représenté. Le lit de grenailles a 0^m,05 à 0^m,075 d'épaisseur. Il se compose de galène ou de grenailles de plomb; l'on a également employé au Hartz des grenailles de fonte. Ces matières ont, croyons-nous, l'inconvénient d'offrir une densité trop grande pour l'élimination des matières de densité moyenne, telles que la blende et la pyrite, à travers le tamis. Leur forme sphérique est, en revanche, très-favorable à la régularité de l'élimination.

On évalue, à *Friedrichsseggen*, que l'appareil à quatre caisses équivaut à 12 tables à secousses. Les produits obtenus au nouveau crible ont, après un seul passage, une richesse plus grande de 10 à 12 0/0 que ceux des tables à secousses, après trois passages successifs.

On économise par jour, pour la même quantité de matières, le salaire de 14 ouvriers et 5,5 hectolitres de houille, soit en argent, 37^f,50.

Les cribles de *Friedrichsseggen* ont été construits dans les ateliers de M. J. Schneider, à Oberlahnstein.

Il y a déjà quelque temps qu'un crible, présentant les

plus grandes analogies avec l'appareil précédent, fonctionne à la laverie *Saint-Paul*, à Welkenraedt (Belgique). Trois tamis s'y succèdent à des niveaux différents, d'où le nom de *crible continu à étages*, donné à cet appareil. Il diffère, cependant, sous quelques rapports, de l'appareil du Hartz, dont il n'offre pas le caractère de simplicité.

Chaque crible peut donner trois classes : 1° celle qui traverse le fond du tamis ; 2° une classe intermédiaire s'écoulant latéralement par une fente de toute la largeur de la caisse ; cette fente peut se fermer comme celle du crible de Moresnet ; 3° une classe qui passe en trop plein sur le crible suivant. Cet appareil traite des matières comprises entre $\frac{3}{4}$ millim., et 1^{mm},4. Le premier crible a des mailles de 4^{mm} et est recouvert d'un lit de galène ; le second reçoit un lit de galène et pyrite, le dernier à mailles de 2^{mm} reçoit un lit de blende. Ce crible passe en 10 heures, avec deux ouvriers, 8,000 à 14,000 kilog. de minerai, selon le degré de grosseur des grenailles.

Le tableau B résume un essai fait en 1866 sur ce crible, travaillant une matière brute de $\frac{3}{4}$ millim., et indique les produits obtenus en 10 heures avec leurs teneurs respectives.

Ces nouveaux appareils consacrent l'introduction dans la préparation mécanique allemande, dont les laveries du Hartz constituent le type le plus classique, d'un emprunt fait au principe fondamental de la préparation anglaise.

La méthode anglaise a été souvent considérée comme étant dans un grand état d'infériorité vis-à-vis de la méthode allemande. Introduite, il y a plusieurs années, dans quelques ateliers de la Prusse rhénane, la plupart de ces ateliers l'ont modifiée en créant une méthode mixte caractérisée par la suppression du setzage sur fond de tamis, et le maintien des round-buddles. On en peut voir des exemples très-intéressants à Diepenlinchen et à Mechernich (Commern). Il est assez curieux de constater que ces préparations anglaises se soient modifiées par la suppression du setzage sur fond de tamis, tandis que les prépa-

TRAVAIL DU CRIBLE CONTINU A ÉTAGES DE WELKENRAEDT.

6650 kil. minerai brut,
à 22,46 % zinc,
et 27,24 % plomb,
donnent en 10 heures :

CRIBLE I

à travers tamis caisse fermée.
855 kil.
à 72,87 % Pb.

Retraités, donnent en 3 heures

CRIBLE II

à travers tamis
682 kil.
à 51,41 % Pb.

recueilli en caisse
3068 kil.
à 26,32 % Zn
et 18,18 % Pb.

Retraités, donnent en 6 heures.

CRIBLE III

à travers tamis Caisse fermée.
984 kil.
à 31,14 % Zn
et 14,76 % Pb.

stérile
961 kil.
à 21 % Zn
et 3,42 % Pb.

CRIBLE I

à travers tamis
433 kil.
à 82,12 % Pb.

CRIBLE II

à travers tamis
47 kil.
à 81,32 % Pb.

CRIBLE III

à travers tamis
17 kil.
à 76,83 % Pb.

recueilli en caisse
358 kil.
à 21,07 % Zn
et 30,07 % Pb.

Retraités, donnent en 3 heures

CRIBLE I

à travers tamis
397 kil.
à 81,75 % Pb.

CRIBLE II

à travers tamis
33 kil.
à 78,47 % Pb.

CRIBLE III

à travers tamis
90 kil.
à 77,79 % Pb.

recueilli en caisse
409 kil.
à 15,75 % Zn
et 27,89 % Pb.

Retraités au crible ordinaire,
donnent en 17 heures

1936 kil. à 34,84 % Zn.

930 kil.
à 22,92 % Zn
et 15,72 % Pb.

rations allemandes se modifient actuellement par l'application des fonds de tamis au setzage des parties fines.

L'atelier de Breinigerberg, près de Stolberg, appartenant à la Société d'Eschweiler, est sur le continent l'un des types les plus complets du système anglais, caractérisé par l'absence des appareils continus, objets des recherches favorites des ingénieurs allemands. Les cribles (*Gigging*), qui y subsistent dans leur intégrité, et, disons-le en passant, dans leur barbarie primitive, sont connus de tout le monde. Il suffit d'avoir visité une de ces préparations anglaises pour avoir éprouvé un sentiment pénible en voyant l'ouvrier, le plus souvent un enfant, monté sur un escabeau et pendu à l'extrémité d'un long bras de levier, auquel il imprime de tout son corps des secousses qui agitent à peine le crible. Le nouveau crible du Hartz va peut-être supprimer un état de choses qui n'est plus digne de l'industrie moderne. La méthode allemande a imprimé, dans cet appareil, le caractère de la continuité au procédé fondamental de la méthode anglaise. Il est juste que cette dernière profite également du bénéfice de l'échange.

M. Kley construit actuellement un appareil de cette nature pour l'atelier de Breinigerberg. C'est, au fond, l'appareil du Hartz, de Friedrichsseggen et du Bleyberg ; mais la construction en est plus soignée. Le nouveau crible du Hartz devrait, selon nous, prendre le titre de *crible anglais continu*. C'est comme tel que M. Fétis, directeur-gérant d'Eschweiler, se propose de l'employer à Breinigerberg, en l'essayant successivement pour toutes grenailles.

La décroissance du diamètre des mailles des tamis successifs dans le crible du Hartz paraît avoir pour but de ne pas laisser passer dans la dernière caisse quelque gros morceau de gangue avec du minerai fin ; cependant, l'expérience des fonds de tamis anglais prouve qu'une matière moins dense que le fond de tamis ne passe jamais. Ainsi, on crible, à Breinigerberg, un mélange de galène et

blende en grenailles, de 2 à 4 millim., sur une toile à mailles de 8 millim., recouverte de galène en fragments, d'environ un centimètre cube, et jamais la blende ne traverse le fond de tamis.

Les sables parfaitement débourbés seront livrés à l'appareil, dans le projet de M. Kley, par un distributeur à surface conique concave tournant très-lentement. Une trémie répand à la surface du cône une couche uniforme de sable, qu'un jet d'eau rabat vers l'axe du distributeur, d'où la matière s'écoule uniformément sur le crible. Nous avons vu des distributeurs analogues appliqués aux appareils de laverie de l'atelier de Werlau, près de Saint-Goar, où leur marche était des plus régulières. Pour les grenailles, on emploiera des trémies à registre mu alternativement de haut en bas par une came.

Le nouveau crible du Hartz introduira dans la préparation mécanique anglaise, une économie de main-d'œuvre et une économie de temps. Deux ouvriers, un homme et un gamin, desservent deux cribles anglais de l'ancien système ; le gamin donne les secousses, l'ouvrier racle les produits du setzage. Le travail devenant continu, on utilise naturellement le temps employé à la levée des produits. On peut aussi espérer gagner un peu de vitesse par l'emploi des secousses mécaniques.

Dans la préparation allemande, outre les avantages énumérés ci-dessus, le crible anglais produira une économie très-importante, par la suppression des appareils de laverie, qui occasionnent toujours des pertes considérables. C'est un des avantages les plus sérieux des préparations anglaises, d'employer en plus grand nombre les appareils fermés, où reste tout ce qui y entre. Tels sont les cribles, le *dolly-tub* et, jusqu'à certain point, les *round-buddles*, dont les pertes sont fort inférieures à celles des tables tournantes. Cette considération est d'une haute importance.

Des expériences faites à Breinigerberg ont permis de constater que, pour enrichir un schlich de galène de 48

p. 0/0 à la teneur de 60 p. 0/0, le lavage au caisson allemand donne une perte en plomb de 20 p. 0/0, tandis que la perte au *dolly-tub*, pour l'enrichissement du même schlich, n'est que de 3 p. 0/0. Cet appareil permet, d'ailleurs, contrairement à une opinion reçue, de passer d'énormes quantités de matières : 7 tonnes de schlich par jour avec 3 jeunes ouvriers.

On parle fréquemment de la perte qui se produit aux laveries, mais on se rend rarement compte de ce qu'elle est en réalité ; il est fâcheux que l'on ne puisse pas toujours procéder pour les opérations de la préparation mécanique, comme pour celles de la métallurgie. Peser la matière brute sèche, en faire l'essai et calculer la perte par le poids et l'essai des produits obtenus ; les conclusions de pareilles recherches seraient souvent inattendues. Nous n'en voulons pour preuve que le tableau suivant, résumant les essais comparatifs faits en 1860, à Breinigerberg, sur la préparation anglaise caractérisée par l'emploi des cribles anglais sans classement des *round-buddles*, des tables à secousses et des *dolly-tubs*, et sur la préparation allemande comprenant, outre un classement préalable, l'emploi de cribles hydrauliques à piston latéral, et de tables tournantes. Les colonnes horizontales, indiquant la perte totale, sont des plus instructives à comparer. L'infériorité de rendement en galène, du système allemand, provient surtout des pertes aux tables tournantes, comparativement aux *round-buddles*, où les égaliseurs ont été remplacés par des pommes d'arrosoir, et aux *dolly-tubs*. Le chiffre des pertes, par quelque méthode que ce soit, est, d'ailleurs, épouvantable. On serait tenté de croire que la préparation mécanique des minerais est la plus arriérée des opérations métallurgiques. Or, les perfectionnements ont eu rarement pour but, la diminution des pertes, et à ce titre, nous devons signaler le nouveau crible du Hartz, comme un des progrès les plus sérieux faits jusqu'aujourd'hui dans cet art difficile.

ESSAIS comparatifs institués à Breinigerberg sur la méthode allemande et la méthode anglaise.

* MINÉRAI BRUT.	POIDS SEC. Kilog.	TENEUR EN ZINC.		TENEUR EN PLOMB.		TENEUR EN ARGENT.			
		Voie humide.		Voie sèche.		Moyenne gr. 0/0 kil.			
		Moyenne 0/0	Totale, Kilog.	Moyenne 0/0	Totale, Kilog.	Moyenne	Totale, Grammes.		
<i>Méthode allemande.</i>									
MINÉRAI BRUT.	85937	49.93	47123	45.53	43342	10.66	9163	642	2940
PRODUITS :									
A Blende.	47462	38.16	6663	40.15	4773	6.37	1148	873	501
B Blende (schlich).	8392	35.13	3018	42.26	4033	—	—	—	—
C Galène.	2671	5.35	443	73.94	4975	72.74	4943	502	488
D Galène (schlich).	2983	—	—	—	—	64.27	4929	361	348
<i>Total des produits utiles.</i>	31708	34.20	9824	46.71	4804	21.72	5020	533	4337
Résidus et stériles	48139	9.38	4704	4.52	820	0.35	400	4280	64
Résidus	2914	23.05	671	17.04	496	42.47	363	452	82
Stériles	20794	15.53	3230	8.34	4734	4.24	882	626	276
<i>Total</i>	73552	20.97	45436	40.67	7854	8.65	6365	553	4739
PERTE AU LAVAGE	42383	—	4697	—	5491	—	2798	—	1181
ID. POUR CENT.	44.40	—	9.91	—	41.16	—	30.54	—	40.17
PRODUITS UTILES	31708	—	—	—	—	—	—	—	—
A Blende	26054	37.15	9681	—	—	—	—	—	—
B Galène	8654	—	—	—	—	68.70	3872	428	836
MINÉRAI BRUT.	85937	49.95	47444	45.40	43231	10.88	9350	672	3142
PRODUITS :									
A Blende	49015	36.51	6943	9.92	48.86	5.60	1064	4055	561
B Blende (schlich)	8571	32.59	2793	—	—	5.60	484	400	96
C Galène	5811	6.78	394	70.42	4092	69.27	4025	436	877
D Galène (schlich)	3370	—	—	—	—	61.10	2181	301	328
<i>Total des produits utiles.</i>	36967	30.33	40130	24.08	5978	20.96	7750	481	4862
Résidus et stériles	22294	44.43	2548	5.35	4193	4.05	235	996	417
Résidus	4842	28.66	528	20.52	378	14.66	270	622	84
Stériles	48386	17.65	3245	7.78	4430	3.00	552	740	204
<i>Total</i>	79.489	20.70	46451	41.30	8979	41.08	8807	515	2267
PERTE AU LAVAGE	6448	—	690	—	4252	—	543	—	875
ID. POUR CENT.	7.50	—	4.03	—	32.13	—	5.81	—	27.85
PRODUITS UTILES	36967	—	—	—	—	—	—	—	—
A Blende	27386	33.29	9736	—	—	—	—	—	—
B Galène	9381	—	—	—	—	66.15	6206	388	1205
PERTE TOTALE	48970	—	7405	—	—	—	3144	—	4937
ID. POUR CENT.	56.98	—	43.20	—	—	—	33.61	—	61.65

NOTA. — Les frais directs de préparation par la méthode allemande étaient de 67^f, 84. Par la méthode anglaise, ils étaient de 79^f, 74 ; mais le premier chiffre ne comprend ni la force motrice des cribles et des tables, ni l'intérêt et l'usure des appareils, transmissions et moteurs, qui seraient certainement pencher la balance en sens inverse.

VI. Le crible sarde et les minerais de la Sardaigne.

Le perfectionnement est souvent voisin de l'état primitif. Nous en aurons la preuve sans sortir de l'Exposition.

La belle collection de minerais et de roches de la Sardaigne, exposée dans le secteur italien par M. LÉON GOÛIN, contenait des produits de la préparation sarde, que nous trouvons décrite dans une notice très-intéressante, due à M. Goüin (1).

Les mines sardes, qui ont, depuis quelques années, absorbé l'attention des producteurs de plomb et de zinc, en France, en Belgique et en Angleterre, disposent rarement d'un matériel considérable pour la préparation de leurs minerais. Une laverie sarde se compose généralement d'une ou deux séries de cribles, qui sont à la fois débourbeurs, classificateurs et finisseurs, mais qui, tout grossiers qu'ils sont, donnent des galènes à 80 p. 0/0 : quelquefois un caisson allemand peut s'ajouter au crible pour traiter les parties fines. Gennamari, Ingurtosu, qui sont aujourd'hui des exploitations importantes, n'ont eu pendant longtemps d'autres ressources.

Le crible *sarde* se compose d'une cuve en bois dans laquelle trempe un crible à bras, suspendu par une corde double à un bâton élastique fixé dans le mur. Les cribles ont une manière assez originale de produire les secousses ; elles entortillent les cordes en imprimant au crible un rapide mouvement gyrotoire ; le crible remonte par cette torsion ; la corde, en se détordant, s'allonge, et le crible redescend en tournoyant. Ce mouvement de rotation contribue à laver le minerai. Un premier débourbage se fait sur une table placée entre les deux cribles ; un ouvrier y racle le minerai sous un courant d'eau. Deux cribles sont généralement conjugués. Le premier a

(1) *Notice sur les mines de l'île de Sardaigne*, par M. Léon Goüin, ingénieur civil des mines. — Cagliari.

des mailles de 7 millim. C'est proprement l'appareil classer. Il donne des stériles, puis deux classes de densités différentes, désignées sous le nom de *deuxièmes* et de *troisièmes*, et un fond de cuve composé de grenailles denses inférieures à 7 millim. Ces grenailles, ainsi que les *deuxièmes*, *pistées*, c'est-à-dire broyées par des enfants entre un bloc de fonte et un marteau (*pestare*), sont retraitées sur le second crible dont la maille n'a qu'un mill. Ce travail donne des *premières*, *deuxièmes* et *troisièmes*, et des fonds de crible traités au caisson allemand. Un caisson suffit, et au-delà, pour le crible. Les *deuxièmes* et les *troisièmes* du second traitement sont généralement mises en réserve jusqu'au jour où l'on en a suffisamment pour que leur traitement vaille le montage d'une préparation mécanique plus complète.

La question des transports étant de premier ordre dans un pays manquant de routes communales, comme la Sardaigne, le traitement que nous venons d'esquisser, d'après M. Gouin, offre d'énormes avantages. Il permet de monter un atelier en huit jours, et ne requiert qu'une quantité d'eau très-faible.

Là où l'ancienne laverie sarde coexiste avec des appareils plus récents, l'avantage a souvent été pour la première. Les cribles perfectionnés coûtent plus cher, font souvent moins et donnent des produits moins riches. Cela s'explique : le classement par grosseurs est rarement poussé assez loin pour qu'on puisse exiger, d'un crible perfectionné, les mêmes résultats que du crible sarde, dont le travail est basé sur l'absence de classement, et qui opère à la manière des cribles de la méthode anglaise.

Dans certains ateliers sardes, le travail du *pistage* est remplacé aujourd'hui par celui de la machine à casser, que les circonstances obligent trop souvent à mouvoir à bras d'hommes.

Quelques chiffres établiront mieux la perfection relative obtenue dans les laveries sardes : à la laverie *Marie-Thérèse* (Ingurtosu), composée de 9 cribles et d'un caisson

allemand, un crible passe un mètre cube et produit 4 à 500 kilog. de minerai par jour : le caisson allemand produit 3 tonnes par semaine. Le prix de revient de la tonne est de 25^f,26. Dans les préparations mécaniques plus développées d'*Ingurtosu* et de *Casargiu*, dépendant de la même mine, le prix de revient n'est guère inférieur. Il était, en 1866, de 24^f,49 à *Ingurtosu*, et de 22^f,11 à *Casargiu*.

A la mine de *Montevecchio*, la plus importante des exploitations de galène de l'île, on a dû supprimer les cribles mécaniques et revenir au crible sarde. Deux laveries sardes, conservées dans leur intégrité, donnent du minerai à 75 p. 0/0 de plomb et 72 à 82 gr. d'argent aux 100 kilog. : un atelier de préparation mécanique plus complet reçoit les *deuxièmes* et les *troisièmes* de ces laveries et les amène à une teneur de 64 p. 0/0 de plomb et de 40 à 60 gr. d'argent aux 100 kilog.

Dans le *Salto de Gessa*, où sont concentrées certaines exploitations de carbonate, au contact des schistes et des calcaires siluriens, parmi lesquelles se trouve la mine de *Canale Grande*, appartenant à la Société Dumont frères, de Sclaigieux, M. Gouin assure que les laveries sardes, sont ce qu'il y a de mieux jusqu'à présent pour ce minerai de préparation assez difficile.

C'est du moins le cas pour la laverie de la mine de *Masua*, et pour celle de *Fontanamare* (mine de *Nebida*), où l'on a adopté le système sarde après des essais de cribles perfectionnés.

Dès que le minerai devient complexe et que la blende s'y allie à la galène, les laveries sardes ne peuvent plus suffire à la préparation. De là vient que l'exploitation des mines de blende et galène commence seulement à se développer en Sardaigne, tandis que la reprise de l'exploitation des mines de galène y date déjà de 1840. C'est ainsi que la mine de *Rosas*, qui exploitait, en 1851 et 1852, un mélange intime de blende et de galène, à

35 p. 0/0 de plomb, dut bientôt cesser ses travaux, faute de préparation mécanique.

Les mines appartenant à la Société *Sardo-Belge*, ne doivent leur accroissement rapide qu'à l'établissement récent de la préparation mécanique du *Dam*, à Anvers, où les minerais arrivent grevés de frais de transport qui sont en moyenne de 40 fr. à la tonne. Remarquons, en passant, que ces frais s'élèvent singulièrement par les transports effectués dans l'intérieur de l'île, suivant la situation des mines. Les transports maritimes coûtent 28 à 33 fr. de Cagliari à Anvers, et 30 fr. environ, si le chargement se fait sur la côte orientale, dans de bonnes conditions. Mais ces conditions sont rares, car les mouillages des côtes sont loin d'être favorables par tous les temps, comme le port de Cagliari.

La Société *Sardo-Belge* exploite la mine de l'*Argentière* (district de *la Nurra*), à l'est du détroit de Bonifacio, au sud de la petite île de la Madeleine, voisine elle-même de Caprera. Les minerais sont chargés à bord du navire à Porto-Conti (côte ouest), après un trajet d'un kilom. par terre, et de 24 kilom. par mer. Le premier trajet coûte 1 fr., le second 9 fr. Le filon se présente dans le schiste silurien. Il a été exploité très-anciennement, par suite de sa richesse en argent ; de vastes cavernes ouvertes dans les rochers qui avoisinent la mer rendent témoignage de ces anciens travaux. Le minerai qui varie de 0^m,60 à 2 mètres et plus de puissance, est une blende peu plombeuse qui s'enrichit en plomb dans la profondeur. Certains échantillons ont donné 55 p. 0/0 de plomb, et 4,090 grammes d'argent à la tonne. Les blendes rejetées par les anciens ont donné lieu jusqu'aujourd'hui à une exploitation importante. Ces blendes cristallisées avec zones quartzzeuses, contiennent 25 p. 0/0 de zinc, 6,5 p. 0/0 plomb et 200 grammes d'argent à la tonne. Ce minerai ne présente pas de grandes difficultés de préparation.

Il en est tout autrement pour les produits des deux autres mines, *Sa Lilla* et *Sa Spiluncargiu*, exploitées par

la même compagnie dans le sud de l'île, à 18 heures de cheval de Cagliari et à 24 kilom. du port de Murtas. Le transport jusqu'au navire, ne coûte pas moins de 26 fr. pour le minerai de *Sa Lilla* et 21 fr. pour celui de *Sa Spiluncargiu*.

Le minerai de *Sa Lilla* est au contact des schistes et des calcaires et se compose d'un mélange très-intime de galène et blende avec gangue de serpentine. Sa composition utile est 35 p. 0/0 de zinc, 24 p. 0/0 de plomb et 200 grammes d'argent à la tonne. Ce minerai présentait à la préparation mécanique un problème insoluble en Sardaigne et très-difficile dans un pays disposant de ressources meilleures. On fit de nombreux essais au *Dam* avant d'avoir trouvé la formule de ce traitement : fours d'étonnement, moulin, Merckelbagh, table de Brunton, lavoirs à schlamms, caisses pointues à courant ascensionnel, ne donnèrent pas de bons résultats. Les fours produisaient des boues impossibles à classer, les toiles des moulins s'altéraient, la ténuité du mélange retardait le jeu des densités aux tables, les classeurs donnaient trop de pertes et les caisses pointues donnaient une production trop faible. C'est alors que l'on eut l'idée d'introduire au *Dam* la table à secousses latérales, dont nous nous occuperons ultérieurement.

Le minerai de *Sa Spiluncargiu* est analogue, mais contient de plus de la chalkopyrite et de la pyrite, dont le mélange est loin de rendre la préparation plus facile ; ce minerai contient : zinc 17 p. 0/0, plomb 12 p. 0/0, cuivre 7,5 p. 0/0, argent 140 grammes à la tonne.

Nous avons cru que ces détails relatifs aux mines appartenant à la Société *Sardo-Belge* pourraient intéresser nos lecteurs. Le fait de la création de l'atelier du *Dam*, à Anvers, à quelque 500 lieues des mines est remarquable et fait saisir les limites dans lesquelles le procédé sarde est applicable.

La mise en valeur des richesses minérales de la Sardaigne, soutient la lutte contre des ennemis redoutables,

le climat, le manque d'eau et de combustible, la difficulté des transports. Le climat limite singulièrement l'abondance de la main-d'œuvre pendant les 4 mois d'été. Pendant ces mois, il n'y a guère que les laveries qui puissent marcher : les Sardes forment presque exclusivement la population ouvrière de ces ateliers. L'ouvrier sarde est rarement mineur, cependant, son éducation commence à se faire. Les mineurs sont généralement piémontais ; mais, dès le mois de juin, ils fuient la *mal'aria*, à laquelle ne résiste pas toujours l'ouvrier sarde non habitué à la localité. M. Gouin constate toutefois une diminution sensible de la maladie depuis que les constructions et le bien-être se développent.

La main-d'œuvre est à un taux assez variable : le mineur étranger gagne de 2^f,50 à 5 fr. par jour ; le mineur sarde 2 à 3 fr. Voici les prix des salaires à la laverie de *Monterecchio*, en 1866.

Mancœuvres (transport et cassage du gros).	1 ^f ,50
Triage et <i>pistage</i> (garçons ou filles).	. . . 0 ^f ,80
Cribleuses 1 ^f ,10



LES
CHEMINS DE FER
A L'EXPOSITION UNIVERSELLE

PAR
M. CH. GOSCHLER
INGÉNIEUR

PREMIÈRE PARTIE



CHEMINS DE FER

Le but et l'utilité des chemins de fer, leur influence sur les progrès de l'activité humaine, les bienfaits qu'ils répandent à profusion dans le monde, tout a été si bien développé et si complètement étudié à divers points de vue, qu'il ne reste probablement que fort peu de chose à dire sur ce sujet.

Mais si chacun sait aujourd'hui la place considérable que l'industrie des chemins de fer, — quoique de création toute récente, — a déjà conquise dans la civilisation actuelle, par la mesure des besoins satisfaits, on possède une notion moins complète des moyens qu'elle met en œuvre. Aussi, nous semble-t-il intéressant, avant d'aborder l'étude des progrès réalisés par cette industrie, de placer sous les yeux du lecteur quelques renseignements propres à lui faire comprendre le rôle que les chemins de fer jouent dans le monde industriel.

L'étendue du réseau des voies ferrées actuellement en voie d'exploitation ou en construction, n'atteint pas moins de 150,000 kilomètres en nombre rond, ce qui représente en moyenne une longueur de 500 kilomètres par million d'habitants. Nous n'entendons parler ici que des lignes desservant des centres peuplés, des localités importantes. Lorsque les chemins de fer auront atteint leur entier développement, que toutes les agglomérations de quelque intérêt seront reliées à leur tour à ces grandes artères de circulation, on ne comptera pas moins de un mètre de voie ferrée par habitant, le double de l'état actuel.

Mais ne portons pas nos investigations jusqu'à cette époque, qui, cependant, n'est pas très-éloignée, et contentons-nous de raisonner sur les faits qui, se passant sous nos yeux, ont pour nous un intérêt immédiat.

Et, d'abord, quelle est la valeur des sommes absorbées par cette industrie ?

Pour nous rendre compte de l'importance des capitaux appliqués aux chemins existants, nous pouvons établir la division suivante qui, sans être rigoureusement exacte, ne s'écarte pas très-sensiblement de la vérité dans son ensemble.

	Nombre de kil. construits.	Prix moyen.	Dépense totale.
1°	20 000 kilomètres	ayant coûté 600 000 ^f le kil.	12 000 000 000 fr.
2°	40 000	— 475 000	— 19 000 000 000
3°	60 000	— 350 000	— 21 000 000 000
4°	20 000	— 225 000	— 4 500 000 000
5°	10 000	— 150 000	— 1 500 000 000

Soit 150 000 ayant coûté en moyenne 387 000^f ^{et en} _{totalité} 58 000 000 000 fr.

Cette dépense peut se répartir ainsi sur la valeur moyenne par kilomètre de chemin :

Dépenses générales, études, direction, etc.	45 000 fr.
Terrains	45 000
Terrassements et ouvrages d'art	130 000
Voies proprement dites (double voie).	65 000
Clôtures, bornage et accessoires.	5 000
Bâtiments, stations.	50 000
Matériel et accessoires des stations.	18 000
Matériel de transport.	45 000
Outils des ateliers de réparation et d'entretien . .	13 000
Total égal.	386 000 fr.

Le matériel roulant qui circule sur ces lignes peut s'évaluer comme suit, en prenant des moyennes générales, bien entendu :

	Par kilom.	Nombre.
Locomotives avec tenders.	0,25	37 500
Voitures à voyageurs.	0,75	112 500 à 2 essieux.
Fourgons à bagages.	0,15	22 500 —
Wagons à marchandises.	5,00	750 000 —

Ce qui donne pour dépenses d'acquisition du matériel roulant seul, par kilomètre :

Locomotives et tenders	20 000 fr.
Voitures à voyageurs	6 000
Fourgons.	1 000
Wagons à marchandises.	18 000
Total.	<u>45 000 fr.</u>

Si à cette somme, on ajoute celle de 65 000 fr., coût du matériel des voies proprement dites, on aura un total de 110 000 fr. comme dépense d'établissement du chef de matériel fixe et roulant.

En évaluant à 15 années la durée de ce matériel, ce qui nous paraît considérable, il faut une somme de 7 000 fr. par année et par kilomètre pour en couvrir les dépenses de renouvellement. Multipliée par le nombre de kilomètres indiqué plus haut, nous trouvons que la somme réclamée annuellement par l'entretien du matériel des chemins de fer ne comprend pas moins de 950 000 000 de francs. — Si nous envisageons la question au point de vue des dépenses d'exploitation en général, nous verrons que le capital mis en mouvement de ce chef seul s'élève au chiffre énorme de 2 250 millions, que les recettes brutes donnent un capital de près de 5 milliards, et qu'enfin le revenu net des railways s'élève à 2 700 millions, soit près de 5 p. 0/0 du capital d'établissement.

Les dépenses d'exploitation peuvent s'établir ainsi, par kilomètre et par an :

Entretien et surveillance de la voie et stations.	Sommes.	Rapport.
Service des transports.	4 500	30
Administration et frais généraux. .	9 000	60
	1 500	10
Total.	<u>15 000</u>	<u>100</u>

Or, les recettes brutes de toute nature se chiffrent, en nombres ronds, de la manière suivante, en écartant les chemins exclusivement livrés à l'une des deux catégories de transports, voyageurs ou marchandises :

	Sommes.	Rapport.
Trafic des voyageurs.	9 900 fr.	30
Trafic des marchandises. . . .	21 430	65
Recettes diverses.	1 650	5
Total.	33 000 fr.	100

Excédant des recettes sur les dépenses :

	Sommes.	Rapport.
Recettes	33 000 fr.	100
Dépenses.	15 000	45,5
Différences.	18 000 fr.	54,5

Ces chiffres ne donnent qu'un aperçu des relations des chemins de fer avec le monde financier et industriel ; car la masse énorme de capitaux que mettent en jeu les nouvelles voies de communication, l'influence considérable qu'elles exercent dans toutes les directions, par les besoins incessants que réclament l'entretien et le renouvellement du matériel, les facilités de toutes sortes que les usines trouvent dans l'emploi des voies rapides et économiques sont incalculables. — Pour l'agriculture et le commerce, ces pionniers de toute civilisation, leur prospérité n'est pas moins directement liée au développement des voies ferrées, par l'économie, la rapidité des transports et les moyens qu'elles mettent à leur disposition, en facilitant les grandes spéculations, les transactions lointaines.

Si nous avons réussi à faire ressortir par les lignes précédentes l'importance de la question de chemins de fer en général, on comprendra sans peine l'intérêt qu'il y a pour l'observateur à constater les progrès réalisés dans la construction et l'exploitation des voies ferrées, puisque chaque amélioration, si petite quelle soit, prend, par son application sur l'immense étendue qui lui appartient, une importance considérable qui se traduit bientôt, ou en diminution de dépense, ou en augmentation de bien-être, de sécurité, enfin, en une conquête nouvelle de la civilisation sur la barbarie, de l'esprit sur la matière.

En bornant notre travail à la recherche des perfectionnements apportés dans ces dernières années, et que l'Exposition universelle de 1867 a mis en lumière, nous diviserons cette étude en trois chapitres :

- I. — Construction des chemins de fer ;
- II. — Locomotion ;
- III. — Exploitation.

CHAPITRE PREMIER.

CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER.

TRACÉS.

En commençant cette note, nous avons le regret de constater l'absence presque complète de renseignements sur les tracés de chemins de fer en cours de construction ou exécutés dans ces dernières années.

Il ne manquait cependant pas d'exemples à fournir sur les solutions trouvées pour l'établissement des chemins de fer dans les contrées privées jusqu'alors du nouveau mode de communication, soit par leur éloignement des grandes directions de la circulation générale, soit par la nature des difficultés inhérentes à leur condition topographique. A ce titre, nous aurions voulu rencontrer à l'Exposition les tracés intéressants à tous les points de vue du chemin de fer qui, franchissant les Alpes par le col du Brenner, relie aujourd'hui le Tyrol et les lignes de l'Allemagne méridionale avec le réseau italien par Vérone ; les études des ingénieurs suisses faites en vue de rejoindre ce dernier réseau par Milan et Gênes, à travers

le Saint-Gothard ; les deux lignes parallèles qui cotoient le Rhin sur la plus grande partie de son majestueux et pittoresque parcours ; les chemins des Pyrénées ; les lignes des Alpes et du Plateau central, qui doivent compléter le 3^e réseau français ; les chemins des Charentes, si économiquement établis.

Il faut donc savoir gré à la Compagnie du chemin de fer de Vitré à Fougères de son exposition des plans, profils, ouvrages d'arts de sa ligne exécutés sous la direction de M. Debauge, ingénieur en chef ; exposition intéressante sous divers aspects, mais principalement au point de vue de la dépense d'établissement. Il ne suffit pas, en effet, de construire un chemin de fer ; — les ingénieurs ont fait leurs preuves, et résolvent les questions les plus ardues que le constructeur puisse rencontrer ; — il faut encore que le chemin soit établi de manière à pouvoir vivre et faire vivre ses fondateurs. Sous ce rapport, le chemin de Vitré à Fougères, comme ses anciens les chemins écossais, paraît satisfaire à la condition du problème, — les chemins de fer à bon marché.

En plan, le tracé se décompose en 80 alignements droits d'une longueur totale de 19 500 mètres et 79 courbes développant 17 500 mètres, dont les rayons varient de 250 à 500 mètres. Le profil en long présente 46 paliers d'une longueur totale de 15 400 mètres, et 54 plans inclinés mesurant 21 400 mètres et dont la déclivité maxima ne dépasse pas 0^m,015. Les ouvrages d'art sont nombreux ; mais le tracé s'est appliqué à diminuer leur importance et, autant que possible, leur nombre qui atteint encore le chiffre de 94. En résumant les divers chapitres de dépense, on arrive au tableau suivant :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES.	DÉPENSES		PART pour 100.
	Totales.	Par kilomètre.	
1° Administration, personnel, frais généraux, etc.	210 900 ^f	5 700 ^f	8,3
2° Acquisitions de terrains	288 600	7 800	11,6
3° Terrassements	299 700	8 100	12,0
4° Ouvrages d'art	270 100	7 300	10,3
5° Ballastage	170 200	4 600	6,8
6° Voie de fer et ses accessoires	888 000	24 000	95,5
7° Stations, constructions diverses, mobilier, etc.	185 000	5 000	7,4
8° Matériel roulant	185 000	5 000	7,4
Totaux.	2 497 500 ^f	67 500 ^f	100,0

Nous ferons remarquer toutefois que le ballastage de la voie n'est qu'incomplètement porté sur le tableau, et que, d'autre part, le matériel roulant étant en grande partie fourni par la Compagnie de l'Ouest, la dépense correspondant à la charge de la Compagnie du chemin de Fougères à Vitré est loin d'atteindre le chiffre exact du matériel roulant qu'exigerait le trafic de cette ligne.

Si, dans le cas particulier qui nous occupe, on a pu arriver à une construction éminemment économique, il n'en sera pas toujours de même dans toutes les localités, et l'on peut dire que les circonstances se prêteront rarement à l'application de cette solution, pour l'établissement de chemins de fer de petite communication ou de trafic réduit. C'est alors qu'il convient d'avoir recours à l'emploi de voies spéciales, dont les dimensions restreintes facilitent la construction économique; le faible écartement des rails exigeant la réduction proportionnelle des dimensions du matériel roulant; ce dernier, d'un poids relativement peu considérable, pourra circuler sans inconvénient sur des rails d'un poids également plus faible que ceux de la voie ordinaire, et, grâce à ce concours de conditions, on arrivera à établir ainsi une exploitation

économique là où le peu d'importance du trafic n'aurait pas permis l'établissement d'une voie ferrée dans les conditions usuelles.

La Norvège nous offre un exemple intéressant de cette solution, dans une série de dessins et de renseignements exposés par l'administration des chemins de fer de l'État. A part la ligne ouverte en 1854, entre le lac Nijösin et Christiana, et qui, destinée à se rattacher aux chemins de fer de la Suède, vient d'atteindre, en 1865, le développement total de 115 kilomètres, toutes les autres lignes construites, en voie de construction, ou simplement projetées, ont un écartement de voie 1^m,067 seulement. En ce moment, la longueur totale du réseau des lignes à voie étroite s'élève à 132 kilomètres, dont le prix de construction n'a pas dépassé 67 420 francs par kilomètre, soit 65 p. 0/0 seulement des frais exigés pour donner aux voies la largeur de 1^m,50 et les munir de rails ordinaires.

Les principales conditions d'établissement de ces chemins peuvent se résumer de la manière suivante :

La largeur de la voie est de 1^m,067 ;

Les rails, qui reposent sur des traverses, sont à base large pesant 19^k,8 à 22 kilog. le mètre courant, et réunis par des éclisses de 0^m,279 de longueur ;

Les traverses sont débitées dans des bois fendus de 20 à 25 cent. de diamètre sur 1^m,7 de longueur, placées à 0^m,90 de distance les unes des autres en ligne droite et à 0^m,80 dans les courbes, dont le rayon n'atteint pas 600 mètres ;

La largeur du ballast est de 2^m,60 à la partie supérieure, et son épaisseur est de 0^m,60 ;

La plate-forme des terrassements n'a pas moins de 4 mètres de largeur ;

Le rayon minimum des courbes est 240 mètres, et l'inclinaison la plus forte ne dépasse pas 24 millim. ;

Des deux côtés, la ligne est bordée d'un fossé et fermée par une clôture formée de pieux de bois fendus en deux, réunis par quatre perches horizontales ;

Suivant les localités, les ponts sont construits en bois ou en fer ;

Les bâtiments des stations intermédiaires sont tous construits en bois sur massif en pierre et se composent d'un *bâtiment principal* renfermant deux salles d'attente, un bureau et un appartement pour le chef de la station et l'employé du télégraphe, et d'un *magasin* placé près du quai d'où l'on fait les petites expéditions.

Nous donnerons plus loin les conditions d'établissement du matériel circulant sur ces voies et les résultats de leur exploitation.

OUVRAGES D'ART.

L'Exposition est très-riche en dessins, modèles et spécimens d'ouvrages d'art de tout genre ; malheureusement, pour le visiteur intéressé à l'étude de cette partie de l'Exposition comme à celle de plusieurs autres branches de l'industrie, il faut qu'il soit doué d'un instinct de chasseur pour découvrir tout ce que le Champ-de-Mars peut offrir à l'étude. Si nous en exceptons la collection des modèles, cartes et dessins réunis par les soins du Ministre des travaux publics de France, qui a publié sur tous ces objets une excellente notice dont nous extrayons les renseignements qui suivent, tous les autres spécimens se trouvent disséminés de côté et d'autre et quelquefois cachés là où personne ne pourrait en soupçonner l'existence.

Tunnels. — Le chemin de fer de Ceinture qui réunit toutes les lignes aboutissant à Paris, a donné lieu, dans son prolongement sur la rive gauche de la Seine, à des travaux considérables motivés par la nature du sous-sol sur lequel il est assis. La partie de la capitale qui s'étend sur cette rive de la Seine est, en effet, minée en beaucoup de points par les anciennes exploitations des bans calcaires de bonne qualité employés aux constructions de Paris. Les vides considérables qui en sont résultés et qui forment ce que l'on appelle *les catacombes*, subissent des tassements qui se manifestent quelquefois

jusque dans le sol même de la cité. Le chemin de fer de Ceinture a rencontré sous le tunnel d'Ivry, ces grandes excavations qui, sous les trépidations des trains, pourraient éprouver des déformations et compromettre la solidité de l'ouvrage (1).

On aurait pu dans ce cas, comme dans celui de la gare de l'ouest (Montparnasse), fonder les pieds-droits sur la masse vierge, en creusant des puits rapprochés pour établir des piliers reliés par des voûtes; mais les vides se trouvaient à une trop grande profondeur et, par suite, la dépense des puits eût été trop considérable.

On résolut d'établir sous l'emplacement même des pieds-droits une maçonnerie ayant pour double but de soutenir en ce point le ciel des excavations, et de contenir entre ses flancs, sous l'assiette même de la voie, des terres fortement pilonnées.

Cette maçonnerie est composée de deux murs parallèles distants de 1 mètre l'un de l'autre, formant ainsi deux *galeries d'inspection*, qui, par des jours et traverses ménagés dans le remplissage, permettent de visiter les travaux souterrains et de s'assurer en tout temps de leur état. On y descend par des puits de 0^m,80 de diamètre maçonnés et munis d'échelles en fer, ménagés à l'arrière de deux niches de garage disposées dans l'épaisseur des pieds-droits du tunnel. La voûte, construite à ciel ouvert, est en pente de 0^m,10, comme la voie. Elle s'étend sur une longueur de 202^m,39.

La plate-forme se trouve à la tête d'amont à 9^m,59 en dessous du terrain naturel, et à la tête d'aval à 13^m,72.

Le prix de revient de cet ouvrage s'est établi comme suit :

Tunnel	203 350 ^f ,45	soit par mètre linéaire	1 029 ^f ,45
Consolidations	117 493,84	—	580,53
Totaux	325 843 ^f ,99	—	1 609 ^f ,98

(1) Notice publiée par le Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, 1867.

Dans la section autrichienne, nous avons trouvé le modèle d'un cintre arrangé pour la construction des tunnels, que l'exposant, M. l'ingénieur Rziha a eu l'occasion d'appliquer dans le Grand-Duché de Brunswick, près de Naensen et Ippensen.

On sait que, pour établir la voûte d'un tunnel qui traverse une masse ébouleuse, il faut soutenir les terres par un échafaudage en bois, dont l'établissement précède celui qui sert à porter la maçonnerie, tant que la voûte n'est pas fermée.

Lorsque la pression des terres est considérable, les bois cèdent souvent sous cette pression, et leur présence devient gênante pour le travail, par suite des fortes dimensions qu'on est obligé de leur donner. Des désordres se présentent assez souvent, dès que le mouvement a commencé, et ce n'est pas sans danger et de grandes dépenses, que l'on parvient à voûter la traversée.

M. l'ingénieur Rziha s'est proposé de porter remède à ces divers mouvements, en substituant aux deux échafaudages en bois, un cintre unique composé de deux arcs en fer. L'arc inférieur forme, à proprement parler, le cintre destiné à porter la maçonnerie; l'arc supérieur, celui qui soutient la masse ébouleuse, est divisé en claveaux mobiles, faciles à retirer successivement et isolément pour les remplacer par la maçonnerie (pl. 51, fig. 1).

D'après les renseignements fournis par M. Rziha, l'économie résultant de la substitution de son procédé au soutènement ordinaire, est de 20 p. 0/0 de la dépense. Quant à la rapidité dans l'exécution, il cite le tunnel de Naensen, de 900 mètres environ, creusé dans les marnes humides du Keuper, et qui a été maçonné en pierres de taille, dans un délai de 21 mois après le creusement des tranchées de tête et du puits; celui d'Ippensen, traversant également le Keuper, sur une longueur de 220 mètres environ, et qui a été terminé en 9 mois.

Cet ingénieux procédé aurait probablement rendu de grands services lors du percement des tunnels que le

nouveau réseau du Midi a dû construire à la rencontre des contre-forts des Pyrénées, et qui ont occasionné des dépenses considérables.

Nous trouvons également, dans la même section, une application des cintres en fer au soutènement des galeries de mines ou des galeries de service qui accompagnent le percement des tunnels. Cette disposition due à M. le colonel du génie, baron de Scholl, comprend une série de cintres en ogive, formés de deux fers à simple T, boulonnés par le bas sur la semelle et réunis vers le haut par une plaque transversale en fer, fixée à chacun d'eux par deux boulons.

Une construction analogue a été exposée par la direction de la mine Friedrich-Wilhelm, près Grunenberg, en Silésie; ici, toutefois, le plein cintre remplace l'ogive et le cintre, formé de deux fers à T réunis par une éclisse à la partie supérieure, repose sur deux longrines en fer, portant elles-mêmes sur des longuerines en bois, réunies de distance en distance par des traverses.

M. Bouqueau, maître de forges à la Louvière (Belgique) et concessionnaire du chemin de fer de Braine-le-Comte à Gand, a exposé le modèle de la construction du tunnel de 400 mètres, que la ligne traverse pour pénétrer dans la vallée de la Dendre.

La méthode de M. Bouqueau consiste à établir à 15 ou 20 mètres du tunnel et parallèlement à son axe, une galerie d'allongement. A partir de cette percée, il pousse une galerie transversale jusqu'à l'emplacement du tunnel. Par là, il peut attaquer l'ouvrage au moyen de deux chantiers marchant en sens inverse. Quand la galerie d'allongement est de nouveau à une longueur convenable, on pousse encore une transversale qui fournit deux nouveaux chantiers de construction.

On peut ainsi multiplier les points d'attaque du tunnel, en donnant aux eaux un écoulement constant, ce qui n'a pas toujours lieu, quand le tunnel a une pente prononcée, et que l'on veut attaquer le travail par les deux

têtes. Le transport des déblais et des matériaux de construction peut s'effectuer par la galerie d'allongement, sans gêner les chantiers de construction.

Cette solution est intéressante, surtout lorsque les puits d'attaque que l'on pratique ordinairement pour établir plusieurs chantiers sont très-profonds, ou lorsqu'ils rencontrent des couches difficiles à traverser.

Depuis l'application des appareils mécaniques au percement du tunnel du Mont-Cenis, les perforateurs se sont multipliés, en devenant d'une application simple et économique.

MM. les capitaines Beaumont et Locok, à Londres, ont envoyé au Champ-de-Mars, une machine à creuser les roches, ou plutôt à percer les galeries. Elle se compose d'une roue en fer portant 36 fleurets, guidés par un fleuret central. La roue porte-outil est fixée à l'extrémité d'une tige de piston qui se meut dans un cylindre de 0,32 de diamètre. La machine peut battre 100 à 150 coups par minute.

M. F. Perret, avec le concours de M. de la Roche-Tolay, ingénieurs à la C^{ie} du Midi, ont établi un ensemble d'appareils de perforation très-ingéieusement combinés avec le foret Leschot, — couronnes de diamants noirs ou autres matières dures, sertis à l'extrémité du fleuret, — pour percer les trous de mine dans l'avancement des galeries des souterrains creusés dans le rocher.

L'ensemble des appareils se compose :

1° D'un perforateur ;

2° D'un chariot disposé pour porter un certain nombre de ces machines à forer.

Le perforateur agit par la pression et la rotation combinées, imprimant leur action simultanée à un fleuret, dont l'extrémité est disposée pour user la pierre à percer.

Il se compose :

1° D'un arbre hexagonal de 1^m,450 de longueur, percé d'outre en outre d'un trou de 0^m,016 de diamètre. Cet

arbre, en acier fondu, est garni à son extrémité d'une bague rodeuse ou fraise, système Leschot, par exemple, qui, en définitive, produit le forage; du côté de la bague, il est porté par une douille armée d'un petit pignon conique qui reçoit, comme nous le verrons plus loin, le mouvement de rotation du *moteur*, entraînant avec lui la douille et l'arbre perforateur.

A l'autre extrémité, cet arbre tient à un piston qui se meut dans l'intérieur d'un bâti en bronze alésé sur un diamètre de 0^m,110 et 1^m,140 de longueur, sous la pression exercée contre l'une des faces du piston propulseur auquel il est attaché.

Ce piston, ayant une section de 0^m,95 centimètres carrés, peut exercer un effort de 98 kilog. pour chaque atmosphère de pression qu'il reçoit sur l'une de ses faces.

La pression est donnée par l'eau provenant, soit d'une chute naturelle et suffisamment élevée, soit d'un réservoir contenant de l'eau refoulée sous un accumulateur.

2° D'un cylindre en bronze fixé sur les côtés de l'arbre perforateur. Dans ce cylindre se meut, sous l'impulsion d'un excentrique faisant corps avec un arbre à volant, un manchon en bronze tourné et alésé, muni de lumières à ses deux extrémités. Ce cylindre reçoit à son tour un piston de 0^m,055 de diamètre, qui communique son mouvement de va-et-vient à une bielle, celle-ci à l'arbre coudé, armé d'un volant et d'une roue conique engrenant avec un pignon réuni par un arbre incliné au pignon que nous avons vu fixé sur la douille portant l'arbre hexagonal.

Si nous supposons par la pensée les cylindres de cet appareil, garnis de presse-étoupes, de robinets et tubulures amenant et expulsant l'eau motrice, nous verrons l'arbre-foret pressant sa bague rodeuse contre la roche à percer et lui donnant en même temps un mouvement de rotation communiqué par les engrenages coniques dont nous venons de parler.

Pour retirer l'outil perforateur du trou qui peut atteindre 1 mètre de longueur, il suffit de faire passer sur

l'autre face du piston presseur l'eau sous pression, qui enlève en même temps les débris logés dans le trou dont est percé l'arbre hexagonal.

Les inventeurs ont combiné dans un dessin d'ensemble huit perforateurs semblables, montés sur un chariot destiné à les mettre en œuvre simultanément, quand il s'agit de l'excavation d'un tunnel.

Ils indiquent, d'après les expériences exécutées avec l'appareil exposé, les résultats que l'on peut en obtenir et qui se résument ainsi :

A 8 atmosphères et cent tours de foret obtenus avec une dépense de 75 litres d'eau, on a percé des trous de 0,035 à 0,065 de diamètre sur des longueurs variant de 10 à 30 mill. de profondeur, selon la dureté de la roche.

Dans ces mêmes conditions, avec 8 atmosphères de pression et 250 tours de foret par minute, on pourrait obtenir dans ce temps des avancements de 0,025 à 0,050 et au prix moyen de 1^f,50 par mètre courant. Nous souhaitons que l'expérience confirme ces indications.

M. Døering, à Dortmund (Prusse), expose un perforateur à fleuret à percussion, mu par l'air comprimé. Le mouvement de percussion est donné par un cylindre, celui d'avance et de rotation par deux autres cylindres, agissant sous la pression de l'air comprimé.

M. Bergstrøm (Suède) a inventé un perforateur à percussion mu également par l'air comprimé. Le fleuret est porté par un piston mobile dans un cylindre surmonté d'un second cylindre plus petit dans lequel se fait la distribution du mouvement. La rotation du fleuret s'obtient au moyen d'une vis sans fin qui tourne sous l'action de la tige du piston et engrène avec une roue à dents calée sur une tige pénétrant dans le piston porte-fleuret. Le fleuret peut donner 300 à 350 coups par minute, et fait un tour pendant qu'il bat 20 coups.

En Amérique, M. Haupt a construit également un perforateur à percussion, dont le mode d'action se rapproche de celui de l'appareil Sommelier, employé, comme on le

sait, au percement du tunnel du Mont-Cenis. Le perforateur de M. Haupt présente, cependant, sur ce dernier, l'avantage de tenir moins de place et d'être d'une manœuvre plus facile. Le piston porte-fleuret reçoit, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, l'action de la vapeur répartie par un système de distribution particulier que M. Haupt a étudié en vue d'obtenir le meilleur effet utile de l'outil, en évitant la contre-pression sur le piston avant la fin complète de la course. Le mouvement de rotation est communiqué à l'outil d'une manière analogue à la disposition adoptée par M. Sommelier ; quant à son avancement, il résulte d'un mode de transmission particulier qui proportionne la vitesse de l'avancement à la plus ou moins grande cohésion de la roche à perforer.

Comme pour l'appareil de la C^{ie} du Midi, on peut réunir sur un même bâti plusieurs perforateurs du système Haupt, et les faire fonctionner simultanément dans plusieurs directions différentes de manière à pouvoir dégager à la fois la face de fond de la galerie sur toute sa section.

OUVRAGES D'ART EN MAÇONNERIE.

Viaduc de Morlaix. — La section des chemins de fer de l'Ouest, compris entre Rennes et Brest, traverse par un viaduc la ville de Morlaix, petit port de mer situé au nord de la presqu'île où finit le Pas-de-Calais, et où commence l'Océan atlantique. Le viaduc se développant sur une longueur de 292 mètres franchit à une hauteur de 56^m,75, les rues et les quais du bassin à flot.

En élévation, il présente, selon l'usage, deux étages d'arcades en plein ceintre : nous comptons 9 arcades à l'étage inférieur, et à l'étage supérieur, 14 de 15^m,50 d'ouverture. L'épaisseur des piles est de 4^m,25 aux naissances, à l'exception de 3 d'entre elles qui ont 5 mètres. Les voûtes de l'étage inférieur ont 10 mètres de longueur. Elles portent une plate-forme pavée, au niveau de la-

quelle les piles sont percées de baies en plein cintre de 2 mètres d'ouverture, formant ainsi un passage continu sous la voie de fer.

Comme particularité bonne à noter, l'épaisseur du ballast au-dessus des clefs de voûte est de 1^m,25.

Cet ouvrage a été exécuté au moyen d'un pont de service formé d'une passerelle américaine à deux planchers. Ce pont de réserve reposait sur les piles et s'élevait à l'aide de verrins.

Les matériaux étaient montés par trois machines à vapeur établies sur les quais du port, et amenées par des voies établies sur le plancher supérieur sous les grues fixées au-dessus de chaque pile. Ce viaduc a employé en fondations et en élévation 65 830 mètres cubes de maçonnerie qui ont été exécutés en deux années.

Le rapport des vides aux pleins est de 1,45 ; le cube de maçonnerie par mètre carré d'élévation est de 4^m,51, et les pressions par mètre carré sur les piles se répartissent comme suit :

Aux naissances supérieures.	4 350 kilog.
Aux socles inférieurs.	7 500
Au niveau des fondations.	8 120

Viaduc de Port-Launay. — Cet ouvrage est un des rares exemples de viaduc de grande hauteur, sans voûte de butée intermédiaire. Jeté sur la rivière l'Aulne en aval de Châteaulin et Port-Launay, il devait laisser un passage libre aux navires qui fréquentent ces ports. En retranchant de la hauteur totale de 50 mètres en moyenne, celle de 30 mètres, nécessaire au passage, et qui aurait constitué le premier étage du viaduc, il serait resté, pour l'étage supérieur, une différence de 20 mètres, disposition inverse des proportions habituellement suivies.

Les ingénieurs se sont donc décidés à composer le viaduc avec des arches d'une seule venue depuis le fond jusqu'à la plate-forme de la voie, avec une ouverture de 22 mètres. Il y en a 12 se développant sur 357 mètres de

longueur; la hauteur atteint 48^m,40 au-dessus des prairies, 52^m,50 au-dessus du niveau moyen de la mer, et 54^m,70 au-dessus du sol de fondation des piles en rivière. L'épaisseur des piles aux naissances est de 4^m,80. Elles sont appuyées par des contre-forts ayant 2^m,40 d'épaisseur au même niveau.

Pour arrêter les trépidations des trains, on a remplacé la maçonnerie de remplissage aux reins de chaque voûte, entre tympans, par trois petites voûtes longitudinales de 1^m,20 d'ouverture, et dont les murs sont contrebutés et réunis par d'autres voûtes transversales et des tirants en fer.

Le volume total de la maçonnerie du viaduc s'élève à 49 065 mètres cubes. Sa superficie en élévation est de 14 310 mètres carrés, parapet non compris. Le rapport des vides aux pleins en élévation est de 2,13, et le cube moyen de maçonnerie par mètre superficiel en élévation est de 3^m,43.

Les pressions par mètre carré sont assez considérables et ont réclamé d'excellentes fondations, des matériaux de premier choix.

On les trouve :

Aux naissances des voûtes, de . . .	5 840	kilog. par mètre carré.
A la base des piles sur les socles. . .	8 630	—
A la base des socles	9 120	—
Sur le sol de fondation	7 290	—

La construction du viaduc a duré près de trois ans.

Pont et viaducs du chemin de Ceinture. — Le chemin de Ceinture dont nous avons parlé à propos du tunnel d'Ivry, traverse le quartier d'Auteuil, les boulevards, les quais et la Seine, au moyen de trois ouvrages d'art qui ont présenté quelques particularités intéressantes.

Viaduc d'Auteuil. — Il se compose de 151 arches, en plein cintre de 4^m,80 d'ouverture et s'étend sur 1 073^m,10 de longueur. Il rencontre deux boulevards, deux rues et une route impériale, qui sont franchis les uns avec des

voûtes en arc de cercle au dixième de flèche, les autres au moyen de tabliers métalliques.

Viaduc du Point-du-Jour. — Cet ouvrage, qui fait suite au précédent, prend une largeur entre parapets de 14^m,25, motivé par l'établissement de la station en ce point. Il a 154^m,75 de longueur, et se compose de 26 arches en plein cintre de 4^m,97 d'ouverture. Le terrain qui porte ce viaduc étant de mauvaise qualité, les fondations se composent d'un premier viaduc au-dessous du niveau des chaussées latérales, formé de voûtes en ogive d'une portée double de celle des arches du viaduc en élévation; on a ainsi simplifié les difficultés de fondation.

Pont-viaduc sur la Seine. — Cet ouvrage a deux étages, chacun avec sa destination particulière. L'étage inférieur forme un pont de cinq arches elliptiques de 30^m,25 d'ouverture, portant deux chaussées et trois trottoirs, qui doivent se raccorder avec les quais de la Seine. Le second étage, qui constitue le viaduc du chemin de fer dont la voie se trouve à 10 mètres environ au-dessus des chaussées, se compose de 31 arches en plein cintre de 4^m,80 de diamètre, et flanquées aux extrémités du viaduc par deux arches en arc de cercle de 20 mètres d'ouverture pour le passage des quais.

Voici les dimensions principales de cet ouvrage :

Pont.

Longueur. — 3 arches de 30 ^m ,25..	151 ^m 25	} longueur totale : 174 ^m ,85
4 piles de 4 ^m ,72 aux naissances.	18 88	
2 demi-piles attendant aux culées..	4 72	
Largeur. — 2 parapets	1 ^m 00	} largeur totale : 31 ^m ,00.
2 trottoirs attendant aux parapets.	4 50	
2 chaussées en asphalte.....	14 50	
1 trottoir central sous le viaduc..	11 00	

L'épaisseur des grandes arches elliptiques est de 1^m,00 à la clef pour les parties extérieures, et de 1^m,60 dans la zone occupée par le viaduc.

Les piles du viaduc s'élèvent de 5^m,33 au-dessus des chaussées, avec une épaisseur aux naissances de 1^m,03. Elles sont percées sous le viaduc d'Auteuil de deux baies

de 4^m,73 de hauteur et 2^m,25 d'ouverture. Les travaux ont été exécutés pendant les années 1863, 1864 et 1865.

Viaduc de Javel. — Cet ouvrage est en courbe de 500 mètres de rayon, établi sur l'ancien lit du fleuve ; il a motivé des précautions spéciales dans les fondations, qui ont été disposées d'une manière analogue à celles du viaduc du Point-du-Jour, c'est-à-dire au moyen d'un étage inférieur composé, à partir de la Seine, de quatre voûtes ogivales correspondant aux huit premières arches de l'étage supérieur ; les autres arches correspondent à celles du viaduc en élévation.

Le viaduc de Javel a une longueur de 119^m,65, formé de 17 arches plein cintre de 4^m,80 d'ouverture.

OUVRAGES D'ART MÉTALLIQUES.

Il faudrait des volumes pour décrire tous les ouvrages d'art métalliques qui sont représentés en dessin ou en relief à l'Exposition du Champ-de-Mars. Aussi, l'embarras est-il grand lorsqu'il faut faire un choix et appeler l'attention de l'ingénieur sur leurs mérites respectifs.

Tout le monde a pu admirer à l'Exposition de Londres le magnifique travail exposé par le Creusot, constructeur du viaduc de Fribourg (Suisse). On se rappelle encore que, pour ce viaduc, à l'inverse des méthodes jusqu'alors suivies, c'est au moyen du tablier qu'ont été construites les piles métalliques qui le soutiennent.

Le même procédé a été suivi pour le montage du viaduc de Busseau-d'Ahun, à la traversée de la Creuse, sur la section de Montluçon à Limoges (Compagnie des chemins de fer d'Orléans).

Voici les particularités que les ingénieurs de la Compagnie signalent au sujet de cet ouvrage établi pour deux voies :

1° Pour chaque pile, réduction du nombre de palées à deux, au lieu de trois, comme aux viaducs de Crumlin et Fribourg. Le polygone de la pile, à la hauteur du chapi-

teau, n'a que 6 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur, dimension qui n'est que le $1/17$ de la hauteur, les arêtes étant formées par des colonnes en fonte ;

2° Les huit faces de la pile concourent en un point situé à 45 mètres au-dessus du chapiteau, l'inclinaison dans le sens de la voie est de $1/45$ et de $1/15$ dans le sens du cours d'eau ;

3° Amarrage de la charpente métallique aux soutènements en maçonnerie par des barres de fer de 0^m,09 de diamètre, pour résister aux coups de vent ;

4° Passerelle spéciale dans l'intérieur du tablier pour en faciliter la visite ;

5° Contre les suites des déraillements, platelage de 0^m,15 d'épaisseur, soutenu par des cornières entre les poutrelles espacées de 2 mètres, comme les sommets des mailles du treillis, et protection des garde-corps par deux longrines chasse-roues ;

6° Répartition de la charge du tablier sur les deux palées au moyen d'appuis à charnière placés au milieu de la distance qui sépare les deux palées.

Voici les conditions principales d'établissement de ce viaduc, supporté par cinq piles mixtes et deux culées en maçonnerie :

Métal et maçonnerie.

Longueur totale.	308 ^m ,70
Longueur du tablier	286 ,50
Écartement des piles (d'axe en axe)	50 ,00
Largeur entre garde-corps.	8 ,00
Hauteur des piles métalliques centrales.	33 ,90
— — — extrêmes.	20 ,20
Hauteur du viaduc au-dessus de l'étiage.	56 ,50
Hauteur moyenne.	33 ,47

Dans chaque mètre courant de tablier, il est entré 4 170 kil. métal, à 0^f,61, et environ 2 mètres cubes de bois de charpente.

Dans chaque grande pile :

Fonte, 99 406 kil. à 0^f,43. } Ensemble 135 524 k., ou par mètre
Fer, 56 118 kil. à 0^f,63.. } de hauteur de pile, 4 600 kil. environ.

La durée d'exécution, depuis la rédaction des projets jusqu'aux épreuves réglementaires, a été de 2 ans (1863-1864).

Le viaduc de la Cère, construit par la même Compagnie, sur la section de Figeac à Aurillac, diffère du précédent en ce qu'il est établi pour une seule voie. Les piles ont relativement plus d'empatement qu'au Busseau-d'Ahun; leur longueur, au niveau du chapiteau, est de 5^m,00, et leur largeur de 2^m,50; le sommet de la pyramide s'élève à 37^m,50 au-dessus du chapiteau, ce qui donne aux faces un fruit de 1/30 dans le sens de la voie, et de 1/15 dans l'autre sens.

Les barres d'amarrage, exposées à de forts coups de vent, ont un diamètre de 10 centimètres.

Le lançage de ce viaduc, comme celui du Busseau-d'Ahun, a différé du lançage du pont de Fribourg, par l'installation du treuil sur le tablier et la prise des points d'appui, non pas sur les rives, mais sur les piles, en tirant sur chacune d'elles avec une intensité égale à la force d'entraînement qu'exercent les frottements résultant de l'avancement du tablier.

Ce viaduc a cinq travées qui s'élèvent à 55^m,30 au-dessus de l'étiage de la Cère. En voici les dimensions principales :

Longueur totale du viaduc.	308 ^m ,50
Longueur du tablier.. . . .	236 ,50
Écartement des piles (d'axe en axe).	50 ,00
Largeur entre garde-corps.	4 ,50
Hauteur des piles centrales.	33 ,90
— — extrêmes.	20 ,20
— moyenne.	32 ,70

Le poids de métal par mètre courant de tablier a été de 2 260 kil., à 0^f,62.

Il est entré dans une grande pile :

Fonte, 72 972 kil. à 0 ^f ,45. }	Ensemble 125 386 k., ou par mètre courant de pile, 3 700 k. de métal.
Fer, 52 414 kil. à 0 ^f ,69. }	

Outre les deux viaducs que nous venons de citer, la Compagnie d'Orléans a projeté récemment la construction de quatre nouveaux viaducs à une voie, échelonnés sur la ligne de Commeny à Gannat, sur un espace de 25 kilomètres. Aucun d'eux n'a figuré en dessin ou en modèle au palais du Champ-de-Mars ; nous croyons, cependant, que nos lecteurs ne liront pas sans intérêt quelques renseignements sur leurs dispositions générales, renseignements que nous empruntons à une communication faite par M. Nordling à la Société des Ingénieurs civils dans la séance du 22 novembre dernier.

Les quatre viaducs à construire sont ceux de :

La Bouble, dont la hauteur totale atteint	66 ^m ,10
Le Bellon, — — —	48 ,50
La Sioule, — — —	58 ,80
Neuvial, — — —	44 ,00

Dans les nouveaux viaducs, le platelage en chêne, dont on a recouvert les ouvrages de Busseau et de la Cère, a été remplacé par un parquet entièrement métallique, formé de fers spéciaux, dont la forme rappelle l'oméga, ayant 0^m,24 de largeur sur 0^m,12 de hauteur et pesant 19 kilogrammes par mètre.

Le chapiteau à charnière des piles a été perfectionné ; les tabliers reposent exactement sur l'axe des piles, tandis qu'à Busseau et à la Cère, où la charnière n'a été adoptée qu'en cours d'exécution, les tabliers présentent deux renforts verticaux, qui étaient destinés à s'appuyer directement sur les arbalétriers. Le nombre des arbalétriers, qui était de 12 à Fribourg, et 8 à Busseau et à la Cère, est ici réduit à 4. On échappe ainsi à tout danger de répartition inégale et imprévue de la charge du tablier entre les différentes palées.

Une question importante dans le calcul des dimensions de différentes portées d'un viaduc, c'est l'influence de l'action du vent. Toutefois, il existe à cet égard un désaccord assez grand entre les ingénieurs français et étran-

gers, et le chiffre de 270 kilog. par mètre carré adopté par M. Nordling, pour représenter l'effort du vent, est considéré par les premiers comme exagéré et comme trop faible par les autres. Quoi qu'il en soit, pour résister à ces efforts de renversement, M. Nordling a appliqué aux étages inférieurs des piles de fortes contre-fiches ou jambes de force. Pour les piles élevées et placées dans l'eau, ces contre-fiches épousent la forme des avant-becs; pour les petites piles carrées, les arbalétriers eux-mêmes font l'office de contre-fiches, au moyen d'un fort évase-ment curviligne.

Le prix de ces constructions est relativement faible, comme on peut en juger par les détails suivants.

En ne considérant que la superstructure métallique, abstraction faite du soubassement en maçonnerie et des culées, le mètre courant de hauteur de pile reviendra, d'après les marchés conclus, à :

1 600 fr.	pour la Bouble ;
1 200	pour Neuvial.

Pour la Cère, le même prix était de 2 040 francs.

Le prix du mètre carré d'élévation de superstructure de la Bouble sera de 51 fr., au lieu de 81 fr. pour la Cère. Si, comme ce prix décroît quand la hauteur augmente, on se borne à considérer une travée centrale de la Bouble de 50 mètres de portée et de 62 mètres de hauteur, on trouve :

	Prix courant de longueur.	Par mètre carré d'élévation.
Tablier.	4 293 ^f	20 ^f ,90
Pile (Pune, 87 950 ^f)	1 759	28 ,30
Ensemble.	3 052 ^f	49 ^f ,20

Il ne faut pas oublier, toutefois, que le prix de 49^f,20 est un prix théorique qui, en réalité, sera forcément dépassé pour l'ensemble des quatre viaducs projetés, parce que : 1° il ne comprend pas les fondations et que, 2° le mètre carré coûte plus cher quand la hauteur décroît.

L'ensemble des piles et tabliers métalliques des quatre viaducs de la ligne de Gannat, doit coûter 1 590 000 fr.

(non compris les maçonneries), pour une longueur de 688 mètres, soit 2 300 fr. par mètre courant de superstructure métallique.

Pont de la place de l'Europe. — L'abaissement du niveau de la place de l'Europe, à trois mètres en contre-bas du sol primitif, a exigé la suppression des deux souterrains traversés par les diverses lignes de chemins de fer partant de la gare Saint-Lazare, à Paris. Ces deux souterrains qui, ensemble, présentaient un passage libre de 22 mètres seulement, ont été remplacés par un pont au-dessous duquel l'espace réservé à la circulation ne mesure pas moins de 85 mètres transversalement à l'axe des travées, dont les deux extrêmes ont 30 mètres d'ouverture et celle du milieu 25. La forme irrégulière que présente le pont de la place de l'Europe a été déterminée à la fois par la direction des rues qui viennent y aboutir et par les directions des voies en fer qui passent en dessous. Celles-ci se trouvent comprises entre deux culées en maçonnerie de 2^m,50 d'épaisseur, formant entre elles un angle de 15°,5', motivé par les directions des constructions de la gare et mesurant en longueur, l'une 117^m,74, l'autre 148^m,63. Entre ces deux culées, on a établi deux piles en maçonnerie de 2^m,50 d'épaisseur, dont l'une est parallèle à l'une des culées, et l'autre affecte la forme d'un V, dont les branches sont parallèles aux deux directions indiquées. La surface totale de l'ouvrage comprise entre les parements extérieurs des culées est de 8 480 mètres carrés, sur lesquels le tablier métallique en occupe 8 080. Celui-ci se compose :

D'une partie centrale de 50 mètres de longueur, correspondant à la travée du milieu et régnant sur toute la longueur comprise entre les culées ;

De quatre parties triangulaires, correspondant aux quatre rues qui limitent les têtes du pont.

Nous n'entrerons pas dans les détails de construction du tablier et des piles, qui nous entraîneraient trop loin

et nous nous bornerons à donner un aperçu du prix de revient de ces ouvrages.

Le cube total des maçonneries de toute nature est de 10 325 mètres cubes et peut se décomposer de la manière suivante :

Pierre de taille calcaire de toute provenance pour libages et maçonnerie de remplissage	865 ^{m^c}	
Granit pour socles.	430	
Pierre de taille calcaire de toute provenance en élévation.	4 285	
<hr/>		
Cube total de la pierre de taille	2 600 ^{m^c}	2 600 ^{m^c}
Moellons bruts pour remplissage	2 900	
Meulière piquée pour parements	875	
Béton pour fondations.	700	
Béton maigre pour remplissage sur les voûtes en briques	4 500	
Briques creuses pour voûtes supportant les chaussées.	1 750	
<hr/>		
Cube total des maçonneries diverses.	7 725 ^{m^c}	7 725
<hr/>		
Cube général de la maçonnerie.		10 325 ^{m^c}

Le poids total du tablier est de 3 470 000 kilog., se décomposant de la manière suivante :

Fers et tôles de toute nature		3 220 329 ^k
Fontes {	pour plaques d'appui et glissières	116 289 ^k
	pour garde-corps et corniches.	54 378
	pour contre-poids	50 095
<hr/>		
Poids total des fontes.	220 762 ^k	220 762
Acier pour plaques et rouleaux.		6 286
Plomb en feuilles		22 623
<hr/>		
Poids total du tablier métallique.		3 470 000 ^k

Quoique les décomptes ne soient pas encore définitivement arrêtés, on peut estimer le montant des dépenses à 2 450 000 fr., se décomposant comme suit :

Maçonnerie générale, y compris la chape en asphalte.	720 000 ^f
Tablier métallique	1 600 000
Pont provisoire pour assurer la circulation pendant les travaux	31 500
Travaux en régie, frais généraux et dépenses diverses	98 500
<hr/>	
Dépenses totales.	2 450 000 ^f

Cette dépense ne comprend pas les chaussées et les trottoirs, qui sont exécutés par la ville de Paris.

Les principes de mise en place des ponts inaugurés par le grand établissement du Creusot, en 1859, pour le pont de Saint-Just, sur l'Ardèche, appliqués en 1860 au pont de Fribourg, et depuis à ceux d'Orival et d'Elbeuf, ont trouvé une nouvelle application dans la construction du pont d'*El cinco* (Espagne), dont cette usine expose le modèle (pl. 51, fig. 2).

Ce pont, d'une seule arche de 70 mètres d'ouverture, franchit la vallée à 35 mètres au-dessus du Thalweg. Les fermes qui le composent sont reliées entre elles par des plaques de tôle, bombées en tous sens et rivées par les quatre bouts sur la charpente métallique, ce qui dispense de contreventements spéciaux, de planchers en charpente ou en voûtes. Ces fermes sont disposées suivant des arcs de cercle, ce qui donne une économie de poids d'un tiers environ sur les fermes droites. Le cube de maçonnerie, constituant les culées, doit être, il est vrai, plus élevé dans le premier cas ; mais ici, on en a tiré parti pour réduire les frais de montage.

En effet, la pose d'un tel pont aurait exigé, par les procédés ordinaires, une dépense considérable pour établir à cette hauteur un cintre, ou même un pont de service. Voici comment la difficulté a été tournée : on a supposé les arcs coupés par le milieu, formant ainsi deux consoles appuyées sur les plaques de retombée des culées. Pour les tenir en place, on s'est servi des fermes elles-mêmes, en les amarrant dans le massif des culées, à l'aide de tirants à écrou et de plaques d'ancrage. Connaissant le poids des éléments constitutifs des arcs, on pouvait déterminer à l'avance les efforts que les attaches avaient à supporter.

Les fermes se sont donc montées en partant des culées, par éléments trapézoïdaux, préparés à l'avance et conduits en place par des grues roulantes montées sur la plate-forme. Les ouvriers chargés de relier ces trapèzes

entre eux se tenaient sur des tabliers suspendus à la ferme même au moyen de chaînes à rouleaux, qui permettaient de relever le tablier à mesure que l'on avançait vers le sommet de l'arc.

Le montage n'a duré que trois mois, nécessitant la faible dépense de 25,000 fr., soit 100 fr. la tonne pour un poids total de 24 700 kilogrammes.

La direction royale du chemin de fer de Westphalie (Prusse) expose le modèle du tablier d'un pont sur le *Weser*, par Hœxter, section de Holzminden Altenbeken.

Le chemin de fer franchit le fleuve sous un angle 70°. La longueur du pont, suivant l'axe, est de 241^m,66. L'ouvrage se compose de quatre travées ayant chacune 56^m,49 d'ouverture.

Le poids du tablier est de 330 000 kilogrammes, soit 287 600 kilog. de fer, et 42 400 kilog. de fonte. Le mètre courant de tablier pèse donc 1 400 kilog. environ.

Si nous comparons les conditions d'établissement du tablier de ce pont et du viaduc de la Cère, nous remarquerons qu'avec des données à peu près identiques, les résultats sont très-différents. D'une part, le poids du mètre courant n'est que 1 400 kilog. environ pour le Hœxter, tandis qu'il s'élève à 2 260 kilog. pour la Cère; d'un autre côté, le prix de ce dernier n'a été que de 1 500 fr. et il est monté à 1 900 fr. pour le premier, double différence qui ne paraît pouvoir s'expliquer que par l'introduction de l'acier dans la composition de l'ouvrage. C'est là un détail de construction que le modèle exposé ne nous a pas permis de constater, mais qu'il serait intéressant de vérifier, surtout en raison de l'abaissement du prix de l'acier depuis l'extension donnée à la fabrication du métal Bessemer.

La Société du chemin de fer Rhenan expose, de son côté, une série de dessins et photographies de ses ouvrages d'art, parmi lesquels nous citerons spécialement

le pont sur le Rhin, à Coblenz. Ce pont se compose de 3 travées de 96^m,67 chacune, supportant les deux voies du chemin de fer. Les piles, construites en pierre de basalte, sont fondées sur des massifs de béton. Les culées ont 15^m,06 de longueur sur 28^m,56 de largeur, mesurées à la base. Les piles intermédiaires pleines mesurent 22^m,90 de longueur, sur 11^m,93 de largeur à la partie inférieure. Le tablier métallique de chaque travée repose sur trois fermes, celle du milieu offrant une résistance double de celle des fermes de rive. Chacun de ces supports mesure 3^m,14 de hauteur. Leur écartement est de 4^m,08. Les deux extrémités du tablier s'appuient sur des rouleaux cylindriques placés sur des patins en fonte encastrés dans la maçonnerie.

Le poids des trois travées du tablier se décompose ainsi :

Fer	1 819 593 kilogr.
Fonte.....	108 167 —

Le prix de revient a été de 3 375 000 fr., dont 1 087 500 fr. pour la partie métallique.

Nous citerons encore parmi les dessins exposés par la même Compagnie, le pont sur la Ruhr, à Mülheim; le pont sur le vieux Rhin, à Griethausen, et enfin la traversée du Rhin, à Rheinhausen, qui est un des exemples les plus intéressants du transbordement des trains sur bateaux.

La variation de niveau des hautes eaux et des eaux moyennes est de 6 mètres. On a pu racheter cette différence de hauteur au moyen de deux rampes inclinées à 1/48 (0,021), qui forment le prolongement des voies de la gare et, comme telles, peuvent être desservies par les locomotives. Sur ces rampes se trouvent deux petits chariots dont le tablier, garni d'une voie, est incliné à 1/12 (0^m,0833) en sens inverse des rampes des berges, le côté le plus élevé s'adossant à l'extrémité du pont du bateau et la partie basse en contact avec la rampe étant formée d'un plan mobile équilibré par des contre-poids, à la ma-

nière des patins des chariots roulants des chemins Badois et de l'Est.

Les rampes sont à deux voies : à chaque voie correspond un bateau toueur naviguant entre deux câbles immergés. Ces deux câbles, de 0^m,045 de diamètre, formés de sept torons composés chacun de sept fils de fer de 5 millimètres et demi de diamètre, aboutissent au centre d'une poulie horizontale montée sur un chariot-tendeur constamment rappelé en arrière par une chaîne, dont l'une des extrémités est fixée dans le terrain, tandis que l'autre soutient suspendu dans un puits un contre-poids de 7 500 kilogrammes.

Chacun des câbles d'amont, amarrés par des ancrs mouillées à 100 mètres environ du passage, sert de guide au bateau toueur. Les câbles d'aval s'enroulent autour de deux grandes poulies à gorge de 7^m,25 de diamètre, qui sont mises en mouvement au moyen d'une transmission à courroies, par une machine à vapeur à deux cylindres horizontaux, placée avec ses chaudières et tout le mécanisme sur le côté d'aval du bâtiment.

Le pont, qui a 45 mètres de long et 5^m,75 de large, ne porte qu'une seule voie disposée en trois alignements raccordés par des courbes, l'alignement du milieu, qui a 19 mètres de longueur, rejeté vers l'amont de 0^m,40, afin de laisser l'espace libre pour l'installation des machines ; les voies sont munies, à chaque extrémité, de heurtoirs placés en tête de leviers qui, tournant autour d'un axe horizontal fixé à la coque du bâtiment, peuvent s'effacer en dessous du pont et laisser passer les wagons.

Chaque bateau peut transporter en une traversée simple cinq voitures de voyageurs à quatre ou cinq compartiments.

Les abords des rampes sont défendus par des épis s'avancant à une assez grande distance dans le fleuve pour détourner le courant, préserver les rampes des affouillements et mettre les bateaux accostés à l'abri de l'agitation des vagues.

Dans la section bavaroise, on peut remarquer le modèle de l'intéressante traversée du Rhin sur pont de bateaux établie par la Direction des chemins de fer du Palatinat, pour le passage de ce fleuve à Maxau.

Un trafic peu important ; un cours d'eau navigable dont le lit se déplace et devient quelquefois à sec sur certaines parties, telles étaient les conditions que présentait la jonction de deux lignes secondaires qui relient Carlsruhe-Maxau (Bade) à Winden-Maximiliansau (Palatinat-Bavarois), séparées par le cours du Rhin à Maxau (1). La Direction des chemins de fer du Palatinat, reculant devant l'établissement d'un pont fixe ou d'un service de pontons transbordeurs, se décida pour l'installation d'un pont de bateaux.

La construction embrasse 363 mètres de longueur, dont 129 mètres sur les deux rampes de rives, et 234 mètres sur les trente-quatre bateaux-pontons qui forment la traversée du Rhin. — Les deux rampes ont une inclinaison variable de 0^m,00 correspondant aux plus hautes eaux à 0^m,040 qui se présentent, lorsque le Rhin est au plus bas niveau.

La largeur des pontons est divisée en trois sections. — Celle du milieu a 3^m,50 et sert au passage du chemin de fer, qui n'a qu'une voie. — Les deux autres sections, à droite et à gauche des rails, avec 4^m,20 de largeur chacune, sont destinées à la circulation des piétons et des voitures de routes ordinaires.

Le point délicat de la question était la liaison des diverses travées entre elles.

Voici comment on y est arrivé, en ce qui regarde la voie ferrée :

Pour les travées fixes, on a employé un tronçon de rails de 3 mètres de longueur, avec sa longrine, que l'on a fixé sur chacun des bateaux à l'aide de deux étriers

(1) Station fluviale, située à peu près à égale distance de Kehl et de Mannheim.

articulés embrassant les longrines inférieures, et serrés par des clavettes insérées sous les rails. Pour les travées mobiles dans lesquelles il importait que la liaison puisse être facilement supprimée et rétablie, on a réuni les longrines supérieures par de fortes éclisses à charnière verticale, des boulons clavetés fixant les rails sur des coussinets à une seule joue, le tout étant maintenu par de gros verrous placés à la partie inférieure et manœuvrés par des leviers.

Les trains qui circulent sur le pont se composent de quatre wagons à marchandises chargés à 10 tonnes, remorqués par une locomotive-tender à quatre roues, pesant 17^t,50.

Ces machines, établies sur les mêmes principes que les machines de gares construites pour les usines de M. de Wendel (1), ont les dimensions suivantes :

(1) Machines-tender à deux essieux accouplés, établies comme suit :

<i>Chaudière.</i> Diamètre	0 ^m ,73
— Longueur totale y compris le foyer	2 ,10
— Épaisseur des tôles de fer.	0 ,0107
— Épaisseur des plaques de cuivre du foyer	0 ,010
— Épaisseur des plaques tubulaires en cuivre	0 ,013
— Épaisseur des plaques tubulaires en fer de la boîte à fumée.	0 ,015
<i>Tubes.</i> Nombre.	113
— Longueur	4 ,000
— Diamètre intérieur	0 ,030
— Épaisseur	0 ,002
<i>Surface de chauffe.</i> Du foyer.	2 ² ,500
— — Des tubes	9 ² ,223
— — Totale.	11 ² ,723
Pression de vapeur	7 atm.
<i>Cylindres.</i> Diamètre.	0 ,180
— Course.	0 ,350
<i>Essieux.</i> Diamètre uniforme sur toute la longueur.	0 ,410
— Entraxe.	4 ,300
<i>Roues.</i> Diamètre.	0 ,750
Capacité des sondes à eau	0 ⁵ ,7416
Poids de la machine vide.	7,000 kil ^g .
Poids de la machine vide	8,750 —

Surface de chauffe.	31 ^m ,00
Diamètre de la chaudière	1 ,06
Longueur totale de la chaudière.	4 ,12
Cylindres. Diamètre.	0 ,27
— Course.	0 ,46
Roues. Diamètre.	0 ,92
Entraxe des deux essieux.	2 ,10
Poids de la machine vide	45 tonnes.

Les rampes, aux abords du pont de bateaux, inclinées à 0,030, sont gravies sans difficulté par ces machines.

Essayée sur les rampes accostant aux bateaux transbordeurs de Ludwigshafen, inclinées à 0,08, une de ces machines, avec 6 atmosphères de pression effective, a remorqué un wagon chargé à 10 tonnes (1).

L'abaissement des pontons sous ce poids de 60 tonnes réparti sur 24 mètres de longueur, ne dépasse pas 0^m,20 au point le plus chargé.

Il résulte d'un relevé statistique, fait par M. Barler, ingénieur en chef du chemin de fer du Palatinat, que les frais de trajet entre les deux stations de terre ferme à Mannheim par bateaux transbordeurs, sont de 1/3 plus élevés que ceux du trajet à Maxau (2).

Cette solution du problème du transbordement sur pontons flottants de wagons, est intéressante à mentionner.

Elle peut, sans doute, trouver d'utiles applications sur d'autres points présentant des conditions analogues, telles, par exemple, que l'établissement d'un chemin de fer provisoire en traversant un cours d'eau, ou la liaison de deux lignes disposant d'un capital trop faible pour supporter les frais de construction d'un pont fixe.

Nous mentionnerons également le modèle de pont sur le Pregel, à Königsberg, exposé par la Direction royale

(1) Sur les lignes d'inclinaison moyenne (0,04) et en rail mouillé, ces machines remorquent des trains de 150 tonnes de poids brut.

(2) *Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*, VI, Cah. 1855.

du chemin de l'Est, en Prusse, dont les poutres à courbure parabolique sont formées de simples cornières assemblées entre elles par des rivures (pl. 51, fig. 4). Cette disposition, qui présente l'avantage d'utiliser des fers de bonne qualité et des pièces d'un transport facile, a, cependant, l'inconvénient de multiplier considérablement les assemblages et les rivures. Résistera-t-elle d'une manière satisfaisante aux vibrations et aux trépidations résultant du passage incessant des trains ? C'est ce que l'avenir seul pourra nous dire.

Nous avons eu l'occasion d'étudier à Bingerbrück un système de traversée de rivière différent de ceux précédemment décrits, et qui, dans certains cas, peut également trouver une application avantageuse. Cette considération nous engage à le mettre ici sous les yeux du lecteur. La station de Bingerbrück est située au confluent du Rhin et de la Nahe, et sert de point de jonction aux lignes de Saarbruck et de Mayence-Cologne qui suivent la rive gauche du Rhin. Sur la rive droite de ce dernier fleuve court la ligne du Nassau. Entre la station de Rüdeshheim appartenant à cette dernière, et la station de Bingerbrück, on a établi une communication par transbordement des wagons sur des pontons remorqués au moyen de petits bateaux à vapeur qui font le service de correspondance d'une rive à l'autre. Chaque ponton embarque à la fois 4 wagons. Ces wagons, détachés à la station de Bingerbrück, sont poussés tous ensemble par une locomotive jusqu'à la partie supérieure d'un plan incliné descendant jusqu'au fleuve. Ce plan incliné se termine par un chevalet mobile en fer qui, suivant les oscillations du niveau de la rivière, permet aux wagons d'arriver toujours à la hauteur de pont du bateau sur lequel ils doivent passer. Aussitôt que le premier wagon en tête est engagé sur le plan incliné, le train s'arrête; on cale les roues du wagon sur les rails, on détache la machine qui va se placer à quelque distance de là, et reçoit l'extrémité d'un

câble en fer relié d'autre part au dernier wagon du train. Cela fait, après avoir calé les ressorts, on décale les roues, et le train commence à descendre, retenu dans son mouvement par la résistance que lui oppose la machine qui modère ainsi sa vitesse. Aussitôt que les wagons ont atteint l'extrémité du ponton, on détache le câble, on décale les ressorts, et le ponton, manœuvré par 4 hommes, est approché du remorqueur qui l'emmène en remontant le fleuve sur la rive opposée où, à l'aide d'une manœuvre inverse, on conduit les wagons jusque dans la gare de Rüdesheim.

Voici quelques données sur la durée de ce trajet :

Descente des wagons.

Calage des ressorts des wagons non complètement chargés.

Attache du câble	1 minute.
Descente du plan incliné	1 —
Décrochage du câble, manœuvre du ponton à la gaffe	3 —
Total.	5 minutes.

Manœuvre inverse.

Attache du ponton au chevalot	1 minute.
Attache du câble aux wagons, calage des ressorts. .	1 —
Ascension du plan incliné.	1/2 —
Calage du dernier wagon sur le plan incliné	1/2 —
Décalage des ressorts et réunion du train à la machine	1 —
Total.	4 minutes.

Le trajet entre Bingerbrück et Rüdesheim, en remontant le fleuve, s'effectue en 1/4 d'heure ; le retour ne demande que 8 minutes.

Le nombre de wagons transportés dans une journée peut atteindre 150, et le service n'exige que 2 bateaux à vapeur et 5 chalands.

Les frais d'exploitation de cette traversée se montent annuellement à 16 000 ou 18 000 thalers (60 à 67 500 fr.).

Les remorqueurs en fer ont 40^m,80 de long sur 6^m,30 de large, et 0^m,63 à 0^m,78 de tirant d'eau.

La force effective de la machine à cylindres oscillants

est estimée à 90 chevaux, et les chaudières sont timbrées à 2 kilog. La vitesse de marche est de 3^m,77 par seconde pour l'un, et 4^m,40 à 4^m,60 pour l'autre, dont les roues ont un diamètre plus considérable.

Chacun de ces remorqueurs coûte environ 133 875 fr.

Les pontons construits en bois de chêne sont de deux sortes. Les uns ont une longueur de 27^m,30, sur 5^m,33 de largeur ; disposés pour recevoir 3 wagons chargés, ils peuvent porter une charge de 67 500 kilog. et présentent, dans ces conditions, un tirant d'eau de 0^m,78. Les autres, destinés à porter à la fois 4 wagons de 10 tonnes ou 5 wagons de 5 tonnes, peuvent, avec le même tirant d'eau, supporter une charge de 85 000 kilog. et mesurent 31^m,23 de longueur sur 6^m,28 de largeur. Chacun des pontons est muni d'une voie posée sur longrines et terminée du côté de l'avant par des buttoirs garnis de tampons de choc. Le prix des premières est de 6 431^f,25, celui des seconds 7 687^f,50, non compris la voie et ses accessoires.

Des installations analogues ont été établies pour le passage de la Tay et du Forth, en Écosse, et pour la traversée de l'Elbe entre Hohnstorf et Lauenbourg, sur lesquelles le lecteur pourra trouver des détails circonstanciés dans notre *Traité pratique de l'Entretien*, tome III, chap. I.

CLÔTURES.

Nous n'avons trouvé en fait de nouveauté pour clôtures des chemins de fer que le spécimen de haies fruitières, exposé par M. Tricotel. L'ingénieuse idée de chercher à tirer parti de la nécessité où se trouvent quelques chemins de fer de se clôturer, ne nous semble, cependant, pas destinée à recevoir de bien importantes applications, car les arbres fruitiers réclament un terrain de bonne qualité, — ce que l'on rencontre assez rarement, — un arrosage fréquent pendant les premières années, — chose très-difficile à exécuter sur certains points, — et enfin un treil-

lage pour les supporter. D'un autre côté, si le treillage est supprimé, la haie fruitière devient difficilement défensive.

Le parc du matériel de la voie (section française), où se trouve placé le spécimen de haies fruitières, est fermé par une clôture de petites stations, en lattes débitées dans les déchets de bois préparés, et par deux barrières en fer. La première, exposée par la Compagnie des chemins du Midi, est une barrière roulante, avec portillon pivotant, analogue à celle que nous avons décrite ailleurs (1). Elle n'offre de particularité que l'emploi de bouts de rails Brunel retirés du service, comptés au prix de 10 fr. les 100 kilog., ce qui fait tomber le prix des deux barrières complètes, avec portillon, pour un passage à niveau, à 700 francs.

La Compagnie de l'Est, utilisant aussi quelques bouts de rails Vignoles hors de service, s'en sert pour poteaux supports de ses barrières pivotantes en fer. Le spécimen qu'elle expose est destiné aux passages à niveau de 4 mètres d'ouverture. Il nous a paru d'exécution et d'entretien peu coûteux, et d'une manœuvre facile en raison de sa légèreté, résultat rarement obtenu pour les barrières de cette catégorie.

MATÉRIEL DE LA VOIE.

Prolonger la durée du matériel de la voie, ou tout au moins en réduire les frais d'entretien : tel est le problème dont les ingénieurs poursuivent la solution avec plus ou moins de succès.

Les uns, conservant la voie dans sa composition primitive, se contentent de rechercher les moyens d'en prolonger la durée, soit en préparant les traverses en bois pour arrêter les effets de la pourriture, soit en remplaçant partiellement ou en totalité, dans la fabrication des

(1) *Traité pratique de l'Entretien de l'exploitation des chemins de fer*, 4^{re} partie, chap. III, § 3.

rails, le fer par l'acier. Les autres, sans changer la constitution de la voie dans la forme à supports discontinus, substituent le fer au bois pour en composer tantôt des traverses, tantôt des plateaux.

D'autres ingénieurs, enfin, renonçant au mode de composition suivi dans ces dernières années, ont une tendance à revenir à la voie en rails-longrines de formes très-variées, mais partant, toutes des mêmes principes : rails et supports continus ; remplacement du bois par le fer, pour les supports ; remplacement du fer par l'acier dans la partie du rail le plus exposé à la fatigue.

Passons en revue ce que l'Exposition universelle nous offre dans chacune de ces trois séries de la solution générale.

Tout le monde connaît aujourd'hui les différents procédés suivis depuis bien des années pour *préparer* les bois et ralentir les effets de la pourriture (1). Procédés par injection, par imbibition, en vase clos ou fermé ; au chlorure de mercure, au sulfate de cuivre, à la créosote ; par carbonisation, etc.

La société Otto, Steinbeiss et C^{ie}, à Brannenburg (Haute-Bavière), expose des traverses de sapins préparées par la méthode de Kyan, qui consiste à les imprégner d'une dissolution de chlorure de mercure en les baignant pendant huit jours dans cette dissolution.

Ces fabricants en garantissent la durée pendant 10 ans, mais le prix de revient de la préparation est de 2 francs par traverse, prix très-élevé pour une garantie de durée assez faible, car si, au prix de la traverse en sapin, on voulait ajouter la valeur de cette préparation, on pourrait généralement employer le bois de chêne dont la durée est de 10 ans, au minimum, en mauvais terrain.

Et si l'on ne veut ou si l'on ne peut pas employer le chêne, il existe d'autres modes de préparation des bois, — hêtre,

(1) *Traité pratique de l'Entretien, etc.*, 1^{re} partie, chap. V, § 1.

pin ou sapin — donnant des résultats à peu près aussi durables que celui dont nous venons de parler et qui reviennent à un prix de beaucoup inférieur.

Ainsi, nous avons fait préparer et poser en octobre 1856, sur la ligne de Strasbourg à Bâle, des traverses en hêtre injecté au sulfate de cuivre par le procédé Boucherie, dont la Compagnie des chemins de l'Est expose quatre spécimens retirés de la voie en mars 1867. Tout le monde peut en vérifier l'état de conservation. Le prix de cette préparation ne dépasse pas 0^f,75 par traverse.

La Compagnie des chemins de fer du Midi nous présente plusieurs traverses en pin des Landes, préparées au sulfate de cuivre en vase clos et retirées de la voie après 10 et 12 années de service. On peut, d'après l'inspection des sections de ces bois, juger de l'efficacité du procédé qui ne coûte pas plus cher que le procédé Boucherie.

La seconde série des modifications apportées dans la nature des éléments de la voie est très-riche en spécimens. En Autriche, à Vienne, M. Steinmann (Théodore) nous présente un système de voie à rails Vignoles posés sur traverses en fer ; en Belgique, MM. Legrand et Salkin, à Mons, des coussinets ou traverses en fer laminé, la Société de Montigny, des traverses en fer ; en France, MM. Harel et C^{ie}, à Vienne (Isère), des plateaux-supports en tôle, réunis par une entretoise en fer, MM. Langlois, à Paris, MM. Menans et C^{ie}, à Fraisans (Doubs), et en Belgique, l'usine de Couillet, des traverses en fer ; en Portugal, M. Lecrenier, à Lisbonne, des traverses en fer ; en Angleterre, enfin, M. Richardson et C^{ie}, Permanent Way et C^{ie}, des plateaux et des supports en fonte, rappelant les cloches établies par Stephenson sur les chemins de fer égyptiens.

Dans le système de voie proposé par M. Steinmann (pl. 51, fig. 1) les rails vignoles sont reçus dans une plaque en fer en taillée pour recevoir le patin auquel elle donne l'inclinaison voulue. Cette plaque s'appuie sur une

traverse en fer à T, branche horizontale 0^m,260, branche verticale 0^m,100 qui réunit les deux files de rails. Entre la plaque entaillée et la traverse, une lame de caoutchouc se trouve interposée. Enfin, pour réunir le tout et fixer les rails sur chaque bout de la traverse, M. Steinmann se sert de deux platines à deux boulons : les deux platines ayant d'une part une saillie sur le patin qu'elles maintiennent, et de l'autre un trou à travers lequel passe le boulon dont la tête se trouve sous la branche horizontale de la traverse.

L'interposition de la lame de caoutchouc ne nous paraît pas d'une évidente utilité et elle doit rendre l'entretien plus difficile, puisqu'à chaque passage de train, les lames de caoutchouc doivent céder sous la pression des roues, et les écrous ne plus porter sur les platines.

MM. Harel et C^{ie} proposent d'établir la voie, soit en rails à double champignon, soit en rails vignoles, sur des plateaux en tôle réunis par des entretoises en fer (pl. 52, fig. 2). Les diverses applications qu'ils exposent de leur système sont ingénieusement combinées ; mais le système lui-même est condamné depuis l'expérience concluante qui a été faite, il y a plus de dix ans, sur les plateaux en bois de M. Pouillet et les coussinets plateaux de M. Henry. — Les traverses métalliques de M. Langlois nous rappellent celles que M. Faliès et Chollet ont proposées il y a quelques années (1). Elles sont différentes pour chaque espèce de rails. Avec les rails à double champignon, la section de la traverse se présente sous forme d'un V renversé qui porte sur son angle aigu le coussinet dont la semelle prend à cet effet la forme d'une selle.

Les deux branches du V sont rivées à l'aplomb du coussinet à une plaque-entretoise qui relie la tête des boulons avec lesquels les coussinets sont attachés sur la

1) *Traité pratique de l'Entretien*, 1^{re} partie, chap. IV, § 2.

traverse. Cette multiplicité d'organes ne nous paraît pas susceptible de donner une voie d'entretien facile.

Les traverses pour rails vignoles sont de construction plus simple, le fer est replié suivant une forme trapézoïdale, le creux rempli de bois qui sert à maintenir les crampons fixant les parties des rails. Mais que devient cette attache quand le bois, par une cause quelconque, — et les causes sont nombreuses, — ne remplit plus cet office?

La société Couillet, en Belgique, réunit les deux files de rails par des fers à double T, posés à plat et sur lesquels les rails (vignoles) sont fixés à l'aide de boulons et de fourrures en bois qui donnent à l'ensemble de la voie, l'élasticité qui lui est nécessaire, et permettent de régler l'inclinaison intérieure des rails. — Nous avons trouvé par hasard, à moitié caché par le gazon d'une pelouse, un spécimen de voie vignole, portée par des traverses métalliques. Comme cette voie est à l'écartement de 1^m,640 d'axe en axe des rails, nous avons supposé que ce devait être l'objet indiqué par le catalogue comme appartenant à la section du Portugal sous le nom de M. Lecrenier, à Lisbonne. Ses traverses en fer ont la forme d'un U renversé, le dos ayant dans sa partie horizontale 0^m,150 de largeur, l'ouverture des branches 0^m,20 et le fer à 0^m,005 d'épaisseur.

Le patin du rail est fixé au moyen de deux platines en tôle boulonnées analogues à celles qui retenaient les rails Brunel, sur la voie d'Auteuil ou du Midi, ou encore à celles qu'avait proposées M. Barberot pour retenir les rails sur les traverses en bois.

Les joints des rails se trouvent en porte-à-faux entre deux traverses, l'éclissage obtenu au moyen de deux flasques semblables à celles des coussinets-éclisses, qui embrassent les flancs et le patin du rail.

Ce système de voie paraît assez simple de construction pour qu'il soit intéressant d'en connaître les résultats à l'application, mais nous n'avons trouvé à l'Exposition aucun renseignement à ce sujet.

Les traverses métalliques de la Compagnie de Fraisans, MM. Mesnans et C^{ie} — M. Vautherin, directeur, — sont assez connues aujourd'hui (1) pour qu'il soit inutile d'en faire ici une nouvelle description. Constatons, cependant, que ces habiles maîtres de forges, qui fabriquent ce matériel, perfectionnent le système d'attache primitivement adopté et réduisent sensiblement le prix de revient de ces traverses (pl. 52, fig. 3).

Des applications importantes en ont été faites par les chemins de fer de Paris-Méditerranée, d'Algérie, du Nord, de l'Est, etc., etc.

Comme on peut en juger d'après les indications qui précèdent, les efforts dirigés, en vue du remplacement des traverses en bois par les traverses en fer, sont très-nombreux, et les tentatives intéressantes. Il est du devoir des administrations qui veulent conserver le système de voies sur traverses, d'encourager ces tentatives en facilitant l'expérience par des applications suffisamment importantes pour que les résultats obtenus permettent d'en tirer des conclusions.

Il nous reste à parler de la troisième série des améliorations cherchées dans la construction des voies de fer.

Depuis les grandes applications de voies complètement métalliques faites par M. Barlow, en Angleterre, et par la Compagnie du Midi, en France, il y a 12 ans, la question paraissait définitivement abandonnée par les ingénieurs. Aussi nous avons été très-surpris de constater, dans un voyage fait en Allemagne dans les premiers mois de 1865, que cette question était remise à l'étude et poursuivie avec l'intelligence et la ténacité qui, dans ce pays, caractérisent à un si haut degré les hommes de science pure et appliquée.

(1) *Traité pratique de l'Entretien*, 1^{re} partie, 2^e volume, supplément au chap. IV.

Nous avons décrit ailleurs (1) la plupart des systèmes proposés pour satisfaire au problème : supprimer le bois dans la constitution de la voie et les supports discontinus. Nous les retrouvons en grande partie à l'Exposition du Champ-de-Mars. Dans la section prussienne, les usines de Hœrder, — *Hœder Bergwerks-und-Hütten-Verein*, — ont exposé 5 spécimens de voie qui se composent tous de trois parties distinctes :

- 1° Les rails ;
- 2° Les longrines ;
- 3° Les entretoises.

En Wurtemberg, M. Kœstlein a également fait une application de voie en fer dans les mêmes données générales.

Dans chacun des spécimens, ces trois parties présentent quelques différences dont le mérite ne peut être apprécié définitivement que par une assez large application suffisamment prolongée. Nous pouvons cependant ajouter qu'en général tous ces systèmes, très-ingénieux, d'ailleurs, se composent d'un trop grand nombre de parties exigeant trop de perfection dans les assemblages, perfection difficile à obtenir d'une manière courante, et sur laquelle la voie ferrée ne doit pas tarder à se disloquer. Il est cependant intéressant de constater ici les données principales de ces divers spécimens.

Sous les fig. 3, 4 et 5, la Société de Hœrder représente les différentes dispositions que le chemin de fer du Duché de Brunswick a mis en essai. Le n° 3 se compose d'un rail à simple champignon supporté par deux cornières boulonnées et réunies transversalement par leurs bases à la file parallèle, au moyen de traverses en fer à T double, distantes de 1^m,50.

Les joints des cornières sont croisés avec ceux des

(1) *Traité de l'Entretien*, etc., 1^{re} partie, 2^e vol., supplément au chap. IV du service de la voie.

rails, et renforcés par des platines de fer. Le mètre courant de cette voie pèse 177 kilog.

Le n° 4 ne diffère du n° 3 que par la réunion des deux files de rails; dans le n° 4, cette réunion est opérée à des distances de 0^m,75 environ, — 2 pieds 1/2, — par un fer plat posé verticalement entre les deux cornières intérieures et retourné d'équerre contre leurs branches verticales, et rivé avec elles vers le milieu de leur hauteur. Le mètre courant de ce système pèse 148 kilog.

Ces deux spécimens ont été essayés chacun sur une longueur de voie de 700 mètres environ, entre Brunswick et Wolfenbüttel, depuis la fin de 1864. Jusqu'ici les rivures n'ont pas faibli, mais les boulons à écrous ont demandé un fréquent serrage.

Les cornières présentaient aussi l'inconvénient de ne pas se laminer suivant des arêtes suffisamment rectilignes pour que le contact entre la branche montante et le dessous du champignon fût aussi complet que l'exigeait le système de construction. Aussi les matériaux employés aux expériences, durent-ils être rabotés suivant leurs faces en contact.

Pour échapper à cette coûteuse nécessité, la Société de Hørder a construit une troisième disposition qui est représentée par le spécimen n° 5. La différence qui le caractérise, relativement aux premiers, git dans les rebords d'équerre venus de laminage à la partie des cornières sous le champignon du rail. On peut par là lui donner une face d'appui large et sûre. L'attache du rail entre les cornières a été modifiée; au lieu de boulons cylindriques à écrous on s'est servi de boulons-clavettes dont le serrage par écrous est plus effectif que celui des boulons cylindriques. De plus, le rail, au lieu d'être fabriqué avec du fer à grain fin, est façonné en acier fondu.

Enfin, la réunion des deux files de rails s'effectue par des entretoises en fer en U retourné d'équerre contre les cornières intérieures et distantes entre elles de 1^m,50 environ.

Le poids du mètre courant de ce système de voie est de 150 kilog.

Le chemin de fer du Hanôvre a établi 1 500 mètres de voie d'après le spécimen fig. 4, qui diffère des précédents par l'angle obtus que forment entre elles les branches horizontales des cornières du système de Brunswick. Le vide compris dans l'angle que ces branches forment ainsi, a une hauteur de 68 millim. sur 314 millim. de largeur.

Pour en empêcher l'écartement et en même temps prévenir les glissements longitudinaux, on rive en dessous de ces branches un fer à T plié suivant l'angle des deux cornières.

Le poids de ce système de voie est de 168 kilog. par mètre courant.

La guerre de 1866 a fait ajourner la pose de cette voie jusqu'à la fin de l'année, de sorte que les renseignements, sur la tenue de ce système en service, manquent jusqu'à présent.

On peut cependant supposer que, comme les trois systèmes du chemin de Brunswick, celui du Hanôvre doit exiger une grande surveillance et de fréquents remaniements des moyens de serrage.

Le 5^e spécimen de la Société de Hœrder (fig. 7), d'assemblage plus rigide et d'un poids plus léger, de fabrication plus facile, serait moins coûteux à l'entretien; encore faudrait-il le voir à l'essai avant de se prononcer à son égard, et jusqu'ici c'est en projet seulement qu'il est exposé.

Le poids du mètre courant de voie ne doit pas dépasser 144 kilog.

M. Kœstlein a provoqué, sur le chemin de fer de l'Etat, en Wurtemberg, l'essai d'une voie complètement métallique. Les dispositions que cet ingénieur adopte ne diffèrent dans leur ensemble (fig. 8), du système hanovrien exposé sous le n^o 6 par la Société Hœrder, que par la hauteur des cornières longrines et l'entretoisement des deux files de rails. Au lieu de se faire, comme dans ce dernier cas,

par un fer plat posé de champ et retourné d'équerre contre la branche verticale des cornières intérieures, la réunion transversale s'effectue dans le système de M. Kœstlein par une traverse en fer à T simple, comme celle de M. Steinmann, mais moins lourde. A ses extrémités, cette traverse est pliée deux fois sur elle-même pour s'appuyer sous les deux branches des cornières longrines, qui font un angle dont l'ouverture est de $0^m,320$.

M. Hartwich, conseiller intime et Directeur de la construction des chemins de fer Rhénans, voulant affranchir la voie de toutes les difficultés de construction, de pose et d'entretien occasionnées par les divers systèmes proposés jusqu'ici, a construit sa voie au moyen de rails analogues aux rails vignoles, posés simplement dans le ballast, sans autre addition que des éclisses et deux entretoises par longueur de rails (pl. 52, fig. 9).

Dans les premiers essais, ses rails avaient 187 millim. de hauteur (11 pouces), avec même champignon et même patin que le rail ordinaire. Après plusieurs tâtonnements, M. Hartwich est arrivé au rail de $0^m,157$ de hauteur, et même descendra-t-il à la hauteur du rail ministériel arrêtée à la suite des intéressantes expériences faites, il y a plusieurs années, par M. Weisshaupt, ingénieur, conseiller intime au Ministère des Travaux publics. Il serait téméraire de préjuger de la valeur de ce nouveau procédé avant que l'expérience, suffisamment prolongée, permette d'en découvrir les défauts.

A priori, nous ne trouvons à lui reprocher que deux défauts : faiblesse de la surface d'appui, ce qui demandera, pour des machines lourdes, une augmentation de largeur au patin ; perte considérable lors de la réfection de la voie après usure partielle des champignons ; encaissement du ballast et arrêt de l'eau dans la voie, reproche à faire à tous les systèmes de voie en longrines.

Ces inconvénients graves ne sont-ils également pas à

redouter avec les systèmes de Brunswick et de Hanovre, mentionnés plus haut? — C'était dans le but de les éviter que, en collaboration avec notre camarade A. Grenier, nous avons proposé, en 1855, un système de voie analogue. Mais ces dispositions doivent avoir une tendance au ferraillement, qui fait reculer les ingénieurs sur leur application.

Selon l'usage « antique et solennel », les maîtres de forges n'ont pas manqué d'envoyer à l'Exposition universelle de 1867 des spécimens plus ou moins soigneusement élaborés de leurs diverses fabrications, et notamment des rails. Au point de vue de la vente des produits, cette exhibition a-t-elle quelque intérêt? La question est douteuse, car ce n'est pas sur la *vue* d'un échantillon métallurgique que s'engage aujourd'hui une affaire sérieuse. Le temps des tours de force est passé, et l'industrie n'a rien à voir dans les fers à T d'un mètre de hauteur, ou les rails d'une longueur indéfinie.

Qui trompe-t-on, d'ailleurs? le public amateur s'ébahit devant un gros morceau de fer plié et replié sur lui-même, façonné en forme de nœud, contourné en spirale, etc., etc., mais le praticien sait bien au prix de quelles peines, après combien d'essais, de tentatives infructueuses, et en définitive moyennant quelles dépenses telle usine est parvenue à produire, elle aussi, son *chef-d'œuvre*, comme ces *compagnons* du devoir, qui ne pouvaient passer maîtres en leur art qu'après avoir façonné de leurs mains un *chef-d'œuvre* de forme impossible, de destination irréalisable.

Ce qui nous paraîtrait plus logique, ce serait de n'admettre que simplement la photographie de toutes les fantaisies métallurgiques avec lesquelles les gros bonnets absorbent la place si avaricieusement mesurée à quelques *élus*, et si cruellement refusée aux nombreux *appelés*, sous prétexte d'encombrement, et de juger de leurs produits, non pas sur l'exhibition d'un profil, d'une section

plus ou moins habilement exécutée, d'un grain plus ou moins serré, de fibres plus ou moins allongées, etc., mais sur un usage prolongé, sur un emploi courant authentiquement vérifié par des jurys locaux délégués à l'avance et ayant constaté la valeur *industrielle* courante des produits destinés à l'Exposition.

On a, depuis longtemps, discuté sur les diverses formes de rails et leurs différents procédés de fabrication (1). Chaque ligne a toujours prétendu posséder le meilleur profil et le mode de production le plus parfait. Lors d'une discussion solennelle, n'avons-nous pas entendu dire, il y a trois ans à peine, par l'un de nos amis, ingénieur des plus distingués, d'ailleurs, que les rails fabriqués par sa Compagnie, avec tels et tels minerais, par tel et tel procédé, moyennant telles et telles mesures, devaient durer 29 années au moins, d'après les relevés faits en vue de constater les progrès de l'usure de la voie, etc. ? Et ces mêmes rails, si parfaits, sont en train de faire place à une nouvelle fournée de rails plus parfaits encore, les *rails en acier*, dans toute la hauteur ou seulement dans le champignon.

C'est, en effet, dans cette direction que se portent aujourd'hui les tendances des ingénieurs de chemin de fer. Le bas prix auquel on arrive à livrer cette matière, permet d'espérer que la construction de la voie, au moyen d'éléments suffisamment durs et résistants, trouvera enfin une solution favorable.

Cette question sera sans doute traitée, et de main de maître, par notre collègue à la rédaction de la *Revue universelle*, chargé de rendre compte à nos lecteurs de la partie métallurgique de l'Exposition.

APPAREILS DE LA VOIE.

Changements et croisements. — L'Exposition universelle n'a révélé aucune innovation au point de vue de la

(1) *Traité pratique de l'Entretien*, etc., 4^{re} partie, chap. IV, § 5.

construction de ces appareils. L'Angleterre, la Belgique, la France et la Prusse ont bien envoyé au Champs-de-Mars quelques changements et croisements de voie, mais l'ingénieur de chemin de fer n'y trouvera rien qui ne soit déjà connu.

Le problème des pointes de croisement n'est pas encore aussi avancé en France qu'en Allemagne. Dans ce dernier pays, en effet, les ingénieurs paraissent fixés sur les excellents services que peuvent rendre ces pièces fabriquées en fonte, coulées en coquille, par MM. Ganz, à Bude (Autriche), et Gruson, à Buckau-Magdebourg (Prusse). Les ingénieurs français sont encore à rechercher les moyens d'établir les croisements en bouts de rails ajustés. La Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée expose l'appareil que nous avons décrit ailleurs (1).

La Compagnie des chemins de fer de l'Est exécute sa pointe de croisement en rails vignoles d'acier Bessemer, assemblés par épaulement des portées d'éclissage.

Il y a là bien du travail de rabottage et beaucoup de motifs de dislocation. Et qui prouve, d'ailleurs, que ces champignons ne s'écraseront pas ?

Dans ce dernier croisement, l'Est a donné de la raideur et de la liaison à l'appareil, en longrinant le tout au moyen de fers en U.

Les forges d'Audincourt, de Varigney, exécutent des croisements de voie en fonte durcie. L'opinion n'est pas encore fixée d'une manière définitive sur leurs mérites.

Appareils de sûreté. — Comme des arbres vigoureux qui poussent de tous côtés des rejetons parmi lesquels il en est de presque aussi puissants que la souche même, les chemins de fer vont sans cesse en lançant dans toutes les directions des embranchements parcourus par des trains dont la circulation ne laisse pas que d'amener, parfois

(1) *Traité pratique de l'Entretien*, etc., 1^{re} partie, chap. VI, § 2.

des dangers de collision, et toujours une certaine gêne sur le tronç principal.

Protéger ces points d'intersection contre les rencontres fortuites, ne rien laisser à l'arbitraire ou au hasard dans l'ordre de succession et de passage des trains sur les parties communes aux deux lignes, tel est le but des appareils désignés sous le nom d'appareils d'enclanchement (fig. 2, pl. 53), pour relier les signaux avancés entre eux et aux aiguilles, exposés par M. P.-A. Vignière, chef de la 1^{re} division (voie) aux chemins de fer de l'Ouest, à Paris.

Ces appareils, connus d'ailleurs depuis quelques années (1), sont appliqués avec grand succès aux chemins de fer de l'Ouest, à l'entrée de la gare Saint-Lazare et au chemin du Nord, notamment à la rencontre des voies de retour sur ce dernier réseau, aux approches de la gare de Paris.

Voici dans quelles conditions cette installation s'est effectuée, installation représentée par le modèle que la Compagnie du Nord a exposé et que rappelle la fig. 1, pl. 53.

Indépendamment de ces mesures de précaution, la Compagnie du Nord a voulu éviter toutes chances de rencontre, et voici par quel système elle a résolu la question.

Le chemin de fer du Nord se divise, au départ de Paris, en trois lignes distinctes, savoir :

1^o Sur la gauche, la ligne de Paris à Creil par Pontoise, desservant la banlieue de Paris et la vallée de l'Oise jusqu'à Creil ;

2^o Sur la droite, la ligne de Soissons ;

3^o Au centre, la ligne directe de Paris à Creil par Chantilly, par laquelle sont expédiés tous les trains rapides desservant le réseau du Nord, l'Angleterre, la Belgique et l'Allemagne.

(1) *Traité pratique de l'Entretien*, etc., 4^{re} partie, chap. VI, § 1.

Dans la gare de Paris, il était indispensable, pour les convenances du service, de mettre les trains passant par la ligne de Chantilly en contact avec les salles de bagages placées à gauche pour le départ, et à droite pour l'arrivée.

Les voies de banlieue devaient, au contraire, aboutir aux quais du centre. Enfin, à La Chapelle, tout le service des marchandises, départ et arrivée, devait être concentré sur la droite.

Il suit de là que, si toutes les voies étaient maintenues au même niveau, les trains de marchandises expédiés de La Chapelle devraient nécessairement couper une ou plusieurs des voies de retour, et que, de plus, tous les trains de voyageurs partant de Paris par Chantilly ou Soissons, devraient également couper à niveau les voies des lignes placées à leur gauche.

Les travaux représentés par la fig. 1, pl. 53, ont pour objet d'obtenir une indépendance complète entre les voies de départ et d'arrivée, en les faisant croiser à des niveaux différents.

Les dispositions adoptées dans ce but sont les suivantes :

La voie de départ de Chantilly est maintenue à l'extrême gauche jusqu'au passage à niveau du Landy ; elle descend à partir de ce point pour passer sur les voies de Pontoise et prendre sa place à la droite des voies de Pontoise, maintenues à leur niveau ancien, à peu près dans leur ancienne position.

La ligne de Soissons sort de Paris par une voie spéciale, qui s'élève à partir des fortifications, pour passer au-dessus de la voie de retour de Chantilly et reprendre son niveau quelques cents mètres plus loin.

La voie de départ des marchandises s'élève parallèlement à celle de Soissons, franchit la voie de retour commune aux lignes de Chantilly et de Soissons, et se réunit à la voie de départ des voyageurs pour Soissons : quelques mètres plus loin, une nouvelle branche se détache sur la gauche, passe au-dessus des deux voies de Pontoise, et descend entre les voies de départ de Chantilly et

de Pontoise pour se réunir à chacune d'elles près le passage à niveau du Landy.

Les voies de retour maintenues à leur niveau ancien se réduisent à 2 entre Paris et le kil. 3, où la ligne de Soissons rejoint celle de Chantilly.

Les trains de marchandises arrivant par la ligne de Pontoise sont engagés près du kil. 3, sur la ligne de Chantilly, et trouvent au kil. 1 une aiguille en pointe qui permet d'envoyer tous les trains de marchandises sur une voie spéciale, d'où ils sont ensuite refoulés pour être répartis dans la gare de La Chapelle.

On voit, par cet exposé et par l'inspection de la fig. 1, qu'il n'existe en dehors de la gare de Paris aucun croisement à niveau de trains de sens inverse ; toute collision entre trains de sens contraires est absolument impossible ; quant aux voies de même sens, elles ne se réunissent jamais en une seule qu'après un parcours assez long pour appeler sérieusement l'attention des mécaniciens qui parcourent ces voies ; à cette garantie, très-sérieuse, s'en ajoute une autre, plus complète encore, résultant du système de signaux et d'enclanchements que l'ordre de service ci-après fait suffisamment comprendre.

Poste n° 5. — L'aiguilleur du poste n° 5 est chargé de la manœuvre des aiguilles 11 et 12, des disques d'arrêt et à distance qui les protègent, ainsi que de celle des disques de correspondance, dont il sera parlé plus loin (poste n° 7).

L'aiguille 12 est habituellement ouverte dans la direction de Soissons. Pour les trains qui marchent dans cette direction, l'aiguilleur n'a rien à faire que de leur ouvrir le disque à pétard. Pour ceux qui prennent la voie n° IV, il doit faire l'aiguille n° 12, ouvrir le disque à pétard, observer si un train s'engage devant son poste sur la voie I, ou sur la voie II, et se tenir prêt à répondre quand un des disques à distance, placés près de lui, se fermera.

Poste n° 6. — L'aiguilleur du poste n° 6 est chargé de régler l'ordre de passage des trains sur toutes les voies

de retour ; son poste est établi sur une plate-forme à peu près de niveau avec la voie de Soissons (départ), d'où il manœuvre l'aiguille 14 et les disques d'arrêt et à distance qui couvrent les trois directions venant de Pontoise, de Chantilly et de Soissons. Il laisse, en général, passer les trains dans l'ordre où ils se présentent, en évitant, cependant, d'engager un train de marchandises sur la voie de Chantilly (retour), lorsqu'un train de voyageurs est en vue ou annoncé sur cette voie ou sur celle de Soissons (retour).

Poste n° 7. — L'aiguilleur du poste n° 7 est chargé de la manœuvre des aiguilles 15, 16, 17, 18, et des disques qui les couvrent.

Les aiguilles 15 et 16 sont habituellement placées de manière à donner la direction de la voie de sûreté ; elles sont couvertes par un disque à pétard placé à 60 mètres en avant de l'aiguille 15.

Les aiguilles 17 et 18 sont toujours ouvertes pour donner passage aux voies n°s I et II ; leurs contrepoids sont clavetés dans cette position.

Tout train arrivant par la voie n° IV est tenu de s'arrêter avant le disque à pétard de l'aiguille 15. Il demande alors sa direction. Si le train doit se diriger vers la droite (Pontoise), l'aiguilleur ferme le disque à pétard et le disque à distance qui couvrent l'aiguille 17.

Si, en ce moment, aucun train n'est engagé sur la voie de Pontoise, entre le disque à distance et l'aiguille 15, l'aiguilleur du poste n° 5 en informe le poste n° 7, en ouvrant le disque de correspondance affecté à la voie de Pontoise et placé près du poste n° 7.

L'aiguilleur du poste n° 7 fait alors l'aiguille 15 ; il ouvre le disque à pétard qui la couvre et le train passe ; l'aiguilleur remet alors l'aiguille 15 dans sa position normale, et après le délai réglementaire, il remet à voie libre les disques qu'il a fermés pour couvrir cette aiguille.

Si le train demande la direction à gauche (Chantilly), l'aiguilleur ferme les disques qui couvrent l'aiguille 18,

consulte, comme dans le cas précédent, son collègue du poste n° 5 et, sur sa réponse donnée à l'aide du disque de correspondance affecté à la voie de Chantilly, il fait l'aiguille 16 et ouvre le disque à pétard de la voie n° IV.

Les aiguilles 15 et 16 étant habituellement placées de manière à diriger les trains sur la voie de sûreté, si un train ne se rend pas suffisamment maître de sa marche, s'il écrase le pétard, s'il franchit l'aiguille 15, même l'aiguille 16, il lui sera toujours facile de s'arrêter avant de s'engager sur les voies de circulation. Une fois arrêté, il ne repartira que sur l'ordre de l'aiguilleur, lequel ne donnera cet ordre qu'après avoir, comme il a été dit plus haut, fermé les disques de la voie de Pontoise, et reçu la réponse du poste n° 5. Le train repartira alors et rentrera sur la voie de Pontoise par l'aiguille 19 ; s'il est à destination de la ligne de Chantilly, il fera, dans la gare de Saint-Denis, les manœuvres nécessaires pour rentrer dans sa route.

L'exposition anglaise nous montre un modèle d'appareils d'enclenchement basé exactement sur le principe imaginé par M. Vignière ; c'est-à-dire que le mécanisme étant disposé pour faire les signaux d'admission d'un train sur la voie principale, par exemple, les leviers et les signaux d'admission des trains sur l'embranchement sont rendus complètement immobiles.

MM. Livesey et Edwards, qui ont fait breveter cette post-invention, appliquent l'enclenchement sur la manette du levier de manœuvre qu'ils font saisir par une bague terminant un levier mis en mouvement par la manœuvre d'un autre levier qui commande.

Tous les leviers sont réunis sur un support unique, de telle sorte que tous les mouvements sont facilement dirigés par un seul agent. Mais n'est-ce pas là même un danger ? Le contrôle n'existant pas, les erreurs ne sont-elles pas à craindre ?

Il n'est pas seulement nécessaire que l'agent chargé de la manœuvre des aiguilles soit parfaitement instruit des

mouvements que doivent effectuer les trains au passage sur les branchements ; il faut, de plus, que les mécaniciens soient complètement renseignés sur la direction que l'agent de la voie veut imprimer à sa machine par la manœuvre des aiguilles.

C'est pour lui donner ce renseignement qu'en Allemagne, principalement, on a muni chaque branchement d'un signal visible de jour et de nuit, dont les indications conventionnelles avertissent le mécanicien que la voie directe ou la voie latérale lui est ouverte. Ces signaux ne sont pas toujours parfaitement intelligibles, principalement pendant la nuit.

M. Binder a disposé, il y a plusieurs années, un disque (fig. 3, pl. 53) qui donne la même indication de jour et de nuit, en employant une lanterne avec réflecteur (1). On pourrait reprocher à ce disque de ne pas être suffisamment éloquent, surtout en temps de brouillard, les couleurs se distinguant moins que par un temps clair. Aussi, l'inventeur y a-t-il apporté l'innovation très-ingénieuse de donner à son appareil indicateur la forme d'une flèche, éclairée comme dans la première disposition, par une lanterne placée au centre de l'appareil qui projette son feu sur deux réflecteurs (fig. 4, pl. 53).

La position est fixée de telle sorte que si l'accès est donné sur la voie directe au moyen des aiguilles avec lesquelles elle est reliée, l'axe horizontal de cette flèche devient parallèle à cette voie, position A, et, par conséquent, invisible au mécanicien, et que si la voie déviée est ouverte au train, la flèche se trouve dirigée perpendiculairement à la voie directe, position B, ce qui est parfaitement visible et intelligible pour le mécanicien.

Aux abords des stations principales, il arrive dans certains cas, que le nombre des croisements et changements de voies devient tellement considérable que leur manœu-

(1) *Traité pratique de l'Entretien*, etc., 1^{re} partie, chap. VI, § 4.

vre exige un personnel excessivement nombreux, et par cela même très-coûteux ; il résulte également alors de cette multiplicité d'organes disséminés sur plusieurs points et livrés aux mains d'agents indépendants les uns des autres, que l'exactitude d'exécution des manœuvres peut facilement laisser à désirer et exposer, par cela même, la vie des voyageurs à des dangers sérieux. C'est dans le but de prévenir ces accidents que MM. Saxby et Farmer ont établi, dans plusieurs gares de Londres, un système particulier de manœuvre, de signaux et aiguilles, dont un modèle figure à l'Exposition universelle et que nous pourrons bientôt voir fonctionner également sur l'une de nos grandes lignes qui s'apprete à en faire l'application. La station de Charing Cross, à Londres (pl. 53, fig. 5), sert de point d'arrivée à quatre voies principales et une voie réservée aux locomotives, en tout cinq paires de rails communiquant entre elles par des croisements nombreux et se ramifiant, à l'approche de la station, en neuf lignes, huit d'entre elles se dirigeant vers une plate-forme, et la neuvième destinée exclusivement aux locomotives. Il en résulte trente-deux aiguilles et trente-cinq signaux donnant lieu à 80 et même 108 mouvements par heure. Les 67 leviers correspondants sont réunis dans une cabine vitrée dominant l'entrée de la station, et où deux employés sont constamment occupés à les mettre en mouvement sous les ordres d'un agent communiquant avec la voie par un appareil télégraphique (pl. 53, fig. 6). Chacun des leviers de manœuvre transmet le mouvement à une aiguille ou un signal, et la transmission est disposée de telle façon que la manœuvre de l'un quelconque de ces leviers ne peut avoir lieu qu'après avoir préalablement fait mouvoir tous ceux qui doivent protéger la manœuvre en question. Les signaux sémaphoriques placés au-dessus de la cabine se trouvent exposés très-nettement à la vue des mécaniciens, de telle sorte que les causes d'erreur se trouvent, d'un côté comme de l'autre, écartées autant qu'il est possible.

M. Brame, ingénieur des ponts et chaussées, a mis sous les yeux des visiteurs de l'Exposition universelle son intéressante *Étude sur les signaux de chemins de fer à double voie*, ouvrage très-complet sur la matière. Sous trois divisions principales, M. Brame étudie : 1° les signaux fixes, — disques manœuvrés à la main, à distance, etc. ; 2° les signaux mobiles, — drapeaux, lanternes, pétards, trompe, sifflet, etc. ; 3° les signaux des trains.

Mais ce n'est pas tout, M. Brame, complétant son exposition, a réuni dans le parc tous les signaux fixes employés sur le réseau français. On a donc pu étudier sans déplacement autre que le voyage du Champ-de-Mars, les différents modes de transmission de signaux usités par les chemins de fer français.

La description de ces divers appareils nous entraînerait au delà des limites assignées à ce compte rendu. Ils sont, d'ailleurs, longuement détaillés dans le livre de M. Brame, ou bien dans notre *Traité pratique de l'Entretien et de l'Exploitation des chemins de fer* (1), admis également à l'Exposition universelle.

Une observation à propos des appareils exposés.

MM. les ingénieurs ont, depuis quelque temps, une tendance à exagérer les dimensions et le poids des signaux fixes : tels de ces appareils sont devenus de véritables chefs-d'œuvre de mécanique, mais de mécanique lourde, coûteuse, et qui, en somme, ne rend pas les accidents plus rares, au contraire. L'une des qualités essentielles des signaux fixes, surtout des disques mis en mouvement à distance, c'est la facilité de manœuvre, facilité d'autant plus grande que l'appareil éprouvera moins de frottement.

Sous ce rapport, nous préférons les signaux fixes employés en Prusse qui, à la légèreté, unissent l'avantage du bon marché.

(1) Tom. 2^e, chap. VII, § 1 et § 2.

On sait qu'en Allemagne les trains sont annoncés à l'avance, tantôt par des sonneries électriques, tantôt par des signaux à ailettes, télégraphes aériens qui volent au devant de la locomotive pour lui assurer le passage. Ces signaux sont en général très-simples, très-légers, très-économiques et d'achat et d'entretien.

Nous trouvons dans la grande galerie des machines, section prussienne, un exemplaire de ce genre de signaux envoyé de Stettin par M. Kolesch. Le mât de ce sémaphore est conique, en tôle rivée. Les ailettes évidées, sont manœuvrées en même temps que des écrans qui répètent dans l'obscurité, au moyen de verres de couleur passant devant la lanterne fixe, les signes indiqués le jour par les ailettes.

Le signal de M. Kolesch nous a paru simplement conçu, économiquement installé et en mesure de remplir le but assigné.

Puisque nous parlons signaux, c'est l'occasion d'indiquer un progrès important réalisé depuis l'Exposition de 1862 : l'éclairage des signaux par l'huile minérale. L'introduction de cette matière éclairante a eu pour résultat de procurer, et une économie dans la dépense, et une intensité de lumière plus grande, question capitale en fait de signaux.

Le hangar du boulevard du Nord renfermait une collection très-complète de lampes à pétrole exposées par les maisons E. Masson, Chatel jeune, Luchaire et C^{ie}, etc.

La France, sous ce rapport, a été devancée. Depuis plusieurs années, les chemins de l'Union du Nord, en Allemagne, emploient avec avantage le pétrole, pour l'alimentation des lumières fixes, telles que disques de signaux, lanternes de trottoirs, lampes d'intérieur, etc.

L'exposition de la maison Georges Berghausen permettra aux ingénieurs étrangers d'étudier sans peine tous les signaux usités sur les chemins du Nord de l'Allemagne : signaux à ailettes, disques manœuvrés à distances, mobiles autour de leur diamètre horizontal et

venant masquer la lumière d'une lanterne fixe, et spécimens de signaux de changements de voie, de passages à niveau, etc., etc. Rien n'y manque, et l'arrangement de tout cela est parfaitement approprié au but proposé, sans compter la série des prix de tous les objets exposés, ce que nos exposants français se sont bien gardés de faire, afin d'engager les acheteurs à s'adresser à leurs concurrents.

Plaques tournantes et chariots transbordeurs. — L'Exposition est pauvre en appareils de la voie. Nous n'avons point vu de chariots transbordeurs et, en fait de plaques tournantes, à grand-peine sommes-nous parvenu à en découvrir deux dans le parc réservé au matériel français.

La Compagnie des chemins de fer de l'Est en France, conjointement avec MM. de Dietrich et C^{ie}, maîtres de forges et constructeurs à Niederbronn (Bas-Rhin), exposent une plaque tournante de 3^m,50 de diamètre, croisillon et couronne en fonte, coulés séparément et assemblés suivant la disposition brevetée par MM. de Dietrich et C^{ie}, pour éviter les effets du retrait de la fonte. Cette très-bonne disposition est connue depuis plusieurs années (1), et nous nous bornerons à en constater la présence au Champ-de-Mars.

La seconde plaque tournante de l'Exposition est celle de 12^m,00, construite par la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée.

Voici un extrait des renseignements que la Compagnie a donnés sur cette partie de son exhibition : Plaque à une seule voie, — plancher en bois, — plateau mobile formé de deux poutres en tôle réunies entre elles et à la circonférence limite, par des entretoises en fer, porté par un pivot fixe en fer et 8 galets, dont 3 à chaque extrémité de la voie et 1 à chaque extrémité du diamètre per-

(1) *Traité de l'Entretien*, etc., 1^{re} partie, chap. VI, § 4.

pendiculaire. Fondations : centre en fonte, cercle de roulement en fer et acier, portant une couronne à surface intérieure verticale dentée en fonte.

Aux extrémités du diamètre perpendiculaire à la voie, deux treuils : l'un mû à bras, l'autre par une machine à vapeur fixée sur la chaudière, qui peut faire 200 tours par minute et marcher dans les deux sens.

En voici le poids décomposé :

Partie fixe.	Cercle de roulement (fer et acier)	7 814 ^k	} 10 247 ^k
	Couronne dentée (fonte)	1 387	
	Plaque centrale (fonte)	796	
	Boulons (fer).	250	
Plateau mobile.	Tôle	14 946	} 27 222 ^k
	Fer.	3 310	
	Bronze.	192	
	Acier.	974	
	Fonte.	7 800	
			37 469 ^k
Bois			5 800

Cet appareil nous paraît extrêmement lourd et compliqué ; depuis longtemps la plupart des autres lignes ont renoncé à l'emploi de la commande du mouvement par roue et couronne dentées. Nous ne connaissons pas les raisons qui engagent la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée à conserver cette disposition qui rappelle les débuts du chemin de fer de Blenkinsop à Middleton (1), en 1811, et que l'on a depuis remplacée avec avantage par la transmission de mouvement au moyen de la simple adhérence.

Nous avons regretté de ne pas trouver dans la section anglaise un exemplaire du système breveté sous la dénomination W. Irlam's patent Wroug Iron Turntable et fabriqué par la Société The Railway Steel et Plant C^o (Limited), Gibraltar Works, à Manchester. On sait qu'une plaque tournante comprend deux organes dis-

(1) *Traité de l'Entretien, etc., 2^e partie, Locomotion, chap. I, § 1.*

tinets : la plaque de fondation ou partie fixe, le plateau tournant et, entre ces deux, une couronne de galets de roulement.

Dans la plaque Irlam's (pl. 54), la partie fixe se compose ainsi :

1° Une crapaudine A en fonte pour recevoir le pivot et 8 tirants en fer aboutissant au cercle de roulement fixe inférieur ;

2° Un cuvelage en fonte, exécuté par petits segments réunis, dans le bas par un cercle de roulement inférieur construit en rails à double champignon fixés dans des coussinets venus de fonte sur la base du cuvelage, et dans le haut par un cercle également en rails qui forme garde-grève à la hauteur des rails de la voie.

Le plateau tournant est de constitution mixte :

1° Un cadre central en fonte suspendu au centre par 4 boulons à un chapeau qui s'appuie sur le pivot. Ce cadre se compose de deux longrines espacées de 1^m,50 réunies au milieu par une traverse percée d'un trou formant fourreau qui embrasse le pivot, et aux extrémités par deux autres traverses courbes arrêtées au cercle du roulement supérieur ;

2° Un cercle de roulement supérieur constituant la couronne du plateau mobile, formé de rails à double champignon cintré suivant le même rayon que le cercle inférieur. Ce cercle supérieur est boulonné contre la surface verticale extérieure des traverses courbes du cadre central ;

3° La garniture ordinaire des rails pour 2 voies. L'une des voies est soutenue par les longrines du cadre en fonte. Les rails de la deuxième s'appuient par un bout sur ces longrines et par l'autre sur le cercle de roulement supérieur ;

4° Un platelage en madriers de bois de 10 centimètres réunis par des fers plats et formant contreventement des rails.

Il y a dans ce modèle quelque chose de séduisant pour l'ingénieur qui connaît les difficultés que présentent les

plaques tournantes : raideur du bâti central que la fonte seule peut donner économiquement, car elle écarte les assemblages ; indépendance du bâti central et de la couronne ; confection de cette couronne en fer et disposition pour qu'elle reçoive les chocs des véhicules ; composition des cercles du roulement en rails faciles à remplacer.

Les constructeurs de cet appareil en indiquent des applications sur les lignes suivantes :

London et North Western,
Lancashire and Yorkshire,
Great Eastern,
London Brighton,
London et South Western, etc.

APPAREILS DE LEVAGE.

Les grues et appareils de levage sont très-nombreux à l'Exposition, mais nous n'y avons remarqué aucune modification importante dans l'ensemble des dispositions en usage jusqu'à ce jour. Nous citerons, cependant, dans la section anglaise, les grues à vapeur locomobiles de M. James Taylor, de Birkenhead, construites pour pouvoir circuler à la fois sur voie ferrée et sur routes ordinaires, et munies d'un embrayage qui permet d'employer le moteur à faire avancer mécaniquement le chariot de la grue. Les appareils de levage (grues à vapeur) exposés par MM. G. Russell et C^{ie}, de Glasgow, et Alexis Shancki et fils, se font également remarquer par le bon agencement de tous leurs organes qui en facilite l'entretien et rend leur manœuvre plus aisée.

En France, l'exposition de la Maison H^{te} Vivaux et C^{ie}, nous offre les types des grues de chargement des Compagnies de Paris à Lyon et de l'Est. Les premières sont représentées par deux grues de 10 tonnes à tambour, chaîne ordinaire, pivot tournant, cuvelage en fonte et

flèche en tôle, d'un poids moyen de 12 800 kilog. chaque, et par une grue du même système de 6 tonnes pesant 9 200 kilog.

Les secondes, également au nombre de trois, comprennent une grue de 6 tonnes, sans fondation, à noix et chaîne ordinaire, et flèche en bois, du poids de 10 100 kilog.; 2 grues roulantes de 4 tonnes, à noix et chaîne ordinaire avec flèches en bois, et disposées de manière à pouvoir abaisser la flèche à volonté d'un poids moyen de 13 850 kilog. chaque. Le prix de revient de ces divers appareils est de 46 à 50 francs par 100 kilog.

Dans la section prussienne, nous remarquons une grue de 5 000 kilog. montée sur un train de wagon ordinaire, de MM. Van der Zypen et Charlier, constructeurs-mécaniciens, à Deutz, près Cologne.

APPAREILS DE PESAGE.

Ici encore, nous n'avons à signaler aucune amélioration bien sensible aux appareils employés depuis plusieurs années sur les lignes ferrées pour le pesage des véhicules, et que nous avons eu l'occasion de décrire dans notre *Traité de l'Entretien* (tome II). Nous rappellerons ici au lecteur la supériorité des bascules américaines sur celles du continent, supériorité qui se traduit, d'un côté, par une économie des frais de premier établissement en raison de la réduction de profondeur de la fosse et, de l'autre, par une plus grande facilité d'entretien résultant de la position à l'extérieur de toutes les pièces de la transmission. Dans ces bascules, aussi bien que dans celles de nos constructeurs, l'emploi des couteaux pour supporter le tablier n'est pas sans inconvénient; il suffit d'un mouvement un peu brusque pour rompre le contact et fausser les indications de l'appareil.

C'est pour obvier à cet inconvénient que MM. Howe Scole et C^{ie}, de Brandon (États-Unis), ont substitué dans leurs bascules, aux couteaux ordinaires, des sphères em-

brassées par deux portions de calottes sphériques, et au moyen desquelles la position des organes se trouve suffisamment assurée pour pouvoir résister à des chocs violents. Cette ingénieuse disposition nous paraît mériter l'attention des hommes spéciaux, aussi bien que l'ensemble de la construction des bascules américaines dont il y aurait certainement avantage à adopter les modèles.

Nous citerons encore, en passant, dans la section Prussienne, la bascule de M. Erhardt, employée depuis quelques années déjà sur plusieurs chemins allemands, et qui rappelle en principe la disposition appliquée, dès 1842, par M. Nozo sur le chemin de Lille à la frontière belge. L'appareil de M. Erhardt est une espèce de balance romaine dont le petit bras de levier agit sur la surface extérieure du bandage en prenant son point d'appui sur le patin du rail. Son principal avantage est de n'exiger aucune fondation, et de pouvoir se transporter avec la plus grande facilité ; nous ferons remarquer, toutefois, que sa manœuvre exige une certaine habitude et qu'il faut opérer avec beaucoup de soin pour être certain d'en obtenir des indications suffisamment exactes.

Plus pauvre encore en modèles ou dessins de gares, bâtiments et installations intérieures des stations qui constituent cependant une branche importante et très-intéressante de l'exploitation des chemins de fer, l'Exposition de 1867 ne nous offre, sous ce rapport, qu'un modèle de la gare des voyageurs du chemin de fer du Nord à Vienne en Autriche, et les dessins de l'installation hydraulique de la gare de la Rapée sur le chemin de Paris à Lyon.

Nous ne dirons rien du premier qui, d'ailleurs, ne présente aucune disposition nouvelle et laisse, en modèle, à désirer au point de vue de l'élégance des formes.

L'ensemble de l'installation de la gare de la Rapée comprend :

1° Une machine horizontale à 2 cylindres de 70 chevaux ; — deux pompes refoulant l'eau à 50 atmosphères sous trois accumulateurs, mis en communication avec elle

par un conduit circulant dans toute l'étendue de la gare ;

2° Deux élévateurs hydrauliques servant à faire passer les wagons de la gare supérieure à la gare souterraine et réciproquement. Chacun de ces élévateurs se manœuvre isolément, mais ils peuvent, au besoin, être mis en communication, ce qui permet de pouvoir, en certains cas, utiliser le poids des wagons pleins descendants pour remonter un certain nombre de wagons vides ;

3° Dix-huit grues de 1 500 à 3 000 kilog. servant au transbordement des marchandises passant du chemin de Paris à Lyon sur les wagons des Compagnies qui sont en correspondance avec lui, et réciproquement ;

4° Deux cabestans avec poulies de retour pour tirer les wagons sur les voies de la gare, quelles que soient leurs positions et le sens du mouvement qu'il s'agit de leur donner ;

5° Une machine à vapeur et une pompe puisant l'eau dans la Seine à raison de 100^mc à l'heure pour la consommation de la gare et des ateliers.

Nous examinerons, dans la seconde partie, les questions du matériel roulant à l'Exposition universelle de 1867.



ARTS CHIMIQUES

PAR

M. L. GRANDEAU

Docteur ès-sciences et en médecine
Membre du Jury international de l'Exposition universelle de 1867

INDUSTRIE DU TABAC



AVANT-PROPOS

Parmi les industries chimiques représentées à l'Exposition universelle de 1867, nous étudierons de préférence celles qui n'ont pas été, en 1855 et en 1862, l'objet de rapports détaillés. C'est dire que nous laisserons de côté la description des procédés et des appareils si bien étudiés par M. Hoffmann (1), par MM. Stas et Chadelon (2), et par les Jurés français (3), dans les Rapports officiels sur l'Exposition de Londres. Eu égard au peu de temps qui s'est écoulé entre l'Exposition universelle de Londres et celle de l'année dernière, il y aurait, d'ailleurs, peu de chose à ajouter aux études de ces savants. Nous nous attacherons donc spécialement à faire connaître les industries nouvelles et celles qui, bien qu'anciennes déjà, sont demeurées presque entièrement ignorées du public.

(1) Rapport sur les produits et procédés chimiques, par Hoffmann, traduit par M. Kopp. In-4°. Paris, 1866.

(2) Exposition universelle de Londres. Documents et rapports. In-8°. Bruxelles, 1863.

(3) Rapports sur l'Exposition universelle de Londres. Paris, 6 vol. in-8°.

INDUSTRIE DU TABAC

L'industrie du tabac était représentée d'une manière très-remarquable dans la section française de l'Exposition.

Spécimens de culture, échantillons de provenances diverses, produits résultant du traitement chimique du tabac, outillage des manufactures, tels sont les divers groupes de produits et de machines dont l'ensemble était de nature à donner une idée nette d'une fabrication qui a pris rang, aujourd'hui, à la tête des grandes industries de la France.

De l'exposé des immenses progrès réalisés depuis une trentaine d'années dans la mise en œuvre et dans le traitement des tabacs, grâce à l'impulsion imprimée à cette industrie par les ingénieurs qui la dirigent avec autant de savoir que d'habileté, ressortira clairement, nous l'espérons du moins, l'influence exercée par la science et notamment par la chimie et par la mécanique sur l'état de cette industrie. Il nous sera facile, après avoir montré les larges emprunts faits dans la pratique aux sciences que nous venons de nommer, de montrer que la véritable place des manufactures de l'État (tabacs, poudres et salpêtres) serait non plus au Ministère des finances, mais bien au Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, où tout semble appeler la direction gé-

nérale des tabacs : la culture des tabacs indigènes, le traitement chimique et mécanique des feuilles que peuvent seuls diriger des ingénieurs, enfin, l'achat des tabacs étrangers, tels sont les trois termes de cette grande industrie, termes correspondant exactement au titre même du Ministère dans la spécialité duquel rentreraient naturellement les manufactures de l'État qu'on paraît s'obstiner jusqu'ici à considérer uniquement au point de vue fiscal.

Voici l'ordre que nous suivrons dans notre étude :

- 1° Essais de culture ;
- 2° Traitement chimique ;
- 3° Outillage mécanique.

Nous insisterons particulièrement sur les intéressantes recherches de culture dans le champ d'expériences de Boulogne (Seine), que poursuit, depuis dix ans, M. Schlœsing, directeur de l'École d'application des tabacs.

Nous terminerons par un historique succinct de la fabrication des tabacs en France.

RECHERCHES

SUR LA

CULTURE DU TABAC



La direction générale des manufactures de l'État a exposé, réunis dans une même vitrine, de nombreux échantillons de tabacs présentant les résultats des essais de culture commencés en 1859, et poursuivis jusqu'à ce jour, sans relâche, par le savant et trop modeste ingénieur qui dirige l'École d'application des tabacs.

M. Schlœsing, auquel on doit d'excellents travaux sur la composition et sur la fabrication des tabacs, a entrepris, depuis bientôt dix ans, des essais de culture dont les résultats sont demeurés jusqu'ici inédits; l'exposition des feuilles obtenues dans ces cultures a passé inaperçue pour la plupart des personnes qui ont visité le Palais du Champ-de-Mars; or, ces essais présentent, à tous les points de vue, un grand intérêt; la culture du tabac, en France, s'étend aujourd'hui à 18,000 hectares de terre, et produit annuellement 21 millions de kilog. de tabac. M. Schlœsing a bien voulu mettre à ma disposition les journaux d'expériences et tous les documents relatifs aux essais et aux analyses effectués depuis dix ans. J'ai fait, à ces mémoires inédits, de larges emprunts, de nature, je l'espère, à intéresser mes lecteurs. Je remercie M. Schlœsing du concours qu'il m'a prêté en cette circonstance; je m'empresse d'adresser aussi tous mes remerciements à M. le Directeur général des manufactures de l'État, pour la libéralité avec laquelle il m'a confié les documents auxquels j'ai eu recours pour ce travail.

ESSAIS DE CULTURE DE 1860.

Les essais de culture que M. Schloësing a exécutés en 1860, ont eu pour but principal la recherche des causes qui influent sur le développement de la nicotine, c'est-à-dire sur la force du tabac. L'auteur a suivi dans leur exécution la méthode rationnelle, qui consiste à diviser la plantation en plusieurs lots, et à faire varier les conditions de culture, de telle sorte qu'un lot ne diffère de son voisin que par une seule condition, dont l'influence peut alors apparaître clairement.

Dans ses essais de 1860, M. Schloësing s'est proposé d'étudier les questions suivantes :

1° QUANTITÉ ET NATURE DES ENGRAIS AZOTÉS. — Les quantités d'azote mises à la disposition des tabacs par les engrais et la nature des combinaisons dans lesquelles cet azote était engagé. L'étude de ces deux conditions présentait un grand intérêt, car la nicotine étant une substance azotée, il était permis de supposer que les engrais azotés favoriseraient sa production.

2° QUANTITÉ DE POTASSE. — Les quantités de potasse que les tabacs rencontrent dans le sol. — Il importait d'examiner ce point, pour résoudre la question de savoir si, réellement, la proportion de nicotine varie en sens inverse de celle de la potasse, ce qui semble résulter de l'analyse des tabacs potassés et des tabacs calcaires. Une autre question digne d'intérêt devait être éclairée en même temps, à savoir si l'accroissement du taux de potasse produit un accroissement de finesse des feuilles, ainsi que M. Schloësing l'a constaté dans de précédents essais.

3° ESPACEMENT DES PLANTS. — L'espacement des plants ou leur nombre par hectare. On sait parfaitement qu'en-

tre certaines limites de distance, les plantes sont d'autant plus robustes qu'elles sont plus éloignées, et ont ainsi plus de terre, plus d'air et plus de soleil. Le tabac ne fait pas exception à cette règle ; les feuilles des plants placés à un mètre de distance, sont plus larges, plus épaisses, partant plus lourdes, que celles des plants plus rapprochés ; mais il ne découle de là, *à priori*, aucune conséquence, quant à la proportion de nicotine par cent de feuilles sèches. Les plants très-distancés pourraient contenir beaucoup plus de nicotine que des plants très-serrés, sans que, pour cela, le taux de cette base pour cent de feuilles sèches soit plus fort chez les premiers que chez les derniers ; il convenait donc d'étudier, au point de vue de la proportion de nicotine, l'influence du nombre de plants par hectare.

4° NOMBRE DE FEUILLES PAR PLANT. — Le nombre de feuilles laissées sur les plants au moment de l'écimage. Les planteurs n'ignorent point que les feuilles laissées sur un plant sont d'autant plus grandes et plus lourdes qu'elles sont en nombre moindre ; les réflexions précédentes sur la richesse réelle en nicotine des plants plus ou moins espacés, sont applicables aux plants à nombre de feuilles variable.

5° VARIÉTÉ DES ESPÈCES. — Des variétés très-diverses, cultivées dans des conditions identiques, produisent-elles des feuilles également riches en nicotine, ou bien, les graines des tabacs légers donnent-elles des feuilles plus légères que des graines des tabacs forts ? En d'autres termes, la force du tabac dépend-elle uniquement du terrain, des engrais, du climat...., indépendamment de la graine ; ou bien la première génération, sinon la suivante, issue d'une graine, conserve-t-elle, sous le rapport de la force, une ressemblance plus ou moins rapprochée avec la variété mère ?

5° POSITION DES FEUILLES SUR LA TIGE. — On sait que les feuilles de pied sont plus légères que celles du milieu, qui sont à leur tour plus légères que celles de

couronne ; mais on ignore si le taux p. 0/0 de nicotine varie dans ces feuilles ; M. Schlœsing s'est proposé de le chercher et, dans le cas d'une variation, d'en déterminer l'étendue.

7° DEGRÉ DE MATURITÉ. — Rechercher si la proportion de nicotine des feuilles sèches est constante à toute époque de la végétation ; dans ce cas, la force du tabac sera la même, quel que soit le degré de maturité ; si, au contraire, cette proportion est variable, il importe de connaître la loi de la variation, car on pourra être conduit à hâter ou à retarder la récolte.

A tous les points de vue, ces questions sont très-importantes ; mais elles acquerraient un intérêt tout spécial en 1860, au moment où l'administration s'efforçait de pousser la production de la culture indigène vers les qualités légères, destinées à la fabrication des tabacs à fumer.

Sans perdre de vue l'objet principal de ses essais, l'auteur a profité de l'occasion qu'ils lui ont offerte pour toucher à quelques questions d'un autre genre ; ainsi, il a récolté, de 20 en 20 jours, des plants d'Alsace, qu'il destine à une analyse complète, afin de connaître les variations de proportion qu'éprouvent les divers principes immédiats du tabac durant le cours de la végétation.

Enfin, M. Schlœsing a déterminé le taux de nicotine dans les feuilles de porte-graines pour les comparer à ceux des tabacs écimés.

Le travail du savant directeur de l'École d'application des tabacs est divisé en deux parties : dans la première, il décrit ses essais ; dans la deuxième, il rapporte les résultats obtenus, et les conclusions qui en découlent.

PREMIÈRE PARTIE.

Nous allons d'abord présenter, d'après l'auteur, le programme de ses essais ; il s'agissait d'étudier les conditions suivantes : quantité et qualité des engrais au point de vue spécial de l'azote, quantité de potasse, quantité de plants

par hectare, quantité de feuilles par plants, position des feuilles sur la tige, influence du degré de maturité sur la proportion de la nicotine, variétés des espèces. Le champ d'expériences devant être divisé en un certain nombre de lots, M. Schlœsing prit tout d'abord le parti de ranger ceux-ci en autant de groupes qu'il y avait de questions à l'étude.

PREMIER GROUPE.

Azote variable. — La condition variable, dans le premier groupe, est l'azote. Elle varie de deux manières, par la quantité, par la qualité. Pour étudier la quantité, l'auteur a donné, à quelques lots, des doses différentes d'un fumier composé par parties égales de fumier de vache et de fumier de cheval. Ces deux fumiers dataient de 8 mois et étaient dans un état de décomposition passablement avancé, à en juger par la couleur brune et la friabilité des pailles ; ils furent mêlés avec soin. M. Schlœsing a admis que le mélange contenait en azote le taux habituel de cette sorte d'engrais, lequel, eu égard à l'humidité absolue du fumier, 0,66 p. 0/0, a été porté à 0,6 p. 0/0 ; mais il a dû déterminer avec soin la proportion de potasse, car la quantité de ce corps varie beaucoup dans les fumiers, et, d'ailleurs, avec l'obligation de donner aux parcelles des doses inégales de potasse, il devait calculer les quantités de cet alcali contenu dans les diverses doses de fumier, afin de déterminer le complément de potasse à ajouter à chaque dose, pour arriver à une somme constante. Quant à la qualité des engrais azotés, on l'a fait varier en employant comparativement des doses équivalentes de sels ammoniacaux, de nitrate, de fumier, de chair musculaire... ; les nombres contenus dans le tableau suivant indiquent, sans nécessiter une plus longue description, les conditions des lots du premier groupe.

Nos des lots.	CONDITIONS CONSTANTES.	CONDITIONS VARIABLES.
1	Potasse, 433 ^k dans 800 ^k sulf. potasse.	0 azote.
2	108 ^k — 23,500 ^k fumier. 325 — 400 ^k sulf. potasse. 433 ^k	140 ^k , 7 azote dans 23,500 ^k fumier.
6	30,000 pieds par hectare. 433 kilogr. de potasse par hect.	281 ^k azote dans 47,000 ^k fumier.
2	433 ^k — 94,000 ^k fumier.	563 ^k azote dans 94,000 ^k fumier.
4	433 ^k — 800 ^k sulf. potasse.	494 ^k azote dans 2,645 ^k sulf. ammoniac.
5	433 ^k —	563 ^k azote dans 4,333 ^k chair de cheval.
17	433 ^k —	563 ^k azote dans 3,290 ^k nitr. chaux sec.
18	433 ^k —	494 ^k azote dans 2,645 ^k sulf. ammon. et 470 ^k guano des îles Backers.

Observations sur le degré de fumure. — La fumure des lots 3, 4, 5, 17, 18, paraîtra sans doute considérable; elle l'est, en effet : comme il s'agissait de reconnaître les

influences respectives de divers engrais azotés, on a forcé à dessein les doses, afin d'exalter les effets et d'en mieux saisir les différences; d'ailleurs, il ne faut pas oublier qu'en divers pays de culture, où la rotation des récoltes embrasse cinq années, le tabac est l'une des plantes cultivées en première sole, après une fumure *très-abondante*, dont l'effet doit s'étendre sur la rotation entière.

La quantité d'azote donnée aux lots 4 et 18 à l'état de sulfate d'ammoniaque, est un peu inférieure à celle que les lots 3, 5, 17 ont reçue. Cette différence est le résultat d'une erreur de calcul, peu regrettable, d'ailleurs, et reconnue plus tard, quand il n'était plus temps de rétablir l'équivalence exacte des diverses doses. C'est ici le lieu de rappeler que des engrais azotés, théoriquement équivalents, c'est-à-dire renfermant une même quantité d'azote, cessent de l'être en réalité, quand on compare leurs actions sur une seule récolte; un engrais tel que le sulfate d'ammoniaque, le nitrate...., met tout son azote de suite à la disposition des végétaux, tandis que le fumier, dont la décomposition dure des années, est une source d'azote continue, mais lente. L'équivalence, calculée sur la proportion d'azote, est donc parfaitement illusoire, et il faut la considérer uniquement comme *un point de départ pour la comparaison des effets des divers engrais*; j'ajoute, dit l'auteur, que cette comparaison est toujours rendue bien difficile par la complication qu'y apporte *l'état de fertilité du sol*, état qu'on peut présumer, mais qui a échappé jusqu'ici à une analyse exacte.

Sur l'équivalence des engrais potassés. — Il y a aussi une certaine incertitude sur la réalité de l'équivalence des doses de potasse. En effet, dans un lot, cette base est en totalité engagée dans du fumier, dans plusieurs autres, elle est en totalité à l'état d'un sulfate simplement dissout dans le sol; dans d'autres, enfin, elle est en partie sous le premier état, en partie sous le second. On peut se demander avec raison si du fumier qu'il est

impossible de mêler intimement avec de la terre et dont les débris organiques emprisonnent des sels potassiques, peut être assimilé comme source immédiate d'alcali à un équivalent d'un sel bien mêlé à la terre et non abrité par des tissus végétaux. M. Schlœsing ne le pense pas et il est porté à croire qu'à l'égard des quantités de potasse, les parcelles mises en expérience n'ont pas été placées dans des conditions identiques. L'analyse fixera les idées à cet égard; elle seule fera connaître si les tabacs récoltés dans les lots qui ont reçu exclusivement du sulfate de potasse ont assimilé une proportion plus considérable d'alcali que ceux récoltés dans les lots simplement fumés. S'il en est ainsi, il faudra admettre que, dans les premiers lots, il y avait, en effet, une quantité de potasse immédiatement assimilable plus grande que dans les seconds.

Sur une action hypothétique des phosphates. — Le lot 18 a reçu les mêmes doses d'engrais que le n° 4, et, de plus, une dose d'un guano terreux provenant des îles Backers et Jarvies, peu riche en azote, mais extrêmement riche en acide phosphorique assimilable. Voici quelle a été la pensée qui a présidé à l'institution de cette expérience: on sait que les matières azotées de l'organisation végétale, albumine, légumine, caséine..., et les phosphates ont entre eux des relations intimes; leurs proportions varient chez les végétaux dans le même sens et sont, si on peut le dire, solidaires. Il y avait donc lieu d'examiner si, étant donnée à du tabac une certaine quantité d'azote à convertir en matières azotées et en nicotine, la présence de phosphates abondants déterminerait une production plus considérable de matières azotées, au détriment de la production de nicotine, et si, par suite, le tabac ne serait pas moins fort.

DEUXIÈME GROUPE.

Potasse variable. — La condition variable dans ce groupe est la proportion de potasse. Des essais anté-

rieurs sur la combustibilité ayant démontré à M. Schloësing que le sulfate de potasse se comporte, en tant qu'engrais vis-à-vis du tabac, exclusivement comme une source d'alcali, et n'apporte pas plus d'acide sulfurique dans la plante que ne le ferait un carbonate ou un silicate, il a eu recours à l'emploi de ce sel sous des doses différentes. Les parcelles ont reçu, d'ailleurs, la même quantité de fumier (vache et cheval), on leur en a donné à raison de 47,000 kilog. par hectare, fumure déjà convenable, mais qui ne représente pas une quantité de potasse assez grande pour masquer l'influence de l'alcali que M. Schloësing comptait ajouter.

Le tableau suivant représente les conditions de culture du 2^e groupe :

N ^{os} des lots.	CONDITIONS	CONDITIONS VARIABLES.	
	constantes.		
6		217 ^k contenus dans 47,000 ^k fumier.	
7	30,000 pieds à l'hect. 10 feuilles par pied.	217 ^k	— 47,000 ^k fumier.
		216	— 400 ^k sulf. potasse.
		433 ^k	
8	282 ^k azote dans 47,000 ^k fumier.	217 ^k	— 47,000 ^k fumier.
		649	— 4,200 ^k sulf. pot.
		866 ^k	

DEUXIÈME GROUPE.

N'ayant aucune observation à présenter sur les groupes dans lesquels il a fait varier le nombre des pieds par hectare, le nombre de feuilles, l'espèce, etc., l'auteur réunit dans un seul tableau les renseignements qui les concernent :

N ^{OS} DES LOTS.	CONDITIONS CONSTANTES.	CONDITIONS VARIABLES.
3 ^e Groupe . { 9 10	40 feuilles par pied, 94,000 ^k fumier (cheval et vache).	Nombre de pieds par hectare. . { 10,000. 20,000.
4 ^e Groupe . { 11 12	30,000 pieds par hectare, 40 feuilles par pied, 94,000 ^k fumier.	Nombre de feuilles par pied . . { 6 feuilles. 14 feuilles.
5 ^e Groupe . . 13	30,000 pieds par hectare, 40 f ^{es} par pied, 94,000 ^k fumier.	Position des feuilles sur la tige. { feuilles du bas. feuilles du milieu. feuilles du haut.
7 ^e Groupe . . 15	30,000 pieds par hectare, 40 f ^{es} par pied, 94,000 ^k fumier.	Variétés des tabacs { Pas-de-Calais. Palatinat. Lot-et-Garonne. Lot. Virginie. Nord. Alsace.
6 ^e Groupe . . 14	30,000 pieds par hectare, 40 f ^{es} par pied.	0 engrais.
8 ^e Groupe . . 16	30,000 pieds par hectare, 40 f ^{es} par pied, 94,000 ^k fumier.	Époques successives de récoltes

Le 6^e groupe, réduit à un seul lot, a été institué pour donner la mesure de la fertilité du terrain et de sa richesse en potasse.

En adoptant les mêmes conditions générales d'engrais, de nombre de pieds, de nombre de feuilles pour les autres

groupes, M. Schlœsing a eu pour but, comme on le comprend d'avance, de multiplier les comparaisons en les rendant possibles, non-seulement entre les lots d'un même groupe, mais encore entre ceux des groupes différents.

Voici comment a été réalisé le programme que nous venons d'indiquer :

Le champ d'expérience, situé dans la commune de Boulogne, au lieu dit Canton des Gravelets, dans le voisinage et à 80 mètres environ de la Seine, a la figure d'un parallélogramme très-allongé, parallèle au cours de la rivière. Il est formé d'alluvions, comme on peut s'en convaincre par la simple inspection de la localité. En effet, le sol, essentiellement sableux à 300 mètres de la Seine, acquiert graduellement de l'argilé, du calcaire et de la profondeur, à mesure qu'il s'en rapproche, et il en est ainsi tout le long des rives de la commune. Aussi, en étendant la culture sur une bande étroite, parallèle à la rivière, on avait la garantie d'opérer sur un sol homogène dans toute sa longueur. L'analyse du terrain exécutée sur la moyenne de trois échantillons pris sur une hauteur de 30 cent. aux deux bouts et au milieu du champ, a fourni les résultats suivants :

100 de terre sèche contiennent :

Gravier.	7,03		
Sable.	37,35	{	Sable calcaire argileux. 21,61
			Sable siliceux jaune. 33,74
			<u>57,35</u>
Terre fine.	35,69	{	Partie soluble dans l'acide nitri-
			que (calc.). 13,20
			Argile. 10,93
	100,09		Sable très-fin. 9,54

Le mélange de sable, de calcaire et d'argile défini par cette analyse, constitue un excellent sol.

Le terrain était labouré depuis deux mois au moment où il a été loué (avril) ; il avait porté l'année précédente une récolte de haricots et n'avait pas été fumé depuis. Du 25 avril au 5 mai, on lui a fait donner un labour à la bêche de 30 cent. ; ce travail a montré que les labours antérieurs ne descendaient pas au-delà de 20 cent. ; car,

au-dessous de cette profondeur, la terre prenait une dureté beaucoup plus grande et une couleur plus claire.

Il a ensuite été divisé en 16 lots, au moyen de piquets, d'après le programme arrêté.

Deux autres carrés portant les numéros 17 et 18 ont été ajoutés à la plantation quelques jours après la formation, la fumure et même le repiquage des autres.

M. Schlœsing se proposait de planter, en général, à raison de 30,000 pieds à l'hectare, en lignes accouplées deux à deux et disposées de façon qu'on pût passer entre deux couples, sans dégâts. Il tenait, en outre, à cultiver à la fois dans chaque lot deux variétés de tabac parfaitement distinctes, afin de contrôler les résultats donnés par une variété, par ceux que fournirait l'autre et de reconnaître si tel fait observé devait être généralisé ou simplement attribué à une variété particulière.

Le lot 16, dont il n'a pas encore été question jusqu'ici, était destiné à être repiqué en entier en tabac d'Alsace, avec les mêmes dispositions et distances de lignes que le lot n° 15; il devait fournir les échantillons de tabac que l'auteur voulait prélever de 20 en 20 jours, pour étudier le développement successif des principes de cette plante et surtout celui de la nicotine.

Fumure. — Vers la fin de mai, on a répandu sur tous les lots, à l'exception des n°s 17 et 18, les fumiers et autres engrais, dont les quantités ont été déterminées avec soin; ayant déjà présenté le poids de ces substances rapportées à l'hectare, il nous semble inutile de transcrire ici ceux que l'auteur a employés sur chaque parcelle. La plupart des sels préalablement pilés, puis mêlés avec de la terre et de la chair musculaire, ont été semés à la volée; le nitrate de chaux était en dissolution et a été répandu uniformément à l'aide d'un petit arrosoir, le fumier a été étalé avec soin et divisé autant que possible.

On a labouré les lots à la bêche, immédiatement après l'épandage des engrais.

Les lots 17 et 18 n'ont été institués, fumés et labourés que le 13 juin, ils ont été empruntés à un champ qui portait des haricots non encore fleuris.

Détails sur la culture. — Nous extrairons maintenant du journal de M. Schlœsing les détails suivants sur le repiquage et les autres travaux de la culture :

Le 30 mai, repiquage de l'Alsace, dans le lot n° 16 ; du Pas-de-Calais, du Palatinat, de l'Alsace, dans le lot n° 15 ; les plants ont été arrachés des semis quelques heures à l'avance ; le temps est humide, légère pluie par intervalle ; chaque plant reçoit $1/3$ litre d'eau après son repiquage ; le 9 juin, repiquage de l'Alsace et du Pas-de-Calais dans tous les lots de 1 à 14 ; du Lot-et-Garonne et du Virginie, dans le lot 15 ; temps couvert, il pleut abondamment le soir même ; bonne condition pour la reprise.

Le 14 juin, repiquage de l'Alsace et du Pas-de-Calais, dans les lots 17 et 18 ; du Nord et du Lot, dans le lot 15 ; beau temps, ainsi que le lendemain.

Le repiquage, on le voit, a été pratiqué successivement dans une période de 15 jours. On peut regretter, quand on considère que ces essais étaient surtout comparatifs, que les repiquages n'aient pas été simultanés ; il ne faut pas, d'ailleurs, exagérer l'importance de cette condition, attendu qu'on peut y remédier, en grande partie, en réglant à point les époques de récolte.

Le 29 juin et le 1^{er} juillet, binage général. On remplace quelques plants qui sont malades ou morts.

Le 14 juillet, orage, grêle et pluie d'une violence extraordinaire. Le lendemain matin, les tabacs d'Alsace et du Palatinat, qui montaient rapidement (surtout ceux repiqués le 30 mai), sont couchés ; les allées sont ensablées, ce qui montre que la pluie n'a pas été absorbée en entier par le sol, bien meuble pourtant, et a coulé à sa surface, ce qui a pu occasionner quelques pertes d'engrais salins. Les plus belles feuilles sont déchirées par la grêle. Les plants couchés se relèvent pendant la journée.

Le 18 juillet, écimage et buttage des Alsace, du lot

n° 16, des Alsace, des Palatinat et des Pas-de-Calais, du lot n° 15 ; on laisse 10 feuilles. La plupart des feuilles grêlées sont précisément celles que les règles de l'écimage condamnent à être arrachées ; les fâcheuses conséquences de l'orage s'évanouissent donc en grande partie. Avant d'écimer les tabacs n° 15, on choisit deux plants de chaque variété parmi les plus beaux, pour en faire des porte-graines, non qu'on se propose de recueillir des graines, destinées évidemment à devenir hybrides, mais uniquement pour comparer la force des feuilles après la maturation des graines, avec celle des tabacs semblables écimés. On profite du buttage pour relever les tiges trop infléchies par l'ouragan ; on observe que la plupart des tiges d'Alsace sont courbées près de terre, dans le même sens ; il est probable que le temps ayant été presque constamment humide, pendant que les tabacs montaient, les tiges n'ont pas reçu cette force que le soleil leur donne, et se sont infléchies sous l'action des vents régnant du sud-ouest.

Le 25 juillet, écimage presque général et buttage des Alsace, de tous les lots de 1 à 14 ; on laisse partout 10 feuilles, excepté dans le lot 11, où on écime à 14 feuilles, et dans le lot 12, où on écime à 6 feuilles.

Le 26 juillet, écimage partiel du Pas-de-Calais, des lots 1 à 14. Ce tabac monte en tige beaucoup moins rapidement que l'Alsace ; on ne peut écimer tous les plants, néanmoins, on les pare et on les butte ; en totalité, il ne restera plus qu'à écimer au fur et à mesure que le développement des tiges le permettra. On pare, on butte et on écime le Lot-et-Garonne, le Lot, le Virginie.

On constate des dommages produits par de grandes sauterelles vertes qui dévorent les jeunes feuilles du haut, précisément celles qui sont destinées à devenir les plus belles ; les Alsace ont particulièrement à souffrir de ces insectes auxquels il faut donner la chasse.

Le 5 août, on ébourgeonne toute la plantation.

Le 19 août, nouvel ébourgeonnage, on laisse des bour-

geons en pâte aux sauterelles, vu leur goût pour les feuilles tendres. Le temps est toujours pluvieux, les Alsace résistent assez bien à l'humidité continue ; cependant, quelques feuilles tombent, la pourriture s'étant déclarée à l'insertion de la côte dans la tige ; un plant de belle venue s'est affaissé, sa tige s'est pourrie vers le haut et s'est ouverte ensuite dans toute sa longueur. Les Pas-de-Calais paraissent souffrir davantage, à en juger par la nuance pâle de leurs feuilles ; un grand nombre de celles-ci traînent à terre. Les Pas-de-Calais, écimés à 14 feuilles, et dont les tiges sont naturellement plus hautes, portent mieux les feuilles.

Le 3 septembre, ébourgeonnage général. Les lots n^{os} 4 et 5, fumés avec du sulfate d'ammoniaque et de la chair musculaire, présentent une végétation d'un vert notablement plus foncé ; la différence de couleur est évidente, mais on ne saisit guère de différence entre la végétation du 14^e lot, qui n'a reçu aucun engrais, et celle des lots fumés. Les plants des lots 9 et 10, repiqués à raison de 10 et 20 mille à l'hectare, n'ont offert aucune différence avec les autres pendant longtemps ; mais depuis quelques semaines, leur développement prend évidemment une grande avance.

REMARQUE GÉNÉRALE. — Durant la saison entière, le temps a été presque constamment pluvieux. La terre a toujours été très-humide ; le fait suivant peut donner une mesure de l'état de l'atmosphère.

Deux mois après avoir arraché des plants de mauvaise venue, on les a retrouvés encore verts, bien que ne tenant au sol par aucune racine ; l'extrémité des tiges s'était relevée et *avait fleuri*.

On a observé peu de plants malades ; au moment de la récolte, il faudra constater le nombre des plants arrachés pour cause de maladie, et calculer le rapport de leur nombre à la totalité des plants.

Récoltes.

Le Pas-de-Calais n° 15 a été mûr le premier ; on en a récolté la moitié le 14 septembre ; le 25 du même mois, on a cueilli le reste, ainsi que les Pas-de-Calais n°s 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, et les Alsace 9 et 10. Ces deux derniers auraient peut-être trouvé quelque avantage à demeurer sur pied, si le temps avait dû se mettre au beau ; mais leurs feuilles avaient acquis un tel développement que plusieurs n'avaient pu résister aux derniers vents. M. Schlœsing a craint de tout perdre en persistant à attendre une maturation plus avancée. Il eût, d'ailleurs, été trompé dans son attente, car les tabacs demeurés debout n'ont fait nul progrès du 18 septembre au 3 octobre, jour où on a récolté les Pas-de-Calais 5, 4, 3, 2, 1 ; les Alsace 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 18, et les 7 espèces du lot n° 15.

En général, la maturité des feuilles laissait à désirer ; cependant, elles étaient restées sur pied de 110 à 120 jours, temps plus que suffisant pour une année ordinaire.

Mises à la pente le lendemain ou le surlendemain du jour où elles arrivaient à la manufacture de Paris, elles étaient séchées et enlevées du séchoir le 25 novembre.

Quant aux Alsace du lot n° 16, destinés à servir à l'étude du développement de la nicotine, ils ont été récoltés successivement aux dates qui suivent :

N° 1. — Le 18 juillet...	} immédiatement après l'écimage et 49 jours après le repiquage.			
— 2. — Le 5 août		18 jours.		
	67	—	—	—
— 3. — Le 27 août	} 22 jours.			
		89	—	—
— 4. — Le 8 septembre	} 12 jours.			
		101	—	—
— 5. — } le 25 septembre	} 17 jours.			
— 5bis —		118	—	—
— 6. — Le 24 octobre.	} 29 jours.			
		147	—	—

On voit que les récoltes n'ont pas été faites à des intervalles de temps égaux ; ne voulant pas cueillir les feuilles mouillées par la pluie, on a dû, le plus souvent, hâter les récoltes pour profiter de jours propices bien rares.

En général, on a procédé de la manière suivante : après avoir désigné 21 plants appartenant à 3 lignes contiguës et formant un petit peloton de 7 de front par 3 de file, on a cueilli leurs feuilles et on les a déposées avec soin, au fur et à mesure, dans une manne. Les tiges étaient ensuite arrachées avec le plus possible de racine, et tout était porté au laboratoire, où les racines lavées à grande eau, étaient séparées des tiges au collet. On pesait ensuite les feuilles, les tiges, les racines, et on les mettait à la pente dans un petit grenier, on les pesait de nouveau après dessiccation.

Le n° 5 bis n'a pas été traité de même ; en le récoltant en même temps que le n° 5, M. Schloësing avait pour but de comparer les résultats de la pente, quand au poids des feuilles et à leur richesse en nicotine, qu'on obtient en détachant préalablement les feuilles des tiges, ou en les y laissant adhérer. Les plants du n° 5 bis ont donc été simplement coupés ras de terre, transportés en cet état dans un grenier, et mis immédiatement à la pente.

Les feuilles du n° 1 ont été divisées en deux parts, comprenant, l'une, les feuilles du bas des tiges ayant déjà acquis un certain développement ; l'autre, celles du haut, presque toutes très-petites. Par ce classement, l'auteur se proposait de comparer la proportion de nicotine dans les feuilles en quelque sorte naissantes, et dans celles déjà en partie développées, cueillies les unes et les autres à la même époque.

DEUXIÈME PARTIE.

Les résultats que nous allons présenter sont relatifs, principalement, au poids et à la proportion de nicotine des tabacs provenant du champ de Boulogne.

Après un séjour suffisant au séchoir, les tabacs ont été pesés; après la pesée de chaque lot, on en tirait 7 à 8 feuilles que l'on hachait immédiatement, et dont les morceaux étaient enfermés dans des flacons. Ces feuilles devaient servir à la détermination des humidités absolues qu'il importait de connaître pour calculer les poids, seuls comparables, des tabacs desséchés à 100°. A leur sortie du séchoir, les feuilles étaient tellement friables, qu'il était à peine possible de les manier. On les humecta légèrement, et, quand elles eurent repris de la souplesse, on procéda à la formation des échantillons destinés à l'analyse (300 à 400 grammes). Les tabacs furent ensuite manqués, étiquetés et déposés dans deux grandes caisses préparées d'avance dans un lieu chauffé (séchoir des débris pour cigares). Les feuilles des échantillons furent étalées et séchées sur des claies, écôtées à la pointe, puis broyées, etc. Les poudres furent enfermées dans des flacons bouchés à l'émeri.

M. Schlœsing procéda ensuite aux dosages de nicotine. Pour rendre plus saillantes les comparaisons entre les poids des diverses récoltes et entre les proportions de nicotine, il a réuni les résultats déduits des pesées et des analyses dans un seul tableau, que nous allons d'abord mettre sous les yeux du lecteur avant de laisser l'auteur discuter les nombres qu'il renferme.

On a cru utile de rappeler succinctement, dans les premières colonnes, les distinctions établies entre les divers lots dans la première partie de ce travail; les colonnes suivantes indiquent :

Le nombre de plants de chaque espèce existant dans chaque lot au moment de la récolte ;

Le nombre de feuilles récoltées pour chaque lot ;

Le nombre réel et moyen des feuilles par plant pour chaque lot, calculé à l'aide des deux précédents ;

Le poids des récoltes supposées séchées à 100°, calculé d'après les pesées faites à la sortie du séchoir, et les humidités absolues ;

NUMÉROS des GROUPES.	NUMÉROS des LOTS.	CONDITIONS DE LA CULTURE.		NOMBRE DE PLANTS existant au moment de la récolte.		NOMBRE de feuilles récoltées.		NOMBRE RÉEL de feuilles par plant au moment de la récolte.		POIDS des récoltes séchées à 100°.		POIDS MOYEN d'une feuille séchée à 100°.		TAUX DE NICOTINE pour 100 de feuilles séchées et écotées.		
		CONDITIONS CONSTANTES pour les lots d'un même groupe.	CONDITIONS VARIABLES pour les lots d'un même groupe.	Alsace.	P.-d-Cal.	Alsace.	P.-d-Cal.	Alsace.	P.-d-Cal.	Alsace.	Pas-d-Cal.	Alsace.	Pas-d-Cal.	Alsace.	P.-d-Cal.	
1 ^{er} Groupe....	1	30,000 plants à l'hectare, 10 feuilles par plant, 433 ^k potasse.	0 fumier.													
	2		Azote { 140 ^k ,7 azote de 23,300 ^k fumier.	32	32	306	280	9,56	8,75	3 ^k ,227	2 ^k ,128	10 ^s ,75	7 ^s ,82	3,37	5,10	
	6		variable { 282 ^k — — 47,000 ^k —	32	31	314	273	9,81	8,81	3,348	2,225	10,80	8,53	3,52	5,14	
	3		en quantité. { 563 ^k — — 94,000 ^k —	32	31	304	290	9,50	9,55	3,439	2,537	10,42	8,75	3,34	5,95	
	4		Azote { 494 ^k — — 2,645 ^k sulf. ammon.	31	32	293	294	9,45	9,19	3,193	2,199	11,01	8,36	3,73	5,71	
	5		variable { 563 ^k — — 4,333 ^k chair musc.	32	32	296	284	9,25	8,87	3,606	2,479	12,43	9,46	3,94	6,09	
	17		en { 563 ^k — — 3,290 ^k nitr. de chaux.	32	32	313	285	9,78	8,91	3,872	2,682	11,73	9,78	4,20	6,35	
	18		qualité. { 494 ^k — — 2,645 ^k sulf. ammon. Plus 470 ^k guano phosphaté.	32	32	290	243	9,06	7,59	3,403	2,011	11,73	8,27	4,70	5,77	
				32	52	280	270	8,75	8,44	3,259	2,148	11,63	7,93	4,61	5,11	
2 ^e Groupe....	6	30,000 plants à l'hectare, 10 feuilles par plant, 47,000 ^k fumier.	Potasse. { 217 ^k dans 47,000 ^k fumier.	32	31	304	290	9,50	9,55	3,439	2,537	10,42	8,75	3,34	5,95	
	7		{ 433 ^k — — — et sulf. potasse.	32	32	310	295	9,69	9,21	3,375	2,637	10,88	8,83	3,61	5,93	
	8		{ 866 ^k — — — — —	32	32	299	289	9,34	9,03	3,404	2,610	11,35	8,42	3,66	5,97	
3 ^e Groupe....	9	10 feuilles par pied, 94,000 ^k fumier.	Nombre de plants. { 10,000 plants. 20,000 — 30,000 —	8	9	75	88	9,38	9,78	1,539	1,302	20,52	14,00	5,41	6,74	
	10			20	21	187	188	9,35	8,95	2,619	2,093	14,00	11,25	3,79	7,13	
	3			31	32	293	294	9,43	9,19	3,195	2,479	11,01	8,36	3,72	5,71	
4 ^e Groupe....	11	30,000 plants à l'hectare, 94,000 ^k fumier.	Nombre de feuilles par plant. { 14 feuilles. 10 — 6 —	31	31	384	395	12,39	12,7	3,320	2,689	8,78	7,34	2,91	4,90	
	3			31	32	293	294	9,45	9,19	3,495	2,199	11,01	8,36	3,72	5,71	
	12			32	31	185	165	5,78	5,32	2,968	1,871	16,04	11,47	5,19	6,70	
5 ^e Groupe....	13	30,000 plants, 10 feuilles, 94,000 ^k fumier.	Position des feuilles sur la tige. { feuilles du bas de la tige. feuilles du milieu. feuilles du haut.	32	31	106/96 300	104/95 309	9,37	9,42	0 ^k ,085 1,137 1,461	0 ^k ,665 0,886 0,943	7 ^s ,59/11,84 11,34	6 ^s ,39/9,23 11,21	3,21 3,36 3,43	4,87 5,69 6,68	
				31	32	300	309	9,58	9,65	3,242	2,314	10,91	7,49	3,40	5,78	
6 ^e Groupe....	14	30,000 plants, 10 feuilles, 0 engrais.														
7 ^e Groupe....	15	30,000 plants, 10 feuilles, 94,000 ^k fumier.	Variété de la graine. { Pas-de-Calais. Palatinat. Lot-et-Garonne. Lot. Virginie. Nord. Alsace.	65		616		9,48		5 ^k ,084		8 ^s ,28		6,78		
				34		303		8,97		2,374		8,48		5,38		
				34		306		9,00		2,340		8,35		4,58		
				33		293		9,00		2,414		8,94		6,03		
				34		298		8,76		2,576		8,58		5,90		
				34		327		9,62		1,844		5,85		4,60		
				33		281		8,51		2,921		10,44				
8 ^e Groupe....	16	30,000 plants, 10 feuilles, 94,000 ^k fumier.	1 18 juillet. 2 6 août. 3 27 août. 4 8 septembre. 5 25 septembre. 5 bis. { 6 24 octobre.	21		109 p ^{tes} feuilles 109 plus gros ^{ses} } 218		10,35		0 ^k ,086/0,326 0 ^k ,412		0 ^s ,78/3,00 1 ^s ,89		0,57/0,85 0,79		
				21		202		9,62		1,143		5,65		1,21		
				20		200		10,00		1,657		8,28		1,93		
				21		191		9,10		1,873		9,81		2,27		
				21		183		8,71		2,136		11,67		3,36		
				21		193		9,20		2,007		10,40		4,32		
				22		179		8,52		2,082		11,63		4,24		

Le poids moyen, pour chaque lot, d'une feuille séchée à 100°, lequel se déduit aisément du poids des récoltes divisé par le nombre de feuilles ;

Enfin, les taux de nicotine pour 100 de feuilles séchées à 100°. Bien entendu, il a fallu encore déterminer l'humidité absolue de chaque échantillon en poudre, pour calculer ces taux d'après les nombres donnés par les analyses.

Observations sur le taux p. 0/0 des manquants de plants. — Ce tableau donne lieu à quelques remarques générales.

Sur les 1,246 plants de la culture (non compris ceux du lot n° 16, qui n'ont pas été comptés), il en manquait, au moment de la récolte, 16 arrachés pour cause de maladie, dont 5 Alsace, 10 Pas-de-Calais et 1 Lot. La proportion des plants malades, très-faible en général, a été particulièrement élevée dans le Pas-de-Calais n° 15, qui a perdu 5 plants sur 72. Cette mortalité provient probablement de ce que ces plantes avaient commencé à filer dans leur semis.

Les tabacs provenant de graines du midi, du nord et de l'est de la France, d'Allemagne et d'Amérique, ont paru vivre à l'aise sous un climat nouveau pour leurs espèces.

Si l'on calcule le nombre moyen par plant de feuilles cueillies au moment de la récolte sur tous les plants où l'on en avait laissé dix, on trouve 9,42 pour l'Alsace et 9,01 pour le Pas-de-Calais. Ainsi, les accidents divers, tels que la pourriture engendrée par l'humidité du temps, les bris de feuilles causés par le passage fréquent des cultivateurs et par les vents qui sont d'autant plus à craindre, que les plantes sont d'autant plus débilitées par le manque de chaleur et l'abondance des pluies..., ont fait perdre 58 feuilles sur 1,000, d'Alsace et 99 sur 1,000 de Pas-de-Calais. Les manquants sont moindres chez le premier de ces deux tabacs, ce que l'on comprend aisément, quand on observe que ces feuilles ont un port élevé, tandis que le Pas-de-Calais, plus bas de tige, laisse traîner à terre des feuilles qui pourrissent par les temps humides.

Sur les erreurs dans les discussions subséquentes dues aux manquants des feuilles. — La proportion des manquants n'est pas la même dans chaque lot; de là, paraît-il, provient un obstacle de plus à la comparabilité des résultats; mais les erreurs dues à cette inégalité peuvent être négligées dans un genre d'expérimentation qui ne peut fournir que des approximations et dont le but est bien plus la constatation que la mesure exacte des faits. Il faut considérer, d'ailleurs, que les feuilles perdues ont existé un certain temps, que celles qui sont cassées par les vents ou par la faute des cultivateurs, comptent d'ordinaire parmi les plus développées, en sorte que, dans la comparaison des résultats, si l'on commet une erreur en plus, en adoptant le nombre de feuilles laissées lors de l'écimage, on en commet une autre en moins, en adoptant le nombre de feuilles récoltées. On sera plus près de la vérité en prenant la moyenne des deux nombres; mais alors, le défaut de comparabilité dû aux manquants devient tout à fait négligeable et on le négligera, en effet, le plus souvent, dans la discussion des résultats obtenus.

Sur les poids moyens des feuilles. — Les deux poids moyens de toutes les feuilles des Alsace et des Pas-de-Calais cultivés, à raison de 10 feuilles par plant, et de 30,000 plants à l'hectare, sont de 11^e,25 pour le premier tabac et 8^e,52 pour le second. La différence entre ces deux moyennes, se retrouve avec quelques variations légères, quand on compare les poids moyens des feuilles de ces deux espèces appartenant à un même lot: d'où résulte la conséquence applicable au moins dans les conditions de terrain et de climat où M. Schlœsing s'était placé, que les récoltes d'Alsace et de Pas-de-Calais sont dans le rapport de 1,30 à 1, rapport qui assigne au premier un avantage marqué sur le second. L'espèce de l'Alsace est, en effet, plus grande et peut-être plus robuste que celle du Pas-de-Calais.

Sur les taux moyens de nicotine. — Si l'on calcule

les deux taux moyens de nicotine des Alsace et des Pas-de-Calais cultivés à raison de 30,000 plants par hectare et de 10 feuilles par plant, on trouve les nombres 3,82 et 5,74 qui sont notablement supérieurs aux taux 3,21 et 4,94 qu'avaient donné à M. Schlœsing d'anciennes analyses exécutées sur les tabacs originaires des départements de l'Alsace et du Pas-de-Calais. Comme on l'a déjà observé pour les poids, la différence entre ces taux se retrouve avec quelques variations, quand on compare les taux de nicotine des deux espèces appartenant à un même lot.

Sur l'influence des conditions météorologiques sur la production de la nicotine. — En 1859, dans un terrain semblable à cela près, qu'il était un peu plus argileux, et par une saison aussi sèche et chaude que celle de 1860 était humide et froide, M. Schlœsing a obtenu des Pas-de-Calais contenant tous de 9,5 à 10 p. 0/0 de nicotine. Ce résultat, comparé à celui de l'année 1860, conduit à penser que la production de la base du tabac dépend principalement des conditions atmosphériques.

OBSERVATIONS PARTICULIÈRES A CHAQUE GROUPE.

Passons à la discussion des résultats présentés par chaque groupe.

PREMIER GROUPE.

Pour comparer les poids des feuilles, il faut consulter leurs poids moyens et non les poids des récoltes; car ceux-ci sont fonction du nombre des feuilles, c'est-à-dire d'une quantité dont les variations troublent les rapports cherchés.

Faible influence des engrais azotés sur le poids des feuilles. — Les lots 1, 2, 6, 3 ont reçu des quantités de fumier qui sont entre elles, comme 0, 1, 2, 4, les feuilles correspondantes ont néanmoins des poids moyens peu différents :

	Fumier	0.	1.	2.	4.
Alsace.		10 ^s ,75	10,80	10,42	11,01
Pas-de-Calais. . . .		7 ^s ,82	8,53	8,75	8,36

Le lot 14, qui n'a reçu ni engrais azoté, ni engrais salin, nous donne des chiffres presque pareils :

Alsace	10 ^s ,91	Pas-de-Calais	7 ^s ,49.
--------	---------------------	---------------	---------------------

Le fumier a donc eu bien peu d'influence sur le poids des feuilles.

Les lots 3, 4, 5, 17 et 18 ont reçu des quantités d'azote à peu près égales sous forme d'engrais variés.

Malgré la diversité d'énergie de ces engrais, les poids des feuilles correspondantes sont peu différents :

Alsace.	11 ^s ,01	12,42	11,73	11,73	11,63
Pas-de-Calais. . . .	8 ^s ,36	9,46	9,78	8,27	7,95

Ces poids sont, en général, un peu plus élevés que ceux des feuilles des lots 1, 2, 3, ce qui atteste une influence, mais une influence faible, des engrais azotés, conclusion identique à celle que l'auteur vient de tirer quelques lignes plus haut.

Plusieurs causes qui peuvent coexister expliquent ce résultat inattendu :

1° On sait qu'un sol, dont la fertilité a été bien entretenue et qui est capable, d'ailleurs, de retenir et d'emmagasiner les principes fertilisants, peut porter une ou plusieurs belles récoltes sans nouvel engrais. Il dépense *sa vieille force* et s'appauvrit. Dans un tel sol, l'addition régulière d'engrais est faite dans un but d'entretien bien plus que d'amélioration. Il est probable que le terrain de Boulogne ayant déjà pour lui une excellente constitution, était encore dans un bon état de fertilité (les cultivateurs des environs de Paris ont, en effet, à leur disposition, une grande masse d'engrais, et il faut qu'ils en usent largement pour tirer du profit de leurs cultures restreintes); s'il en est ainsi, dit M. Schlœsing, mes engrais ne devaient guère ajouter à la richesse d'une récolte qui pouvait déjà arriver près de son maximum avec la seule force du sol;

2° On sait encore que les engrais manifestent leurs effets à des degrés divers, selon les années. Dans une année fertile, le champ fumé paraîtra perdre de ses avantages sur un champ non fumé, parce que celui-ci portera une récolte exceptionnelle. Or, l'année 1860 a été particulièrement favorable, au point de vue de la quantité, aux récoltes fondées sur le développement herbacé des végétaux; le tabac est une de ces récoltes : à la vérité, il perd en qualité, quand la saison est humide, mais il gagne en dimension et en poids;

3° Il est possible, enfin, que le tabac ne mérite pas autant qu'on le pense la réputation d'exiger une forte dose d'engrais. Si les plantes qui empruntent peu d'azote à la terre sont, en général, celles qui présentent à l'atmosphère, par leurs feuilles, une large surface absorbante, on ne saurait refuser au tabac un rang distingué parmi elles; s'il en était ainsi, on comprendrait encore mieux qu'un sol, déjà notablement fertile, favorisé par une série continue de temps humides, ait produit, sans engrais, presque autant de tabac qu'avec le secours d'une forte fumure.

Quoi qu'il en soit, pour éclaircir la question de savoir quelle est l'influence sur le poids des récoltes de tabac, de la quantité et de la nature des engrais azotés, il faut que les essais compris dans le premier groupe soient recommencés dans plusieurs terrains possédant des degrés divers de fertilité et pendant plusieurs années qui différeront sous le rapport de l'humidité, de la chaleur, etc.

Influence faible, mais plus sensible, sur les taux de nicotine. — On arrive à la même conclusion, si l'on compare les taux de nicotine : les résultats, il est vrai, sont plus marqués. Pour l'Alsace, le taux de nicotine croissant graduellement à mesure que la proportion d'engrais s'élève ou que la quantité d'azote immédiatement assimilable est plus grande; ainsi, le lot 14, qui n'a reçu aucun engrais et le lot 1, qui n'a pas reçu d'azote, ont des

taux à peu près égaux, 3,40 et 3,37. Les n^{os} 2, 6 et 3, qui ont eu 23, 47, 94 mille kilog. de fumier, contiennent 3,52, 3,34, 3,73 de nicotine; les lots 4, 5, 17, 18, engraisés avec du sulfate d'ammoniaque, de la chair musculaire, du nitrate de chaux et du sulfate d'ammoniaque fortement phosphaté, en renferment 3,94, 4,30, 4,70, 4,61 p. 0/0.

Le Pas-de-Calais présente une progression semblable, mais moins sensible; il sera intéressant d'examiner si les quantités de matières azotées neutres croissent dans les mêmes rapports.

L'abondance de l'azote a donc produit réellement une élévation de taux de la nicotine; mais un fait qu'il est si important de bien constater paraît demander de nouveaux essais, dans lesquels il faudra surtout s'attacher à apprécier la mesure de l'influence des engrais azotés sur la production de la nicotine. M. Schlœsing fait observer que les considérations qu'il vient de présenter sur la fertilité présumée du terrain de Boulogne s'appliquent aux taux de nicotine, aussi bien qu'aux poids des récoltes et que, dans les sols moins riches et dans les années moins humides, les différences entre les proportions de nicotine seraient peut-être plus saillantes.

L'hypothèse de l'auteur sur l'abaissement des taux de nicotine par la présence de phosphates abondants, est formellement contredite par l'expérience; en effet, les Alsace et Pas-de-Calais, n^o 18, contiennent l'un plus de nicotine, l'autre à peine moins que les mêmes espèces n^o 4.

2^e GROUPE.

Inaction de la potasse quant au poids et au taux de nicotine des feuilles. — Les résultats présentés par ce groupe sont très-nets. La proportion de nicotine n'a pas diminué sous l'influence de l'engrais potassique. On peut objecter, à la vérité, que les 47,000 kilog. de fumier donnés aux trois lots ont apporté une quantité de

potasse qui, jointe à celle contenue déjà dans le sol, a formé une somme capable de satisfaire aux besoins de la plante, en sorte que les doses de sulfate ajoutées devaient être sans effet; mais, si on rapproche des taux de nicotine en discussion ceux du lot 14, qui n'a reçu aucun engrais, on trouve une identité qui montre que la potasse du fumier n'a pas été plus efficace que celle du sulfate; ce serait donc uniquement la potasse contenue primitivement dans le sol qui aurait été plus que suffisante, ce que M. Schlœsing ne peut admettre.

Quant aux poids des feuilles, la diversité des doses de potasse données au sol ne semble pas exercer sur eux une influence appréciable, conclusion qui s'accorde encore avec les essais antérieurs de l'auteur.

Les effets de la potasse sont plutôt physiques; elle apporte aux feuilles une finesse et probablement aussi une souplesse plus grandes, ce qui est résulté de l'examen des tabacs des champs de Boulogne par une commission d'expertise.

3^e GROUPE.

Influence considérable de l'espacement sur le poids et les taux de nicotine. — Comme le précédent, ce groupe donne des enseignements très-clairs; le poids des tabacs augmente dans de fortes proportions, quand le nombre des plants par hectare passe de 30,000 à 10,000. En même temps, le taux de nicotine croît aussi, mais moins rapidement. En effet, que l'on compare entre eux les poids d'une part et les taux de nicotine de l'autre, on trouvera les progressions suivantes :

		30,000 plants.	20,000 pl.	10,000 pl.
Poids moyen d'une feuille.	{ Alsace	1	1,27	1,86
	{ Pas-de-Calais . .	1	1,34	1,67
Taux de nicotine.	{ Alsace	1	1,02	1,45
	{ Pas-de-Calais . .	1	1,25	1,18

Les rapports entre les poids des récoltes par hectare s'obtiennent aisément en multipliant les termes des pro-

gressions précédentes des poids des feuilles par les nombres 3, 2, 1.

	30,000 plants.	20,000 pl.	10,000 pl.
On a donc :			
{ Alsace	3	2,54	1,86
{ Pas-de-Calais . .	3	2,68	1,67

D'où l'on voit qu'il y a grand intérêt sous le rapport des poids des récoltes à multiplier le nombre des plants.

Dans les deux progressions des taux de nicotine, les deux termes moyens, qui représentent les taux de nicotine des Alsace et Pas-de-Calais plantés à raison de 20,000 par hectare, présentent une irrégularité singulière : l'un est presque égal au premier terme de la progression à laquelle il appartient, et l'autre est supérieur au troisième terme de la sienne (1).

La différence entre les poids des feuilles est plus grande que celle entre les taux de nicotine; ainsi, par l'éloi-

(1) Sans prétendre expliquer ces anomalies, dit M. Schloësing, je hasarderai ici une simple hypothèse qui m'est suggérée par l'aspect que présentaient les Alsace et les Pas-de-Calais des trois lots. Les Alsace, plantés à raison de 20,000 ou de 30,000, formaient deux masses paraissant presque également touffues; ceux plantés à raison de 10,000 étaient, au contraire, bien isolés et se touchaient à peine par l'extrémité de quelques feuilles. Ne serait-il pas possible que la lumière, dont l'intervention est toujours nécessaire dans toute végétation verte, fût particulièrement agissante dans les réactions naturelles qui engendrent la nicotine; une action de ce genre appartient déjà à la chaleur solaire, comme le témoignent les essais de 1859; pourquoi ne serait-elle pas partagée par la lumière? Je comprendrais alors comment les Alsace, plantés à raison de 20,000 et dont les feuilles de couronnes formaient comme un rideau étendu sur les autres, n'ont guère plus élaboré de nicotine que ceux plantés à raison de 30,000, tandis que ceux plantés à raison de 10,000, et *bien éclairés*, en ont produit davantage. Remarquons à l'appui de l'hypothèse que, dans la progression des poids des feuilles des lots à 30,000, 20,000 et 10,000 pieds, le terme du milieu est bien plus voisin du premier que du dernier, en sorte que les Alsace, plantés à raison de 30,000 et de 20,000 pieds, ne diffèrent guère plus sous le rapport du poids que sous celui de la nicotine; mais cette explication ne convient pas à l'anomalie que présente le Pas-de-Calais du lot à 20,000 plants; il faut observer, toutefois, que les feuilles de ce tabac étant étroites, celles de la couronne couvrent moins les autres et les inégalités de l'action de la lumière peuvent être moindres que dans l'Alsace.

gnement des plants, la feuille gagne encore plus en poids qu'en force.

Les variations extrêmes de poids et de taux de nicotine sont plus considérables dans l'Alsace que dans le Pas-de-Calais. Cela paraîtra naturel, si on considère que les conditions de culture des trois lots ayant eu pour effet d'augmenter le poids et la force des feuilles, devaient produire cet effet avec plus d'intensité sur les feuilles d'une espèce légère que sur celles d'une espèce déjà notablement corsée.

Questions à étudier de la création d'espèces ou des choix des porte-graines. — Il serait bien intéressant d'essayer de produire plusieurs générations successives d'Alsace en les cultivant constamment dans les conditions du plus grand développement possible de la nicotine, pour savoir si on arriverait ainsi à former une nouvelle espèce à feuillage grand et corsé, dont on déterminerait ensuite le degré de fixité par quelques cultures successives. Des expériences du même genre devraient aussi être instituées pour apprendre si l'on peut transformer avec quelque stabilité une espèce corsée en une légère; à ces questions est liée celle du choix des porte-graines. Deux plants appartenant au même champ, mais corsés à des degrés différents (on en trouve toujours de tels), conserveront-ils dans leur première génération la différence qui les distinguait? Le nombre de fleurs laissées sur la plante, ou autrement la quantité de graines qu'elle produit n'ont-ils pas aussi une influence sur la force des descendants?

4^e GROUPE.

Influence considérable du nombre de feuilles sur le poids et le taux de nicotine. — Ce groupe présente des faits analogues à ceux que je viens de constater. On voit que le poids des feuilles et leurs taux de nicotine croissent à mesure que le nombre des feuilles par plant

diminue. Si on prend pour unités les poids et les taux de nicotine des tabacs à 14 feuilles, on a les progressions suivantes :

		14 feuilles.	10 feuilles.	6 feuilles.
Alsace.	{ Poids . .	1	1,25	1,82
	{ Nicotine.	1	1,27	1,72
Pas-de-Calais.	{ Poids . .	1	1,14	1,56
	{ Nicotine.	1	1,16	1,37

Le lot intermédiaire n'offre plus les anomalies remarquées dans le groupe précédent.

Ainsi, on produira des tabacs moins riches en nicotine, en augmentant le nombre des feuilles par plants et réciproquement ; on obtiendra des tabacs plus riches, en restreignant ce nombre.

Les poids des récoltes par hectare forment les progressions suivantes :

	14 feuilles.	10 feuilles.	6 feuilles.
Alsace.	14	12,5	10,92
Pas-de-Calais.	14	11,4	9,36

qui reviennent à celles-ci :

Alsace.	1,28	1,15	1
Pas-de-Calais.	1,49	1,22	1

D'où l'on voit qu'on aurait intérêt, sous le rapport du poids, à multiplier le nombre des feuilles.

Deux observations qu'on a faites au sujet du troisième groupe s'appliquent encore ici : par la diminution du nombre de feuilles, les tabacs gagnent un peu plus en poids qu'en nicotine.

Les variations des poids et des taux de nicotine sont plus fortes chez l'Alsace que chez le Pas-de-Calais.

Conclusions importantes s'appliquant aux 5^e et 4^e groupes. — M. Schloësing remarque qu'il y a encore une conclusion importante à tirer des expériences des groupes 3 et 4, à savoir qu'avec la même graine, il est parvenu à produire du tabac à fumer ayant la légèreté des feuilles originaires de l'Alsace et du tabac que sa force destinerait inévitablement à la fabrication de la poudre.

5^e GROUPE.

Le poids et le taux de nicotine des feuilles croissent de bas en haut de la tige. — Les pesées et les analyses des feuilles du bas, du milieu et du haut d'un plant montrent que le poids et le taux de nicotine croissent à mesure que la feuille s'élève sur la tige.

On en déduit, en effet, les rapports suivants :

		Feuilles du bas.	Feuilles du milieu.	Feuilles du haut.
Poids . . .	{ Alsace.	1	1,56	1,96
	{ Pas-de-Calais.	1	1,44	1,58
Nicotine. . .	{ Alsace.	1	1,04	1,06
	{ Pas-de-Calais.	1	1,17	1,39

Ainsi que l'auteur a déjà eu l'occasion de le faire observer plusieurs fois, la progression est encore, dans ce cas-ci, plus rapide pour le poids des feuilles que pour leurs taux de nicotine. La variation des poids est plus forte; mais, en revanche, la variation de la nicotine est bien moindre chez l'Alsace que chez le Pas-de-Calais. Cette seconde variation est assez faible dans l'Alsace, pour qu'on puisse dire que toutes les feuilles sont à peu près de même force; il n'en est pas ainsi pour le Pas-de-Calais.

Voilà donc une différence assez remarquable entre les deux espèces; on va voir d'où elle provient.

Si l'on cherche les rapports entre les *quantités réelles de nicotine* contenues dans les feuilles, de bas en haut de la tige, rapports qu'on obtiendra en multipliant chaque poids de feuille par le taux de nicotine correspondant, on trouve les progressions suivantes :

	Bas.	Milieu.	Haut.
Pour l'Alsace.	1	1,62	2,08
Pour le Pas-de-Calais	1	1,68	2,20

Ces deux progressions sont très-voisines, elles se traduisent ainsi : la quantité réelle de nicotine contenue dans les feuilles croît à mesure que celles-ci sont plus

haut placées sur la tige, dans un rapport sensiblement le même pour les deux tabacs : d'où résulte la conséquence que si les poids des feuilles croissent plus vite dans une espèce que dans l'autre, inversement les taux p. 0/0 de nicotine doivent croître moins rapidement, ils pourraient même décroître, ce qu'il serait assez curieux de constater (1).

6^e GROUPE.

Les résultats fournis par le 14^e lot ont servi de termes de comparaison dans plusieurs discussions précédentes ; il n'y a donc rien de plus à en dire.

7^e GROUPE.

M. Schloesing a trouvé, il y a déjà longtemps, dans les tabacs

DE	LES TAUX de nicotine.	LES GRAINES de ces espèces, cultivées à Boulogne ne donnent que :
Pas-de-Calais	4,94	6,78
Palatinat	"	5,38
Lot-et-Garonne	7,34	4,58
Lot	7,56	6,03
Virginie	6,87	5,90
Nord	6,58	4,60
Alsace	3,21	3,50

On observe entre la richesse en nicotine des véritables Lot, Lot-et-Garonne, Virginie et Alsace et celle des tabacs boulonnais de même espèce, une correspondance

(1) Ce fait est peut-être constaté déjà dans le Pas-de-Calais du lot n° 10, qui contient un peu plus de nicotine que celui du lot n° 9. Celui-ci, en revanche, l'emporte de beaucoup sur le 1^{er}, sous le rapport du poids des feuilles.

d'après laquelle on doit penser que le degré de force d'une espèce mère se reproduit chez son descendant, cultivé hors de sa patrie ; conclusion qui paraît rationnelle, mais qui, bien entendu, suppose que les espèces diverses sont placées dans les mêmes conditions et ne peut s'appliquer, faute d'expériences, qu'à la première génération. Il faut se rappeler, d'ailleurs, ce qui a déjà été dit sur les moyens d'appauvrir un tabac ou de l'enrichir en nicotine par la culture.

Le Pas-de-Calais, le Palatinat et le Nord semblent contredire cette conclusion ; mais il faut remarquer, quant au Pas-de-Calais, que ce tabac était parfaitement mûr au moment de la récolte, tandis que les autres n'avaient pas atteint le même degré de maturité. Or, on verra, plus loin que le taux de nicotine croît constamment à mesure que le tabac se développe, il est donc certain que la richesse en nicotine du Pas-de-Calais eût été moindre et n'eût pas été l'occasion d'une exception à la règle discutée ici, si ce tabac avait été cueilli dans le même état de maturité que les autres. Qu'on se reporte, d'ailleurs, au Pas-de-Calais n° 3 ; ce tabac a été cultivé dans les mêmes conditions que celui du lot 15 ; mais, ayant été cueilli moins mûr, il s'est trouvé contenir seulement 5,7 de nicotine. Quant au Nord, il faut remarquer que ses deux lignes se trouvaient placées entre celles de l'Alsace et de Virginie, tabacs dont le port élevé a certainement nui à leur commun voisin d'espèce plus petite et plus basse. La végétation du Nord a été évidemment retardée, comme le prouve, d'ailleurs, le poids de ses feuilles ; son taux de nicotine devait donc correspondre à son état de développement et paraître, à tort, une exception à la règle énoncée.

M. Schloësing remarque qu'il ne peut produire aucune explication sur l'anomalie que présente le Palatinat ; ce tabac aurait dû donner les mêmes résultats que l'Alsace, dont il se rapproche beaucoup ; il se trouve encore cependant beaucoup plus riche en nicotine ; l'authenticité de

la graine ne saurait cependant être mise en doute, car c'est de l'Administration que l'auteur la tient.

8° GROUPE.

Le taux de nicotine croît graduellement pendant la végétation. — Ce qui frappe immédiatement, quand on regarde les taux de nicotine, des récoltes successives du 8° groupe, c'est leur croissance graduelle et très-prononcée, parallèle à la croissance du poids des feuilles. Qu'on fasse abstraction pour un moment du n° 5 bis, qui n'a pas été séché dans les mêmes conditions que les autres et qu'on prenne pour unités le poids moyen et le taux moyen de nicotine d'une feuille du n° 1, on aura les deux progressions suivantes :

N ^{os}	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Poids	1	2,99	4,38	5,13	6,17	6,15
Taux de nicotine p. 0/0. .	1	1,53	2,44	2,92	4,25	5,36

d'où l'on déduit plusieurs conséquences :

Dans le principe, le poids des feuilles d'un plant croît plus rapidement que le taux de nicotine p. 0/0 ; mais, ensuite, le poids du plant ne varie plus beaucoup (n° 4, du 8 septembre ; n° 5, du 27 septembre ; n° 6, du 24 octobre) ; la nicotine, néanmoins, continue à croître.

Le poids total de la nicotine contenue dans les feuilles d'un plant qui se développe, croît suivant une progression bien plus rapide que le développement même du plant, comme le prouvent les chiffres suivants, obtenus en multipliant terme à terme les deux progressions précédentes :

N ^{os}	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Quantités de nicotine..	1	4,6	10,7	15,00	26,2	32,7

De ces expériences, il résulte qu'une récolte opérée avant ou après l'époque de la maturité sera d'autant moins ou d'autant plus riche en nicotine, qu'elle sera plus hâtive ou plus tardive.

C'est là un fait qu'il était très-important de constater. Si du tabac cueilli vert et *maturé* par le fabricant (sinon

miri par la nature), peut acquérir les qualités désirées, on trouvera dans le fait annoncé par M. Schlœsing, un moyen d'obtenir des tabacs plus faibles sans grande perte sur leur poids. Mais, pour le succès de cette expérience, il faut que la *maturation* en manufacture d'un tabac vert ne produise pas, quant au développement de la nicotine, le même effet que la maturation sur pied dans les champs : ce qui est vraisemblable, la feuille *maturée* en manufacture est morte et ne doit plus présenter les phénomènes accomplis par la vie.

Dans les feuilles naissantes ou très-peu développées, la nicotine est en proportion très-faible, comme le montrent les dosages opérés sur les 109 petites feuilles et sur les 109 plus grandes du n° 1.

Revenons au numéro 5 bis, récolté en même temps que le n° 5, mais séché sur tige. On lit, dans l'excellent traité de M. Mourgue, sur la culture du tabac dans le Lot, que les tabacs de ce département, séchés sur tige, acquièrent un poids notablement supérieur à celui des tabacs séchés en feuilles détachées : ce qui s'expliquerait par une continuation de la végétation aux dépens des sucres de la tige. Ce fait ne s'est nullement vérifié pour l'Alsace, sur lequel M. Schlœsing a opéré. Le tabac séché en tige semble même avoir perdu plus de poids que l'autre : ce résultat contradictoire appelle des expériences nouvelles sur les tabacs du Lot, comme sur ceux expérimentés à Boulogne.

Le dosage de la nicotine dans le lot n° 5 bis dévoile un autre fait très-intéressant. Si on compare les taux de nicotine des trois numéros 5, 5 bis et 6, dont le dernier a été cueilli près d'un mois après les deux premiers, on observe que le taux du n° 5 bis, qu'on se serait attendu à trouver égal au taux du n° 5, est, au contraire, pareil à celui du n° 6, et même un peu plus fort. Ainsi, pendant sa dessiccation sur tige, le n° 5 bis a accompli, quant à la production de la nicotine, le même travail que les plants du n° 6 demeurés en terre un mois de plus (un

mois, à la vérité, pendant lequel la végétation ne devait guère être active); d'où résulte que la feuille, séchée sur tige, continue à jouir quelque temps d'un reste de vie, pendant laquelle, elle forme de la nicotine aux dépens d'autres substances, ou l'emprunte simplement aux sucres de la tige, d'où résulte encore que les tabacs à fumer, qu'on ne voudra pas renforcer, devront être séchés en feuilles détachées.

ANNEXE.

Taux de nicotine dans les feuilles des porte-graines.
— On sait que les feuilles d'un grand nombre de végétaux remplissent, entre autres fonctions, celle de servir, en quelque sorte, de magasin où la plante puise les principes dont elle a besoin, au moment de la floraison et de la fructification, pour former les graines et leurs enveloppes. Il était intéressant de savoir si la nicotine contenue dans les feuilles de tabac participe au mouvement ascensionnel de ces principes : dans ce but, M. Schlœsing s'était abstenu d'écimer deux plants de chacune des espèces contenues dans le lot n° 15. Il a laissé ses porte-graines développer autant de fleurs et de graines qu'ils ont pu, afin de rendre plus sensible le départ de la nicotine. Malheureusement, la saison a été si humide et la maturation des graines a été tellement retardée, qu'il n'a pu en récolter les feuilles qu'à une époque où les gelées blanches sont fort à redouter. Les feuilles n'ont pas échappé à ce fléau; après les gelées, elles ont subi des pluies, en sorte qu'il ne peut affirmer que ses résultats, qui accusent une grande diminution dans le taux de la nicotine, ne sont pas dus simplement à un lavage des feuilles par les eaux pluviales.

Bien que le degré de verdure de la plupart des feuilles au moment de la récolte éloigne cette supposition, il pense que son expérience devra être recommencée une autre année.

Voici les nombres trouvés :

Les rapports de la 3^e colonne présentent une concordance assez remarquable, qui n'existerait probablement pas si les feuilles avaient été en réalité lavées par les pluies. Le Nord offre encore ici une anomalie ; mais si on considère que ce tabac, opprimé par deux puissants voisins, n'a pas développé toute la nicotine qu'il devait produire, on ne s'étonnera pas que les provisions de ses feuilles aient été épuisées à un plus haut degré.

	TAUX DE NICOTINE dans les feuilles des porte-graines.	TAUX dans les tabacs écimés.	RAPPORTS entre les taux de nicotine des feuilles des porte- graines et celui des feuilles des plants écimés.
Pas-de-Calais . . .	feuilles mortes, perdues.	"	"
Palatinat.	1,87	5,38	0,34
Lot-et-Garonne . .	1,61	4,58	0,35
Lot.	2,34	6,03	0,38
Virginie.	2,05	5,90	0,34
Nord	0,92	4,60	0,20
Alsace	1,25	3,50	0,35

Ces expériences, si elles sont confirmées, donneront un moyen de plus d'obtenir des feuilles légères ; reste à savoir si celles-ci conserveront les qualités requises en fabrication.

Préexistence de la nicotine dans les feuilles vertes. —

On a souvent demandé si la nicotine préexistait en totalité dans les feuilles vertes, ou si elle était un résultat de réactions ayant lieu pendant la pente. Bien persuadé que la première supposition était la vraie, l'auteur a voulu la vérifier par une expérience directe.

Parmi les Alsace n° 16, récoltés le 24 octobre (n° 6 du 8^e groupe), il a pris au hasard une vingtaine de feuilles ; après les avoir écôtées, il les a coupées avec des ciseaux et sans perte de jus, en rubans de 1 centimètre, que l'on a mis à sécher dans un lieu chauffé. Ils étaient secs au

bout de vingt-quatre heures. Après les avoir pilés, il a déterminé la nicotine et trouvé 4,08 p. 100. Or, les feuilles semblables qui ont été mises à la pente n'ont donné, après deux mois d'une dessiccation lente, que 4,24 p. 100.

Ainsi, la nicotine préexiste dans la feuille verte et n'est pas le produit de réactions ayant lieu pendant une dessiccation lente.

SUR LA COMBUSTIBILITÉ DU TABAC.

Je crois utile de résumer maintenant les importantes recherches de M. Schlœsing sur la combustibilité du tabac : c'est au savant directeur de l'École d'application qu'on doit, en effet, la première explication scientifique de la combustibilité des feuilles de tabac; avant la publication de ses recherches, on ne savait absolument rien des causes qui rendent ou non combustible le tabac.

Le développement croissant de la fabrication des cigares donne à la question de la combustibilité du tabac une importance des plus grandes, les feuilles jouissant de cette qualité font défaut et ne sauraient être remplacées par d'autres, la première condition que doit remplir un tabac destiné à être roulé en cigares, étant d'être combustible.

La culture du tabac, en Algérie, a pris, d'un autre côté, une extension assez considérable et recommande aussi cette question à nos études, car la plupart des tabacs d'Algérie sont malheureusement dépourvus du précieux caractère de la combustibilité, et ne peuvent être appliqués à la fabrication des cigares qu'après des lavages, des macérations ou autres traitements qui en augmentent le prix et compliquent le travail.

On a fait beaucoup, dans les manufactures, pour donner aux tabacs incombustibles la propriété de brûler, et on y est arrivé, tantôt par la méthode des lavages, tantôt par celle de la macération, due à M. Goupil. Mais

avant M. Schløesing, on n'avait pas réussi à mettre au jour les causes mêmes de la combustibilité, et la question de savoir pourquoi tel tabac, roulé en cigare, est parfaitement combustible, pourquoi tel autre ne l'est pas du tout, est demeurée à peu près entière.

En poursuivant des recherches sur la composition des jus provenant du lavage de divers tabacs, dit cet habile chimiste, j'ai eu le bonheur de saisir une de ces observations, futiles en apparence, mais qui deviennent toute une révélation, quand on est assez bien inspiré pour s'y arrêter : ce qui démontre une fois de plus qu'en chimie, comme en toute science expérimentale, l'observateur doit tout voir et ne point laisser passer les plus petits faits sans chercher à s'en rendre compte. M. Schløesing a vu que le jus du Kentucky (tabac combustible), se boursoufle en brûlant, quand on le calcine après l'avoir évaporé, tandis que le jus d'Algérie (tabac incombustible) brûle dans les mêmes circonstances sans se boursouffler. De déduction en déduction, les expériences aidant, ce fait l'a amené à découvrir la cause principale de la combustibilité, découverte d'une importance considérable, car elle n'aura pas la seule utilité de satisfaire la curiosité des fabricants, elles les guidera aussi dans le choix des moyens à mettre en œuvre pour donner au tabac le degré voulu de combustibilité. En outre, elle deviendra, entre les mains des planteurs, le meilleur moyen d'éviter ce mal, c'est-à-dire qu'elle enseignera à choisir le terrain et l'engrais qui produiront des tabacs combustibles.

Il faut tout d'abord définir la combustibilité.

La condition vraiment essentielle d'une bonne combustibilité est que le tabac, roulé en cigare, *garde le feu*, c'est-à-dire ne s'éteigne pas entre deux aspirations raisonnablement espacées par le fumeur. Ainsi un tabac combustible serait celui qui, roulé en cigare, brûlerait sans carbonisation sensible au-delà des parties en ignition, et garderait le feu. Le tabac incombustible étant

celui qui, roulé en cigare, charbonne et s'éteint si le fumeur ne précipite pas ses aspirations.

M. Schlœsing a posé d'abord les faits sur lesquels il appuiera sa théorie.

I. — Quand on brûle, dans une capsule de platine, un sel formé par de la potasse et l'un des acides organiques contenus dans le tabac (acides malique, nitrique, oxalique, acétique, pectique, ulmique), on observe que la décomposition de la matière est accompagnée d'un boursoufflement considérable dû, sans doute, à ce que la matière fond, devient pâteuse et dès lors s'étend en tous sens sous l'action des gaz développés dans son intérieur. Ce phénomène n'est pas propre aux acides du tabac; il appartient à une foule de sels organiques à base de potasse; on le remarque également, quand on chauffe, en présence de cet alcali, des substances neutres très-variées.

Les sels formés par la chaux et l'un des acides du tabac se comportent tout différemment; le pectate, l'oxalate, l'acétate gardent leur forme en brûlant; le citrate et le malate boursoufflent à peine; c'est que la décomposition s'opère sans fusion appréciable.

II. — Les cendres des tabacs naturels tout à fait incombustibles (Algérie, Bouches-du-Rhône, Macédoine, Lot) ne contiennent pas de carbonate de potasse.

Ce fait est facile à vérifier. Après avoir constaté qu'un tabac est incombustible, on en incinère quelques grammes dans une capsule en platine, ou bien, ce qui est plus simple, on le calcine dans une capsule couverte, jusqu'à ce qu'il ne dégage plus de gaz inflammable; dans le premier cas, on obtient de la cendre; dans le second, du charbon qui garde l'apparence de la feuille, mais qui renferme toutes les matières minérales. On fait bouillir la cendre ou le charbon avec de l'eau pure, et on filtre. La liqueur filtrée ne contiendra pas de carbonate de potasse; au contraire, elle renfermera le plus souvent de la chaux, dont la présence sera un gage certain de l'absence du carbonate potassique (puisqu'un sel soluble de

chaux est décomposé par le carbonate de potasse, en carbonate de chaux insoluble et en sel potassique.

III. — Réciproquement, quand un tabac naturel est réellement combustible, on trouve dans ses cendres une proportion, d'ailleurs, variable, de carbonate de potasse.

Ces deux faits ont été vérifiés maintes fois par l'expérience. Ils ne différencient pas seulement une espèce combustible d'une autre incombustible, ils distinguent dans une même espèce les feuilles combustibles de celles qui ne le sont pas : ainsi, ayant acheté une boîte de 100 cigares de Bahia, pour son usage, l'auteur en a rencontré environ une vingtaine, dont les robes étaient incombustibles. Pas une de ces robes, après incinération, ne lui a fourni une trace de carbonate de potasse ; tous les cigares qui brûlaient bien en donnaient, au contraire, des quantités variables.

Avant de poursuivre, arrêtons-nous sur la composition des cendres de tabac et sur l'origine du carbonate de potasse.

On trouve dans les cendres :

Les acides :	<ul style="list-style-type: none"> sulfurique. chlorhydrique. phosphorique. carbonique. 	Les bases :	<ul style="list-style-type: none"> potasse. chaux. magnésie.
--------------	---	-------------	---

Plus du sable, de la silice, des traces d'oxyde de manganèse.

On peut bien préjuger, jusqu'à un certain point, le mode de combinaison des acides et des bases dans les cendres. Mais il serait tout à fait hasardeux d'en conclure le mode préexistant dans le tabac ; ce que l'on sait, à cet égard, c'est que les carbonates de chaux, de potasse et la magnésie proviennent de la destruction de nitrates et de sels à acides organiques, ces derniers étant en proportion bien plus forte que les nitrates. Quand on reprend les cendres par l'eau, les lois de décomposition réciproque des sels s'appliquent, toute la potasse passe dans l'eau, à l'état de sulfate, chlorure, carbonate ; la chaux demeure insoluble à l'état de carbonate et de phosphate ; la

magnésie ne se dissout pas davantage. Considérons maintenant trois cas qui peuvent se présenter en ce qui concerne la potasse :

1° Quand la potasse est en quantité telle que les acides sulfurique et chlorhydrique ne puissent la saturer entièrement, l'excès se trouve à l'état de carbonate; c'est le cas le plus fréquent : on est alors assuré que les parties solubles des cendres ne renferment pas de chaux, et que *le tabac renfermait primitivement des sels organiques à base de potasse, y compris les nitrates*;

2° Lorsque la potasse est en quantité telle que les acides chlorhydrique et sulfurique laaturent exactement, les parties solubles des cendres ne renferment ni carbonate de potasse, ni chaux. C'est le cas le plus rare; il résulte d'un véritable équilibre, qui est le fait du hasard;

3° Enfin, lorsque la potasse est en trop faible quantité pour neutraliser les acides sulfurique et chlorhydrique, non-seulement les parties solubles ne renferment pas de carbonate de potasse, mais encore elles contiennent de la chaux à l'état de sulfate ou de chlorure.

Dans ces deux derniers cas, on ne peut pas dire que le tabac ne renfermait pas de sels organiques à base de potasse, bien que le signe de leur existence, le carbonate de potasse, ait disparu des cendres.

Mais il est pourtant certain que de tels sels, s'ils existaient, étaient en quantité moindre dans le troisième cas que dans le deuxième, et moindre encore dans le deuxième que dans le premier.

En rapprochant ces réflexions des deux faits posés ci-dessus, on est conduit à énoncer ceux-ci dans les termes suivants :

Quand un tabac naturel est combustible, ses cendres renfermant du carbonate de potasse, il renferme lui-même des sels organiques à base de potasse;

Quand un tabac naturel est incombustible, ses cendres ne contiennent pas de carbonate de potasse, les sels organiques à base de potasse sont dans ce tabac, si tou-

tefois il en existe, en quantité moindre que dans un tabac combustible.

IV et V. — Un tabac naturel, incombustible, devient combustible, quand on lui incorpore un sel organique à base de potasse, en quantité telle que les cendres du tabac ainsi traité renferment du carbonate de potasse.

Un tabac naturel, combustible, perd sa combustibilité, quand on lui incorpore une substance telle que les cendres ne contiennent plus de carbonate de potasse.

Ces deux faits sont démontrés par la série d'expériences suivantes :

Après avoir préparé des oxalate, tartrate et citrate de potasse, M. Schlœsing a analysé ces sels pour déterminer le poids du carbonate de potasse fourni par l'incinération d'une quantité donnée de chacun d'eux. Ces sels étaient destinés à être incorporés dans de l'Algérie et du Bouches-du-Rhône incombustibles.

Il a préparé, en second lieu, du sulfate de magnésie, du chlorure de calcium, des sulfate et chlorhydrate d'ammoniaque; ces sels, incorporés dans des tabacs combustibles, devaient y introduire des acides sulfurique et chlorhydrique, et, par conséquent, faire disparaître des cendres le carbonate de potasse. Il les a également analysés, afin de pouvoir plus tard les employer dans les proportions voulues.

En troisième lieu, il a fait choisir, dans les ateliers de la manufacture de Paris, les tabacs suivants :

Algérie, Bouches-du-Rhône, aussi incombustibles que possible;

Brésil pour robes, Brésil pour intérieur, aussi combustibles que possible.

Les feuilles de chaque espèce ont été mêlées et échantillonnées avec soin (il est essentiel que chaque échantillon se compose d'un certain nombre de feuilles, une douzaine au moins, à cause des différences de composition que présentent les feuilles d'une même espèce, même prises dans une même manoke). Les échantillons

ont servi à la détermination des humidités absolues et à l'analyse des cendres.

		DANS 100 DE CENDRES d'Al ₂ O ₃ etc.	DANS 100 DE CENDRES de Bouches-du- Rhône.	DANS 100 DE BRÉSIL pour robes.	DANS 100 DE BRÉSIL pour intérieur.
Matières insolubles	carbonate de chaux.....	48,93	53,53	31,71	32,46
	phosphate de chaux et oxyde de fer.....	6,62	5,02	6,57	7,56
	magnésie.....	10,13	6,25	10,48	11,39
	sable et silice.....	8,40	4,73	11,24	9,67
Matières solubles...	sulfate de potasse.....	0,88	0,33	2,78	3,09
	chlorure de potassium.....	18,11	22,26	19,70	10,81
	carbonate de potasse.....	"	"	17,52	25,02
	sulfate de chaux.....	6,91	7,48	"	"

Pour incorporer un de ces sels en proportion déterminée dans un tabac, on opérerait de la manière suivante :

On plongeait, pendant quelques secondes, dans un vase plein d'une dissolution du sel, les feuilles de tabac préalablement développées; on les retirait ensuite et les secouait : l'immersion étant de courte durée, le liquide ne pénétrait guère dans le tabac, et ne lui empruntait pas une quantité appréciable de ses principes solubles; les feuilles étaient simplement mouillées sur leurs deux faces. On les abandonnait, durant 24 heures, dans une boîte revêtue d'étain où l'évaporation était impossible. Pendant ce temps, le liquide déposé à la surface des feuilles pénétrait à l'intérieur avec le sel dissous; celui-ci se mêlait et s'incorporait aux autres matières contenues dans le tabac. Après une dessiccation de quelques heures à l'air libre, les feuilles ainsi traitées avaient exactement repris leur aspect habituel.

Il ne faudrait pas croire qu'après l'immersion, les feuilles retiennent une très-grande quantité d'eau; l'Al-

gérie absorbe environ 40 p. 100, et le Brésil de 50 à 60.

Pour donner aux feuilles la quantité voulue d'un sel (quantité calculée d'après la teneur en chaux ou en carbonate de potasse des parties solubles des cendres), M. Schlœsing commençait par déterminer la quantité d'eau qu'elles retenaient en les pesant avant et après immersion dans l'eau pure; prenant pour base cette quantité, il déterminait, par le calcul, la quantité de sel à dissoudre dans un litre d'eau telle qu'après immersion, le tabac retint la proportion voulue de ce sel. Les feuilles, mouillées à l'eau pure, demeuraient, comme les autres, 24 heures dans la boîte étamée, puis étaient séchées et roulées en cigares, ceux-ci devant être comparés plus tard à ceux faits en feuilles de même espèce, mais traités par les dissolutions salines.

Tous les cigares étaient séchés à l'air libre.

Le tableau suivant indique :

1° Les espèces de tabac soumises à ces épreuves ;

2° La quantité de carbonate de potasse contenue dans les parties solubles des cendres rapportées à 100 de tabac ;

3° La quantité de chaux que ces parties contiennent (en l'absence de carbonate de potasse), rapportées à 100 de tabac ;

4° La quantité de carbonate de potasse équivalant à celle de la chaux, cette quantité est affectée du signe — et considérée comme négative : en effet, la présence de la chaux dans les parties solubles des cendres montre que la potasse est en quantité trop faible pour saturer les acides sulfurique et chlorhydrique. Quand on aura incorporé dans le tabac une certaine quantité de cet alcali à l'état de sel organique, et quand on aura brûlé ce tabac, une partie de la potasse incorporée équivalant à la chaux dissoute, passe à l'état de sulfate ou de chlorure, au lieu de former du carbonate, le carbonate disparu doit donc être affecté du signe négatif ;

5° La nature du sel incorporé ;

ESPÈCES des TABACS.	CARBONATE DE POTASSE ou chaux caustique contenue dans les parties solubles des cendres rapportées à 100 de tabac.				SELS INCORPORÉS.			CARBONATE de potasse calculé dans les cendres des cigares.	OBSERVATIONS sur LA COMBUSTION DES CIGARES.
	2.	3.	4.	Nature du sel.	Quantité du sel équivalente à	Carbonate de potasse.	7.		
1.								8.	9.
ALGÉRIE.									
1	0	0,53	-1,31	•	•	•	•	-1,31	Ne tient pas le feu; la robe charbonne et ne brûle pas.. } Incombustible.
2	0	0,53	-1,31	Oxalate cristallisé.	5,74	4,50	•	+2,99	Tient le feu; cendre grise. . . Combustible.
3	0	0,53	-1,31	Tartrate cristallisé.	7,44	4,37	•	+3,06	Idem.
4	0	0,53	-1,31	Citrate anhydre.	4,40	3,00	•	+1,69	Idem.
5	0	0,53	-1,31	Tartrate.	4,80	2,82	•	+1,51	La plupart brûlent bien. . . } (1)
6	0	0,53	-1,31	Citrate.	3,15	2,11	•	+0,80	La moitié ne brûlent pas. . . }
7	0	0,53	-1,31	Tartrate.	7,86	0	•	-1,31	Charbonné. Incombustible.
BRÉSIL.									
8	0	0,525	-1,30	•	•	•	•	-1,20	Ne tiennent pas le feu; char- bonné. Incombustible.
9	0	0,525	-1,30	Oxalate cristallisé.	6,32	4,74	•	+3,44	Tiennent bien le feu; cendre grise. Combustible.
10	0	0,525	-1,30	Tartrate.	7,82	4,59	•	+3,29	Idem.
11	0	0,525	-1,30	Citrate.	4,67	3,13	•	+1,83	Idem.
12	3,87	0	0	•	•	•	•	+3,87	Tiennent bien le feu; cendre grise. Combustible.
13	3,87	0	0	Sulfate de magnésie.	7,54	-4,20	•	-0,33	Ne tiennent pas le feu; cendre gris-noir. Presque Incombustible.
14	3,87	0	0	Chlorure de calcium.	6,25	-3,90	•	-0,03	Ne tiennent pas le feu; cendre gris-noir. Peu combustible.
15	3,87	0	0	Sulfate d'ammoniaque.	3,80	-4,06	•	-0,19	Ne tiennent pas le feu; cendre noire. Très-peu combustible.
16	3,87	0	0	Chlorhydrate d'ammoniaque.	2,66	-3,45	•	+0,43	Idem.
17	3,87	0	0	Oxalate de potasse.	7,50	+5,62	•	+9,49	Tiennent bien le feu; gros bourelet; cendre noire. . . } Combustible.
18	3,87	0	0	Tartrate de potasse.	9,10	+5,33	•	+9,20	Idem.

(1) Voir les observations qui suivent le tableau.

6° Son poids rapporté à 100 de tabac;

7° La quantité de carbonate de potasse que donne ce poids de sel, quand il est à base de potasse;

8° La quantité calculée de carbonate de potasse qui équivaut à un sel, quand celui-ci est destiné à détruire l'alcali dans les cendres; cette quantité est encore négative;

9° La quantité définitive de carbonate de potasse, qui, tout compte fait, se trouve dans les cendres des cigares essayés;

10° Les observations sur le degré de combustibilité, la couleur des cendres des cigares.

Conclusions. — Des expériences consignées dans ce tableau, il résulte que l'Algérie et le Bouches-du-Rhône, tabacs incombustibles, sont devenus combustibles, après avoir reçu un sel organique à base de potasse, en proportion suffisante pour faire apparaître le carbonate de potasse dans les cendres;

Que l'Algérie est demeuré incombustible, après avoir reçu un sel organique non alcalin (tartrate d'ammoniaque), qui n'introduisait pas de carbonate de potasse dans les cendres;

Que le Brésil, tabac combustible, est devenu à peu près tout à fait incombustible, par l'incorporation d'un sel qui a détruit le carbonate de potasse dans les cendres;

Que le même Brésil a gardé sa combustibilité après avoir reçu des sels organiques à base de potasse; seulement, les cendres, très-riches en carbonate, sont en même temps très-noires. Ce fait sera expliqué plus loin.

Ainsi se trouvent démontrés les deux faits IV et V (page 751).

OBSERVATIONS. — On dira peut-être qu'il a fallu de bien fortes proportions de sels organiques pour obtenir la combustibilité, ou de sels minéraux pour la détruire.

S'il s'agit des sels incorporés dans l'Algérie et le Bouches-du-Rhône, il faut observer que ces tabacs donnent

de la chaux dans la partie soluble de leurs cendres, chaux qui consomme forcément, sans amélioration sensible de la combustibilité, une certaine quantité de sel incorporé ; le mal est profond, il faut une forte dose du remède.

Quant au Brésil, ses cendres sont riches en carbonate de potasse ; pour faire disparaître l'alcali des cendres, il fallait bien incorporer des quantités proportionnelles de sulfates ou de chlorures.

Il reste à présenter une observation au sujet des cigares 5 et 6, dans lesquels les sels organiques ont été incorporés en quantité moindre, et qui ont présenté de la diversité dans leur combustibilité. Des feuilles de tabac, prises dans une même manoke, présentent, comme on l'a dit, des compositions variées : l'analyse d'un échantillon moyen peut faire connaître la composition moyenne d'un ensemble de feuilles ; mais des cigares du poids de 5 grammes sont loin de contenir assez de tabac pour que la composition de chacun soit celle de la moyenne ; ils présentent, comme les feuilles mêmes, des différences inévitables. Cela posé, quand M. Schloësing incorpore dans du tabac un excès de tartrate, d'oxalate... potassiques, il est assuré que la feuille la moins combustible en aura une part suffisante ; mais si les quantités de sels données au tabac approchent de la limite fixée par l'analyse, la même feuille pourra bien n'en avoir plus assez, et rester incombustible. C'est ce qui est arrivé pour les cigares 5 et 6.

Parmi les cigares 5, chez lesquels le carbonate de potasse des cendres est encore en moyenne de 1,51 p. 100, peu sont incombustibles (1 sur 6 environ). Parmi les cigares du n° 6, dont les cendres ne contiennent plus en moyenne que 0,80 de carbonate, beaucoup sont incombustibles. D'ailleurs, par l'examen des cendres des uns et des autres, l'auteur s'est assuré que celles des cigares incombustibles ne contiennent pas de carbonate, tandis que celles des cigares combustibles en renferment.

Théorie déduite des faits exposés. — Après avoir établi tous les faits présentés ci-dessus, nous allons tenter d'en faire sortir une explication satisfaisante.

Examinons de près et analysons la combustion d'un cigare : nous trouverons lieu à des observations nouvelles, peut-être, bien que ce phénomène se soit reproduit mille fois sous les yeux de chacun ; mais les faits les plus vulgaires sont précisément ceux qu'on observe le moins.

Et d'abord, quand une matière organique est exposée à une chaleur suffisante, à l'abri de l'air, elle se décompose toujours en deux parts : l'une consiste en produits volatils (acide carbonique, oxyde de carbone, ammoniaque, hydrogène carboné, composés volatils plus complexes) ; l'autre, non volatile, demeure dans le vase opératoire et consiste simplement en charbon ; avec celui-ci se trouvent les matières minérales qui deviennent la cendre, lorsque l'accès de l'air étant permis, le charbon peut brûler ; si la matière organique est exposée au contact de l'air, en même temps qu'à la chaleur, sa décomposition s'effectue encore en produits volatils et en charbon ; mais ces divers produits étant susceptibles de brûler, il y a lieu de distinguer plusieurs cas, selon le degré et le mode d'application de la chaleur, la quantité d'air qui peut arriver sur la matière dans un temps donné, la nature des produits volatils, l'état physique du charbon.

Quand le degré de chaleur est élevé, les produits volatils s'enflamment et brûlent en totalité, si l'air afflue librement ; en partie, si l'accès de l'air est restreint ; le charbon est aussi atteint à son tour.

Lorsque le degré de chaleur est insuffisant, les produits volatils échappent à la combustion, même en présence d'un excès d'air ; le charbon brûle ou résiste, selon son état d'agrégation ; chacun sait, en effet, qu'un charbon compact a besoin d'une température élevée pour garder son feu, et s'éteint rapidement s'il est isolé ; qu'un

charbon poreux s'enflamme à une température moins élevée, garde mieux son feu, et brûle plus longtemps, même après avoir été isolé ; qu'enfin, la poussière d'un charbon léger et poreux brûle complètement, lorsqu'on en a allumé en un seul point une très-petite quantité.

Revenons au cigare que nous avons supposé en cours de combustion.

Le feu, agissant sur les parties du tabac qui l'avoisinent, les décompose en produits volatils et en charbon : celui-ci s'allume bientôt au contact du feu ; mais les produits volatils échappent, pour la plupart au moins, à la combustion.

L'oxygène de l'air fait-il défaut ? Nous ne savons encore ; l'analyse de la fumée de tabac nous l'apprendra quelque jour ; mais peu importe, car l'oxygène fût-il en excès, la température est manifestement insuffisante pour l'inflammation des produits volatils : l'absence de flamme le prouve assez pour le temps qui s'écoule entre deux aspirations, et, lorsque le fumeur aspire et que la combustion prend de l'énergie, les produits volatils s'engagent dans les interstices des feuilles, au fur et à mesure qu'ils sont dégagés et s'y refroidissent brusquement ; leur inflammation est donc impossible. D'ailleurs, et cette observation est importante, la majeure partie de la chaleur dégagée par la combustion du charbon est rendue latente par la formation des produits volatils.

En définitive, la combustion d'un cigare se réduit presque à celle du charbon. Si l'on conteste ce point, on accordera au moins qu'entre deux aspirations du fumeur, c'est le charbon produit plus abondamment, pendant la dernière, qui entretient le feu.

Or, quelle condition doit remplir ce charbon pour entretenir le feu ? Il faut qu'il soit poreux : plus il le sera, mieux le cigare gardera son feu et sera combustible.

Il est facile maintenant de saisir la relation qui existe entre la porosité du charbon et la présence dans le tabac de sels organiques à base de potasse.

Imaginons que le tabac d'un cigare soit pourvu autant que possible de ces sels. Quand on allumera ce cigare, les sels de potasse se décomposeront en se boursouflant ; par leur augmentation de volume, ils déchireront et désorganiseront le tissu du tabac ; ils sont, d'ailleurs, mêlés avec les autres matières contenues dans les cellules des feuilles, matières dont le charbon serait peut-être compact, si elles brûlaient isolément, mais qui est divisé par le mélange et le boursoufflement des sels organiques à base de potasse : en définitive, et grâce à eux, le charbon du cigare est assez poreux pour garder le feu.

Supposons, au contraire, un tabac dans lequel tous les acides organiques seraient combinés à de la chaux ; la potasse se trouvant tout entière à l'état de sulfate ou de chlorure, sels qui jouent un rôle passif dans la combustion. Si on allume un cigare fait avec un tel tabac, la décomposition en produits volatils et en charbon va avoir lieu au contact du corps enflammé ; mais les divers matériaux de la feuille, n'éprouvant pas de boursoufflement, le charbon sera compact et ne gardera pas le feu : le cigare sera incombustible ; en pareil cas, on observe, à l'appui de ce qu'avance l'auteur, que les parties carbonisées gardent la forme de la feuille ; le tissu a été racorni, tourmenté, mais non désorganisé.

La présence des sels organiques à base de potasse, dans un tabac naturel, est donc la cause de la combustibilité : conclusion inattendue, en ce sens que les chimistes savent combien la présence du carbonate de potasse dans une cendre gêne la complète incinération du charbon ; ce sel fond sous l'action de la chaleur, couvre d'une sorte de vernis les parcelles de charbon, et les préserve de l'accès de l'air. Cet effet s'observe, d'ailleurs, dans la combustion des cigares : les cendres de certains Brésil très-combustibles sont d'un gris zébré de noir, et contiennent beaucoup de carbonate de potasse. Les cendres les plus pauvres en carbonate sont aussi les plus blanches (tabacs lavés).

Nous venons de prendre pour exemple deux tabacs hypothétiques, véritables limites entre lesquelles sont compris tous les tabacs naturels. Mais M. Schlœsing n'entend pas dire que dans un tabac incombustible toute la potasse soit exclusivement combinée à des acides sulfurique et chlorhydrique, et que les acides organiques soient tous unis à la chaux. Il pose simplement en fait, qu'un tabac incombustible ne contient *pas assez* de sels organiques à base de potasse, pour que le charbon, résultant de la combustion, soit poreux, et que le signe du défaut de ces sels est l'absence de carbonate de potasse dans les cendres. Il dit encore qu'un tabac est combustible, quand il contient une provision de sels organiques à base de potasse suffisante pour que le charbon du cigare soit poreux, et que le signe de cette suffisance est la présence du carbonate de potasse dans les cendres.

Évidemment, il ne parle ici, comme dans tout ce qui précède, que des tabacs *naturels* et non des tabacs lavés ou macérés, dont la combustibilité sera expliquée plus loin.

Autres causes secondaires de la combustibilité.

M. Schlœsing ne prétend pas que la combustibilité d'un tabac naturel soit due uniquement à la cause qu'il a signalée, encore moins qu'elle soit proportionnelle à la quantité de sels organiques alcalins. On conçoit que le degré de combustibilité dépende d'autres causes : les proportions des acides organiques varient dans les divers tabacs, et comme les uns donnent, avec la potasse, des sels plus *boursouffants* que les autres, il est clair que la nature de ces acides exerce une influence directe sur la combustibilité. Les proportions, également variables, des matières qui brûlent sans boursouffler, tels que les sels organiques de chaux et de magnésie, ont aussi leur influence, puisqu'elles tendent à rendre le charbon moins poreux. L'état d'agrégation du tissu du tabac joue

aussi un rôle : si le tissu est bien agrégé, il résistera mieux aux efforts de rupture qu'exercent les matières qui boursoufflent dans l'intérieur des cellules ; ces matières doivent être en abondance suffisante pour produire sa désorganisation. Il en faudra moins pour briser un tissu moins agrégé. La conductibilité du tabac, pour la chaleur, influe encore sur la combustibilité, ainsi que l'a montré M. Cousté, directeur de la manufacture de Paris.

M. Schlœsing prétend *seulement* que les *sels organiques alcalins* sont la cause majeure et vraiment efficace de la combustibilité, puisque leur seule présence suffit pour rendre un tabac combustible.

Ces idées sur la combustibilité ont conduit l'auteur à une application que nous pouvons citer ici sans sortir du sujet. Du papier à cigarettes, dont le bord est approché d'un charbon en ignition, brûle au contact de celui-ci, mais la combustion s'arrête dès qu'on éloigne le charbon.

Si le papier a été plongé dans une dissolution très-étendue d'un sel organique alcalin, puis égoutté et séché, la combustion, déterminée par l'approche du plus petit corps en ignition, se propage aussitôt capricieusement dans diverses directions ; le papier brûle en entier. Cette expérience, assez curieuse, peut rendre aux fabricants de papier à cigarettes le service de leur apprendre à donner à leurs produits un degré convenable de combustibilité, sans recourir au nitre.

Tous les fumeurs savent que, chez certains cigares, il se manifeste sur la robe et dans le voisinage immédiat du feu, une sorte de cordon ou bourrelet, et un grand nombre regardent l'apparition de ce cordon comme un signe de mauvaise combustion. C'est à tort ; le bourrelet, qu'il faut bien se garder de confondre avec la zone charbonnée des cigares incombustibles, provient du boursoufflement des sels de potasse ; il est le signe de leur abondance, et, par suite, de la combustibilité du tabac. Aussi, quand il est considérable, la cendre est grise et comme frittée par la fusion du carbonate de potasse.

En terminant, l'auteur expose comment il conçoit que le lavage et la macération donnent la combustibilité aux tabacs qui en étaient dépourvus. Il importe d'expliquer ces effets, constatés, d'ailleurs, par l'expérience, car on pourrait les opposer à la théorie de M. Schlœsing et dire : la présence des sels potassiques n'est pas nécessaire, puisque le lavage seul de l'Algérie suffit à rendre ce tabac combustible.

Le lavage, suivi d'une pression énergique, élimine d'un tabac incombustible une forte proportion des sels organiques à base de chaux, qui, on l'a vu, sont un obstacle à la combustibilité. De plus, les cellules du tabac ayant été vidées, en partie, des sucs qu'elles renfermaient, le charbon du cigare pourra être suffisamment poreux, sans le secours du boursoufflement des sels potassiques ; en outre, la pression énergique subie après le lavage a dû rompre des cellules et produire, dans le tissu, un commencement de cette désorganisation que les sels potassiques opèrent si bien dans les tabacs naturellement combustibles ; enfin, après la pression, ce qui reste de sucs dissous dans les 60 p. 100 d'eau que retiennent les feuilles, ne rentre pas entièrement dans les cellules ; une partie demeure et sèche à la surface du tabac, ce qui contribue encore à décharger de matières l'intérieur des cellules.

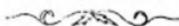
La macération a deux buts principaux : fondre en un seul les goûts divers des tabacs macérés ensemble, donner plus de combustibilité à ceux qui en ont le moins.

Pendant la macération, chaque tabac fournit à l'eau des principes solubles ; il se fait un jus *moyen*, tant au dedans qu'au dehors des feuilles, lequel tient principalement en dissolution tous les sels de nicotine et de potasse, et une partie des sels de chaux.

Il se produit ainsi un échange de principes solubles entre les divers tabacs ; ceux qui contenaient un excès de sels potassiques, et qui auraient brûlé avec une cendre grise, en cèdent à ceux qui n'en avaient point assez pour

être combustibles ; quoi d'étonnant qu'on rende ainsi les tabacs à peu près également combustibles, lors même que, aucun jus n'étant perdu, la macération n'est point un lavage déguisé ?

Il faut ajouter encore que la pression et l'extravasement des jus hors des cellules, pendant la dessication, concourent à augmenter la combustibilité.



PRODUITS CÉRAMIQUES

PAR M. SALVETAT

Professeur à l'École impériale centrale des Arts et Manufactures,
chef des travaux chimiques à la Manufacture de porcelaine de Sèvres

POTERIES D'USAGE DOMESTIQUE

PREMIÈRE PARTIE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES





PRODUITS CÉRAMIQUES

Nous avons déjà traité, dans un premier article, les arts céramiques exposés au Champ-de-Mars, dans leurs rapports avec l'art de bâtir. Nous nous proposerons, dans ce second travail, d'examiner ces mêmes productions de l'industrie humaine dans ses rapports avec les usages ordinaires de la vie, soit qu'on les considère dans leur emploi comme ustensiles de ménage, soit qu'au contraire, on les réserve pour une destination plus relevée, principalement au point de vue de la décoration intérieure.

Ce dernier emploi n'est pas aussi éloigné qu'au premier coup d'œil on le pourrait supposer, des études spéciales auxquelles ce recueil est destiné. Il suffit, pour s'en convaincre, de rappeler même succinctement les nombreux points de contact qui rapprochent de l'art métallurgique l'art de terre, comme on désignait autrefois et comme on désigne encore souvent aujourd'hui l'art de faire la poterie de terre.

Si nous n'avons pas à mettre en évidence les transformations que subissent les substances que la géologie, d'une part, la minéralogie, d'autre part, nous apprennent à discerner parmi les nombreuses substances minérales que la nature met sous la main de l'homme, ou qu'il doit chercher dans les entrailles de la terre pour en tirer un parti considérable, il n'en est pas moins vrai que nous avons pour point de départ dans l'intéressante industrie que nous nous sommes imposé la tâche d'étudier dans ce recueil, une origine commune, les terres et les roches, à les prendre dans leurs plus grandes variétés, à les considérer au double point de vue de leurs propriétés générales et de leurs valeurs commerciales.

L'art de faire la poterie de terre a dû passer, comme l'industrie métallurgique, par des phases bien distinctes en raison des progrès des autres branches de l'industrie générale. Praticqué d'abord sur des points isolés, où se trouvaient réunis, pour satisfaire à la consommation locale, les matières premières et le combustible, il ne dut exiger que des capitaux bornés ; mais avec l'établissement des voies de communication, la concurrence s'enhardit, et telle usine se vit menacée dans son existence propre, par l'arrivée sur un marché jusque-là non disputé, des produits de fabriques plus éloignées offrant à prix égal les avantages précieux résultant d'une fabrication plus relevée ou tout au moins perfectionnée, quant à la dureté de la glaçure, quant à la blancheur de la pâte.

Pour venir à l'appui de l'énoncé qui précède, c'est-à-dire aux rapports que présente l'industrie du fer, par exemple, avec la fabrication des poteries, il suffirait de réunir, dans ce travail, les résultats de l'examen des périodes successives par lesquelles ont passé ces deux industries, en les comparant à chacune des diverses époques auxquelles s'exécutaient les baisses de prix notables, conséquences naturelles des perfectionnements de toute sorte, introduits dans la fabrication, et des moyens de transports plus développés ou réduits au point de vue du tarif. Il y a, toutefois, une différence qu'il faut de suite mettre en lumière, c'est qu'il est beaucoup plus facile de saisir à la vue les modifications qui séparent les différentes poteries, qu'il ne l'est de mettre en relief les différentes qualités de la fonte, du fer ou de l'acier, pour nous en tenir, dans ce parallèle, à l'étude de la sidérurgie.

Lorsque nous voyons la facilité des transports, leur promptitude et leur bas prix, agissant simultanément avec leur plus grande régularité, permettre l'amélioration des produits dérivés des minerais de fer par l'introduction de matières étrangères venues de loin, comme les minerais de fer d'Algérie ou d'Espagne, n'est-il pas permis de faire ce rapprochement, que, par suite des mêmes influences,

les poteries se sont améliorées, lorsqu'on a pu faire intervenir, avec les argiles prises dans la localité ou dans les environs, des terres venues de plus loin pour les blanchir ou les rendre plus sonores, comme les kaolins d'Angleterre ou les roches feldspatiques plus ou moins altérées.

Si nous considérons actuellement l'ensemble des procédés de fabrication, nous ferons remarquer que dans les deux cas, les perfectionnements se sont produits sous la même forme, et créés au souffle de la même organisation sociale. Les progrès que la fabrication du fer a réalisés ont surtout été remarquables en Angleterre, où le fabricant, mettant à profit l'esprit d'association de son pays, la tendance pratique de sa nation, a su mieux utiliser des richesses en combustible en relation immédiate avec des minerais d'une excellente qualité. La méthode anglaise de traiter la fonte a fait une révolution dans l'art de traiter le fer, de même que la fabrication des poteries destinées aux usages de la table s'est radicalement transformée et prodigieusement développée dans la partie centrale de l'Angleterre, dans le Staffordshire, là où l'extraction du fer prenait une grande extension, là où pouvaient être amenés, par des transports économiques, le charbon et les terres de qualité supérieure, en quantités énormes absorbées par une fabrication gigantesque.

L'introduction du laminage mécanique a produit, dans la fabrication du fer, une amélioration non moins surprenante que l'application de la mécanique à la préparation des pâtes, lorsqu'on a su remplacer le broyage et le malaxage des terres par le travail des engins adoptés aujourd'hui par la majorité des fabricants.

Nous avons dit qu'il fallait moins de connaissances pour apprécier les poteries que les différents états sous lesquels le fer se présente à la consommation. Sous forme d'acier, de fer et de fonte, il y a mille variétés de caractères et de valeurs différentes que le commerce doit rechercher pour les réserver à des emplois spéciaux : il n'en est pas de même des poteries qu'il est facile de

classer sans essais préalables. Néanmoins, pour faire une étude convenable de l'Exposition, pour apprécier les progrès réalisés, pour indiquer ceux qui restent encore à faire, pour décrire enfin les conditions d'existence de chacune des fabrications nombreuses qui constituent, par leur ensemble, la grande industrie des arts céramiques, il peut être utile de tracer, à grands traits, les divers caractères auxquels on reconnaît les différentes sortes de poteries. Mais ces caractères sont assez peu tranchés pour que leur définition et leur appréciation menace de rester par trop abstraite, si nous ne l'accompagnons d'un historique très-abrégé des diverses phases par lesquelles cette fabrication a dû passer, avant d'arriver aux productions si variées que nous n'avons pu qu'entrevoir en nous occupant de la céramique dans ses applications générales à l'art de bâtir. Nous commencerons donc l'étude des poteries par le développement historique de cette industrie, qui mérite, à tant de titres, l'attention des amateurs, et qui satisfait, sous tant de formes, aux besoins impérieux imposés à nos sociétés modernes par la civilisation.

Placés sur les bords des fleuves et des rivières, les premières agglomérations humaines trouvaient sans peine dans les limons déposés par les eaux une matière suffisamment plastique, facile à travailler, prenant et conservant une forme convenable pour contenir les graines et les autres matières solides qui devaient être portées à quelque distance. Une dessiccation par simple exposition au soleil, communiquait, à ces vases de terre, assez de solidité pour remplir le but de cette première destination. A cette période primitive, qui a duré bien longtemps, appartiennent des poteries déjà remarquables par leur forme et leur ornementation en relief ou gravée, fabriquées simultanément sur divers points de la terre, dont beaucoup, aujourd'hui fort recherchées, car elles témoignent de l'ancienneté de l'homme sur la terre, ont échappé, quelquefois complètement intacts, aux ravages

du temps, par suite de croyances particulières qui les faisaient enfouir dans les tombes avec les dépouilles de ceux qui les avaient possédées. Elles ont déjà, par l'adresse de l'homme qui les a façonnées, acquis une valeur mille fois plus considérable que celle de la terre dont elles sont formées.

On fut longtemps sans observer la transformation que subit l'argile, quand elle est soumise à l'action du feu. Mais on finit par s'apercevoir qu'en chauffant au rouge un vase de terre, il conservait sa forme et perdait la propriété de se délayer dans l'eau; de cette observation date la véritable existence de l'art du potier, art dans l'enfance encore, sans doute, si l'on vient à le comparer à ce qu'il est actuellement, mais qui prendra des développements considérables, lorsqu'on profitera du feu, ou pour cuire la pâte assez pour la rendre imperméable, ou pour faire fondre à sa surface des substances capables de se vitrifier et de former un verre imperméable lui-même.

Il est facile de voir, par les documents historiques que nous possédons, que les pâtes argileuses non cuites ont précédé, presque partout, la fabrication de celles qui doivent à la cuisson une plus grande résistance. A cette période, il faut rapporter toute la plastique des anciens, et ces magnifiques poteries attribuées à l'art italo-grec ou romain, si remarquables comme pureté de forme, et qui dénotent chez les peuples, qui les fabriquaient, des notions céramiques les plus avancées.

Nous avons dit que les vases qui ne sont pas cuits à des températures élevées, ou qui ne doivent pas à des compositions convenables, la propriété d'être imperméables, restent poreux et absorbants. Un immense progrès a donc été réalisé le jour où l'on a su recouvrir cette poterie d'une couche vitreuse imperméable. La véritable poterie alors a été créée, nous voulons dire la poterie complète qui comporte ces deux éléments distincts, le corps de pâte et la glaçure dont on la recouvre. L'ensemble de ces deux éléments caractérise les diverses

sortes de poteries, et nous nous aiderons pour les classer et définir les conditions de leur fabrication, des caractères propres à chacun d'eux.

Les premières glaçures, qui furent employées, paraissent avoir été les glaçures silico-alkalines; puis vint ensuite le vernis de plomb: son usage s'est enraciné dans la fabrication des poteries communes, et s'il est inoffensif au point de vue de l'hygiène quand il est convenablement composé, il n'en saurait être de même, lorsqu'on se borne pour le préparer à prendre de la galène qui doit trouver, dans la pâte elle-même, la silice nécessaire pour transformer le sulfure de plomb en silicate, sous l'influence de l'air. Plusieurs dosages nouveaux ont été préconisés pour remplacer les vernis trop plombés usités dans la fabrication des poteries communes. C'est une heureuse tendance sur laquelle nous reviendrons.

On n'a connu, pendant de longues années, que des argiles colorées, donnant, à la cuisson, des poteries plus ou moins rougeâtres. Le vernis plombé, transparent, ne permettait pas d'en dissimuler la couleur. Cet inconvénient disparut, lorsqu'on sut apprécier le rôle de certaines matières opacifiantes. Quelques poteries grossières arabes, parmi les plus anciennes, ont acquis une certaine blancheur par l'emploi d'engobes blancs; d'autres, par l'application sur la terre colorée d'émaux proprement dits opaques. Le premier émail appliqué dans ce but devait son opacité, plus ou moins complète, à l'introduction de l'oxyde d'étain; actuellement, on se sert d'acide borique ou d'acide arsénieux. Les majoliques anciennes devaient à l'oxyde d'étain leur qualité principale, les majoliques modernes sont recouvertes d'émaux opacifiés par l'acide borique ou l'acide arsénieux; on a plus de fraîcheur dans les colorations.

C'est aux Arabes et aux Maures d'Espagne, qu'il paraît juste de reporter l'honneur de la découverte de la faïence. Bientôt la faïence émaillée se répandit en Italie, et cette fabrication y jeta le plus vif éclat pendant la durée des

xv^e et xvi^e siècles. Les progrès de l'art et de la civilisation entraînèrent les produits céramiques vers une destination beaucoup plus relevée; ils devinrent des objets de luxe. Toutefois, en ayant égard à l'antiquité de l'origine de la poterie, on peut dire que ce progrès est presque récent, au moins en Europe; tous les amateurs connaissent les bas-reliefs émaillés de Lucca della Robbia, comme ils admirent les faïences de Pesaro, d'Urbino, de Faenza, fabriquées dans le xvi^e siècle. C'est que ces poteries, qu'on regarde comme des types dignes d'être imités, réunissent, au mérite d'une fabrication soignée, un caractère artistique et indiscutable.

C'est à peu près à cette époque que se développèrent les faïences de Nuremberg qui devint le berceau des poteries allemandes de même nature; c'est alors que Palissy créait des faïences émaillées, d'un genre tout nouveau, bien voisines par leurs qualités des véritables terres de pipe; ces poteries ont été perfectionnées par l'Angleterre, et ont assuré depuis longtemps à cette nation, une supériorité marquée dans l'art de fabriquer les produits céramiques.

Mais Bernard Palissy ne semble pas avoir été, pour la France, la cause du développement des faïences communes, ses travaux restèrent isolés, d'un caractère spécial qui se rapprochait davantage de la terre de pipe, et qui, comme ceux de Hélène de Gouffier indiquèrent et préparèrent une grande industrie plutôt qu'ils ne la créèrent. Il est vraisemblable d'admettre que ce furent des ouvriers italiens qui fondèrent la faïence à Nevers, d'où cette fabrication s'étendit ensuite à Rouen, à Marseille et sur d'autres points de la France.

Lorsque les produits de la Chine et du Japon, fabriqués dans ces contrées depuis bien des siècles, furent importés en Europe, d'abord par les Portugais, puis par les Hollandais, l'industrie des produits d'art en reçut une rude atteinte. Les porcelaines furent préférées pour la décoration aux belles poteries émaillées de Nevers et

d'Italie, et si, exceptionnellement, quelques amateurs donnent la préférence à des produits anciens qu'ils ont payés très-cher, comme tout ce qui est rare, on admet généralement encore, comme ameublement intérieur, la porcelaine dure ou la porcelaine tendre.

L'importation de la porcelaine de la Chine et du Japon ne fut pas la seule cause de l'abaissement dans lequel tomba la faïence émaillée. D'abord une production céramique très-intéressante, à plus d'un titre, celle des grès cérames, s'est développée sur les bords du Rhin, et simultanément en Angleterre; cette poterie, dont la base est une argile réfractaire, se distingue par des caractères précieux qui l'ont fait admettre exclusivement pour certains usages, et la facilité d'enrichir la pâte de reliefs brillants, minces et colorés, sous l'influence du salage par le sel marin, lui a longtemps maintenu sa place dans l'ameublement.

Enfin, l'émulation qu'excita dans toute l'Europe la vue des admirables produits de l'Orient, conduisit à la découverte de plusieurs poteries nouvelles, l'une, la terre de pipe perfectionnée à pâte blanche, à glaçure dure translucide, les autres à pâte translucide, à glaçures plus ou moins dures et résistantes; ces dernières sont les porcelaines artificielles, ou vulgairement désignées sous le nom de porcelaines tendres. À mesure que les porcelaines devenaient plus communes et moins chères, la faïence abandonnée par les riches ne trouva plus que des consommateurs trop pauvres ou trop indifférents aux œuvres d'art, pour que la fabrication pût se maintenir à la hauteur qu'elle avait atteinte pendant le xvi^e siècle. Déchue, maintenant, de son ancienne splendeur, elle lutte actuellement à peine avec les faïences fines qui prennent une grande place dans la consommation européenne; elle est privée de la clientèle populaire, comme autrefois la porcelaine lui a ravi ses débouchés opulents. On peut dire, présentement, que nos prévisions de 1851 se réalisent tous les jours, et que les faits nous ont donné

raison : sa ruine sera complète avant la fin de ce siècle.

Est-ce à dire qu'elle aura complètement disparu ? Non ; car dans quelques cas spéciaux, elle s'adapte merveilleusement à la décoration extérieure et à certains usages. Mais quant à la satisfaction des besoins généraux des classes peu aisées, elle aura déclaré son impuissance, en éteignant ses fours, ou en se transformant progressivement pour adopter des méthodes importées d'Angleterre.

Pendant que le Continent s'occupait de la fabrication de la porcelaine dure, on perfectionnait, Outre-Manche, la fabrication des terres de pipe. Plusieurs améliorations successives ont permis une transformation radicale. L'introduction, vers 1725, par Atsbury, du silex broyé dans les pâtes formées, auparavant, exclusivement d'argile plastique, puis les travaux d'un célèbre potier, Wedgwood, plus populaire en Angleterre que Bernard Palissy ne l'est chez nous, avaient amené, vers la fin du XVIII^e siècle, la fabrication des poteries anglaises au degré de perfectionnement auquel nous la voyons arrivée de nos jours. Wedgwood créait encore à la même époque ses grès fins aux formes imitées de l'antique, aux sculptures pleines d'élégance et de finesse dans l'exécution. On ajoutait encore à la dureté de la pâte, à la résistance de la glaçure ; en exploitant les kaolins de Cornouailles et la pegmatite altérée de Saint-Austell, on introduisait un élément nouveau dans la fabrication des cailloutages, et l'addition de l'acide borique dans les glaçures ajoutait aux qualités des vernis déjà très-remarquables des poteries anglaises. L'emploi des moules de plâtre importé de France par Ralph Daniel, l'usage des kaolins et feldspaths par John Cookworth et Ryan, celui du phosphate de chaux des os par William Littler, l'impression sous glaçure par Sadler et Green, l'impression en bleu sur faïence fine et sur porcelaine tendre, en 1780, par John Turner de Gangley, permirent d'obtenir des produits meilleurs et plus économiques que précédemment. Les grandes guerres de la

Révolution n'avaient pas arrêté l'essor industriel du Royaume-Uni ; celles du premier Empire n'avaient pu gêner le développement de ses ateliers, ni ralentir ses exportations. Maîtresse des mers, l'Angleterre avait vu ses débouchés s'accroître de tous ceux qu'elle avait enlevés au commerce des nations rivales. A la paix générale, en 1816, elle possédait une fabrication très-développée de ces terres de pipe perfectionnées que nous appelons cailloutages, de grès cérames, de porcelaines tendres.

En variant la composition des pâtes et des vernis, Wedgwood avait créé plusieurs sortes de poteries généralement d'un bon usage et bien supérieures, pour l'aspect ou la solidité, aux terres de pipe fabriquées alors sur le Continent. Le prix relativement bas de cette poterie, la bonne fabrication de ces produits, leurs formes commodes, leur auraient conquis tous les marchés de l'Europe, si les gouvernements n'avaient cru devoir protéger les industries indigènes par des tarifs de douanes très-élevés, ou même maintenir, comme en France, une prohibition complète des produits anglais. La loi du 15 mars 1791, autorisant l'importation en France de la poterie commune et de la porcelaine anglaise, avait été rapportée par le décret du 1^{er} mars 1793, interdisant toute relation commerciale avec les nations coalisées contre nous : elle rangeait les poteries de ces deux dernières espèces parmi les produits dont le commerce était expressément défendu. La loi du 10 brumaire an V de la République, confirma cette prohibition, et si les lois de douane, édictées postérieurement à cette date, n'ont pas modifié cet état de choses, elles changèrent facilement, du moins, cette mesure de guerre en un moyen de protection. La porcelaine était loin de suffire à la consommation, et les prix de cette poterie, au moins trois fois plus élevés à cette époque qu'ils ne le sont aujourd'hui, en défendaient l'usage à la majeure partie des consommateurs.

Si, disions-nous en 1852, l'Exposition de Londres, de

1851, avait eu lieu trente-cinq ans plus tôt, elle aurait eu, pour conséquence, une constatation officielle en faveur de l'Angleterre, en dépit des efforts de toutes les autres nations, d'une immense supériorité dans la fabrication des poteries à l'usage des classes moyennes.

Mais l'exemple donné chez nos voisins, et l'expérience qu'ils avaient acquise, n'ont pas été sans porter leurs fruits, surtout chez nous, et les progrès que les arts céramiques ont faits depuis le commencement du siècle sont de la plus haute importance. J'ajoutais en 1857 : Bien plus, la fabrication des cailloutages serait capable, au point de vue de la qualité, de lutter aujourd'hui contre les produits similaires anglais, si des considérations d'un tout autre ordre n'engageaient encore, à présent, à n'admettre, qu'avec la plus grande réserve sur nos marchés, en concurrence avec les produits français, les produits des fabricants anglais.

Aujourd'hui, la question est tranchée, les produits anglais entrent en France; ils sont soumis à un droit d'entrée qui représente, aux termes de la loi, 20 p. 0/0 *ad valorem*. Et, devant cette situation, nos fabriques ont amélioré leurs produits, baissé leur prix et créé ce résultat inattendu que, quant aux produits céramiques, ce sont les Anglais qui se disent lésés et qui n'ont su réaliser les avantages dont ils s'étaient depuis longtemps bercés.

Il nous faut remonter beaucoup plus haut pour apprécier le développement de la fabrique de la porcelaine, et principalement les causes de ce développement : le point de départ de cette fabrication, et nous ne saurions distinguer ici les diverses sortes de porcelaine, réside, à n'en pas douter, dans l'importation, en Europe, des premiers échantillons par les Portugais. L'importation de cette poterie, bien plus brillante et plus solide que les faïences, susceptibles de recevoir toute espèce de décoration, avait produit, vers la fin du XVIII^e siècle, le même étonnement, le même mouvement dans les arts que celui que la faïence avait fait naître vers le XV^e siècle.

Une poterie à pâte translucide, blanche, à glaçure très-dure, devait, en effet, frapper d'étonnement, et se poser immédiatement comme un type bien digne d'exciter l'émulation des fabricants. Il se passa, cependant, bien du temps avant qu'on fût sur la voie pour reproduire cette poterie. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que les données ne manquèrent pas pour éclairer les manufacturiers. Des missionnaires avaient publié plusieurs lettres très-intéressantes, écrites de Chine, dans lesquelles ils décrivaient, avec une très-grande exactitude, les procédés employés par les Orientaux ; des échantillons de matières premières avaient été dirigés sur l'Europe, et leur examen difficile, il est vrai, mais qui ne devait tromper, ni la sagacité, ni la science des érudits d'Europe, fut complètement insuffisant pour doter l'industrie céramique des produits les plus remarquables que le génie de l'homme ait jamais su créer.

En même temps que les Anglais se livraient à la fabrication de la porcelaine à base de phosphate de chaux, plastique par l'introduction d'une certaine quantité d'argile blanche, on trouvait en France la porcelaine à pâte entièrement artificielle, dans laquelle l'élément fusible était emprunté, non plus aux roches naturelles ou au phosphate des os, mais à une sorte de verre incomplet, formé de sable et de carbonates alcalins chauffés à des températures très-élevées. Cette fritte était additionnée de marne et de craie. Un vernis transparent recouvrait les deux poteries ; comparé, dans ses qualités, aux glaçures qui recouvraient la porcelaine de Chine, ce vernis était beaucoup plus tendre et beaucoup plus rayable. Quant à l'aspect, il reproduisait les porcelaines orientales ; quant à la composition, la nouvelle poterie s'en éloignait notablement. Les observations de Réaumur, qui regardait la porcelaine comme du verre dévitrifié, éloignaient du but plutôt qu'elles ne devaient servir de guide dans la recherche des manufacturiers. Le hasard fit alors beaucoup plus que les aperçus des savants, en faisant découvrir les premiers gîtes de terre à

porcelaine. Il peut paraître au moins singulier que ce soit les Chinois qui surent, avant tous les autres peuples, discerner dans les roches feldspathiques en décomposition, le véritable élément de la fabrication, une terre onctueuse, légère, infusible, capable de conserver sa forme au milieu même d'une fournaise ardente, et voir que cette terre, mélangée dans des proportions voulues aux feldspaths non décomposés, prenait une transparence et une blancheur des plus flatteuses. Il est évident que l'esprit particulièrement observateur, dont les Chinois sont doués, a dû leur être utile dans la découverte de la porcelaine, cette poterie la plus complète que nous sachions préparer.

Les travaux céramiques ont donc été perfectionnés par les recherches géologiques : tant que le potier s'est borné à faire emploi des matières qu'il rencontrait sur la surface du sol, il n'a produit que des vases communs, fusibles à cause de la marne qui se trouvait associée, dans la nature, aux argiles proprement dits. Mais, aussitôt qu'il a pu pénétrer un peu plus profondément dans les entrailles de la terre, il a bénéficié des qualités meilleures qu'il rencontrait dans les argiles plus ou moins réfractaires, ou dans des matériaux doués de plus ou moins de blancheur et de fusibilité.

Si de nos jours, sous l'influence des moyens de transport dont nous jouissons, et qui s'appliquent tout autant aux matières premières qu'aux produits fabriqués, la nature du sol apparent n'est pas intimement liée avec la qualité de la poterie qu'on travaille dans une localité donnée, il n'en a pas toujours été de même ; et si, par la pensée, nous nous portons aux premières périodes de la fabrication, nous trouvons un lien de corrélation indiscutable entre la constitution géologique d'un pays et les produits céramiques que ses habitants confectionnent.

Les poteries primitives, créées par des peuplades qui vivaient généralement sur les bords des grands fleuves, sont presque toujours, et partout, formées de limon sa-

bleux, dans lesquels les grains de quartz, et les paillettes de mica sont très-visibles. Ce fait est vrai, non-seulement pour les peuples de notre continent, mais encore pour ceux qui ont habité le Nouveau-Monde et qui nous ont laissé des traces de leurs anciennes industries. Les constructions en briques sont solides, aujourd'hui encore, partout où les matériaux solides de construction viennent à manquer ; les produits réfractaires se fabriquent surtout dans certaines agglomérations où les argiles pures sont le plus abondantes.

Les vaisselles de table se sont fabriquées, avec un grand développement, là où se rencontraient les plus belles variétés d'argile blanche, capable de rivaliser avec les porcelaines : les argiles de Montereau ont motivé la création des faïenceries qui portent le même nom. Sur les bords du Rhin, les manufactures de Mettlach, de Vaudrevanges, ont été, pendant longtemps, exclusivement alimentées par les argiles de Valendar et de Gross-Almerode. La Belgique doit à ses gisements d'argiles d'Andennes, le développement de ses produits réfractaires, et l'Angleterre a vu progresser ses manufactures de poteries partout où pouvaient arriver, à bas prix, ses terres du Dorset et du Devon, avec les kaolins et de grandes masses de combustible minéral.

En France, sur certains points, les produits réfractaires, en Bourgogne, par exemple, pour les produits de qualité moyenne ; les porcelaines, dans le Limousin, à portée des gites de kaolins ; les grès, sur certains points des départements de l'Yonne, de l'Oise, de la Manche, du Calvados, où les argiles ramollissables à haute température se rencontrent fréquemment ; tous ces produits céramiques représentent une ou plusieurs transformations des produits du sol.

L'Angleterre doit assurément à des ressources de cet ordre, les succès qu'elle a promptement obtenus dans la fabrication des terres de pipe. Cette classe de produits céramiques comporte trois sortes de terre, jouissant de

qualités diverses. La première, la plus ancienne, la plus imparfaite, exclusivement composée d'argile plastique et de sable, ne comportait qu'une cuisson faible pour ne pas jaunir la pâte. L'introduction d'une certaine quantité de silex pyromaque a blanchi la pâte, en permettant une plus grande sonorité du biscuit par une élévation de la température de cuisson. Enfin, l'addition à la pâte d'une certaine proportion de *cornish stone* a donné plus de résistance, plus de dureté au corps de la pâte, susceptible, dès lors, de recevoir une glaçure plus résistante, cuite, elle aussi, à des feux de plus en plus élevés. Avec un peu plus de fusibilité dans la pâte, on arrive à ces produits, qui servent de trait d'union de passage insensible entre les faïences fines et les porcelaines ou les grès ; les Anglais les nomment : *ironstone*.

A ces citations, puisées dans notre histoire et presque à nos portes, comme situation géographique, nous pouvons en ajouter d'autres, pris dans des contrées plus éloignées. En Chine, il résulte, des documents historiques puisés aux sources les plus sûres, que la porcelaine dure a pris naissance dans des lieux où les montagnes rocheuses laissent à nu les masses feldspathiques et kaoliniques, que l'esprit observateur des Chinois a rapidement utilisées. Ces peuples ont immédiatement traité, comme matières céramiques, les terres argileuses séparées par lévigation des roches décomposées, qui laissaient à peine 17 p. 0/0 d'argile au lavage. De semblables substances sont à peine regardées comme sable chez nos fabricants modernes.

Si nous quittons ces populations ingénieuses pour jeter un coup-d'œil sur des contrées plus rapprochées de nous, nous rencontrons les éléments d'une observation analogue ; en Perse, on a créé, depuis une antiquité qu'il ne nous est pas permis de fixer, une poterie spéciale sableuse à fritte alcaline, reflet de la nature du sol qui, sur certains points, est imprégné d'alcalis, de natron, de tinkal, analogie qui se poursuit en Afrique, dans les contrées semblables, autrefois soumises à la domination des Musul-

mans : des points de contact nombreux rapprochent, pour les souder ensemble, les fabrications persanes et arabes.

Actuellement, ces aspects divers que présentaient les produits céramiques considérés par rapport aux lieux de production, tendent à disparaître comme conséquence immédiate de la diffusion de nos connaissances, du transport des matières premières, de la vulgarisation des produits manufacturés, et de l'absorption de la production par le capital, luttant avantageusement contre les traditions locales. Mais il n'en est pas moins vrai que sous le rapport du développement des arts céramiques, il faille tenir un compte sérieux des éléments que la nature met sur chaque point au service de l'homme.

Les diverses nations qui viennent de prendre part au concours ouvert au Champ-de-Mars semblent l'avoir compris ; car, celles qui ne pouvaient se présenter avec des produits manufacturés, ont voulu témoigner, du moins, des ressources que, dans un avenir plus ou moins rapproché, lorsque la civilisation aura déversé son trop plein sur des localités vierges encore, en quelque sorte, elles pourront utiliser en les transformant.

On a pu remarquer que les nations qui n'ont pas encore d'industrie sont celles qui s'étaient présentées avec les plus nombreux échantillons de matières premières, surtout de celles empruntées aux richesses minérales. Nous avons constaté de remarquables spécimens d'argiles ; mais, comme on le sait, la vue de ces matières suffit rarement pour en apprécier la valeur, et il serait bien à désirer à l'avenir, si l'avenir nous réserve encore de nouvelles Expositions, que chaque échantillon soit accompagné, indépendamment d'une notice intelligente, plus catégorique que ne peut l'être un simple numéro d'ordre, de quelques résultats d'expérience, d'analyses, d'essais, etc.

J'ai signalé, lors de l'Exposition de Londres, en 1862, les dépôts d'argiles qui se seraient confondues avec une infinité de produits similaires sans la précaution qu'avaient prise les exposants de placer, l'un à côté de l'autre, deux

fragments de terre provenant du même morceau, l'un cuit et l'autre cru ; les enfractuosités des fragments pénétrant les unes dans les autres, reprenant les places qu'elles occupaient primitivement avant toute espèce de cuisson, mettaient parfaitement en relief les qualités de ces terres qui ne prennent aucune retraite, quand on les cuit même aux températures les plus élevées des fours à porcelaine. Il serait à désirer que les exposants indiquassent exactement le lieu de provenance des échantillons qu'ils envoient et que des analyses précises fussent annexées aux spécimens. L'exemple de M^{me} veuve Carré Kerisouët peut être utilement suivi. Elle avait exposé des kaolins, et sa vitrine contenait, à côté des matières brutes et lavées tirées de ses carrières, une pièce de porcelaine d'un beau blanc, obtenue par des compositions indiquées dans sa notice.

Notre pays est riche en gîtes de matières argileuses très-appréciées : on ne pouvait guère se faire une idée bien exacte de l'importance de ces terres par les spécimens exposés, et cependant nos manufactures verraient leurs intérêts compromis si, désormais, elles devaient être privées des éléments les plus nécessaires à leur développement ; si dans l'avenir, elles se voyaient obligées de chercher au dehors les terres qu'il leur faut mettre en œuvre. Nous n'en sommes pas encore arrivés à ce point de pénurie qu'il faille demander aux étrangers nos matières premières de la fabrication des poteries ; mais il se peut que certaines rumeurs soient fondées, au moins dans une certaine limite.

Nos principales argiles, celles des Forges-les-Eaux, de Dreux, de Montereau, dont les qualités précieuses ont fait la grande et universelle réputation, deviennent plus rares, non pas dans la plus large signification du mot ; mais il semblerait que les amas qui fournissaient les meilleures qualités sont moins abondants qu'autrefois ; les argiles de Forges exploitées actuellement ne présentent plus leur résistance habituelle pour la confection des pots de verreries. Les argiles de Dreux deviennent de plus en plus chères en

présence de l'exportation considérable qu'on en fait en Angleterre, qui, dit-on, la réserve pour la fabrication des creusets à fondre l'acier. Les argiles de Montereau, très-plastiques et qui donnent des pâtes à peine colorées, perdraient de leur blancheur caractéristique.

Énoncer cette situation, ce n'est pas, assurément, porter un remède immédiat à la gravité d'un état de choses fâcheux pour les intérêts de nos grandes industries. Mais ce doit être un moyen certain de provoquer la recherche de nouveaux gisements de matières analogues, sinon dans leurs qualités, au moins dans leur manière d'être dans la nature. On répète, et j'ai pu le constater moi-même, que les beaux kaolins de la Haute-Vienne perdent de jour en jour de leur importance. Le fait est vrai, quant à la blancheur des produits, quant à la quantité des kaolins argileux ; mais il y aurait exagération à dire que la richesse des kaolins français devient ou doit devenir prochainement une cause d'amointrissement de la richesse publique. Les kaolins caillouteux, que les fabriques de porcelaine utilisent en très-grande quantité, sont encore faciles à trouver. Quoi qu'il en soit, les kaolins argileux d'une blancheur irréprochable sont rares, et ce serait assurément rendre un grand service à l'industrie qui nous occupe que d'ouvrir de nouvelles carrières, fournissant à des manufactures, qui veulent bien faire avant tout, des éléments équivalant à ceux dont on disposait, il y a plus de vingt ans. Les meilleures matières prises à l'étranger ne semblent pas, quant à présent, devoir combler la lacune que nous constatons et, à cet égard, nous ne pouvons que désirer vivement la mise immédiate en grande exploitation des kaolins français sur tous les points de l'Empire, où de nouveaux travaux de recherche en ont constaté la présence. J'appellerai particulièrement l'attention des manufacturiers sur les carrières de Bretagne, dont les affleurements sont déjà satisfaisants, et dont la qualité ne peut que s'améliorer au fur et à mesure que l'exploitation sera poursuivie en profondeur. Les terres de la surface se

trouvent naturellement mêlées aux résidus ferrugineux qui se répandent à la surface. Je ne puis mieux faire, quant à présent, que renvoyer le lecteur à l'excellente notice insérée dans ce Recueil, p. 158, rédigée par M. de Selle, professeur à l'École centrale des arts et manufactures.

Dans l'état actuel de nos connaissances, nous devons, pour en présenter l'étude au point de vue céramique, diviser les terres en plusieurs classes : les marnes, les argiles figulines, les argiles plastiques, les argiles réfractaires et les argiles kaoliniques ou terres à porcelaines. Une étude géologique générale nous entraînerait assurément hors des bornes que nous devons donner à cet article ; mais nous pensons, pour que ce travail puisse donner une idée précise des produits que nous connaissons à cette époque de 1867, ne pas devoir la limiter à la France et l'étendre, au contraire, aux nations qui se sont occupées avec le plus de succès des transformations que la terre, ou pour mieux dire, les différentes espèces de terre peuvent subir, pour répondre aux besoins nombreux créés par la civilisation telle que nous l'entendons aujourd'hui.

Marnes et argiles figulines. — Les marnes, quelles qu'elles soient, calcaires, limoneuses, argileuses, peuvent être employées à la confection des poteries communes, terres vernissées, faïences à glaçures stannifères ; elles peuvent encore, quand elles sont dégraissées convenablement avec des sables, et mélangées avec des argiles plastiques, servir à la fabrication des briques et fournir même d'excellents matériaux de construction, lorsqu'une cuisson suffisamment élevée leur communique assez de dureté pour résister à la gelée. Le prix de ces argiles est assez bas pour qu'elles ne puissent être grevées des frais de transport ; aussi les emploie-t-on généralement sur place, et comme elles sont très-répandues sur la surface du sol, et qu'elles s'exploitent presque toujours à de faibles profondeurs, elles servent de base aux fabriques que nous venons de désigner.

Argiles plastiques. — Les nombreux débouchés que les arts céramiques ouvrent aux argiles plastiques ont donné, depuis ces dernières années, une certaine importance à ces produits naturels. Les unes conservent au feu leur coloration propre ; d'autres prennent, sous l'influence de la chaleur, une nuance plus ou moins foncée qui les éloignerait des manufactures de faïence fine. C'est ordinairement l'oxyde de fer qui les colore en rouge plus ou moins pâle et quelquefois en brunâtre, quand l'oxyde de manganèse s'y trouve en combinaison avec l'oxyde de fer. Une dernière variété, qui ne représente que du silicate d'alumine hydraté, c'est-à-dire de l'argile pure, se rencontre plus rarement ; aussi est-elle recherchée. On peut en trouver le type dans les argiles de Montereau. Les variétés complètement incolores sont soigneusement conservées pour la fabrication des cailloutages, et sous ce rapport, nous aurions beaucoup à envier les dépôts qu'on exploite en Angleterre, dans les comtés du Devon et du Dorset. Tous les gîtes qui se trouvent en France ne sont pas exploités, et c'est une grande erreur que de penser que ces matières n'existent pas ; il n'y a pas d'années qu'on ne m'en présente à analyser, les résultats sont excellents, j'en ai même rencontré de préférables aux argiles de Montereau, qui ne conservent pas leur blancheur caractéristique au-delà d'une certaine température ; mais, en général, les propriétaires des terrains dans lesquels on rencontre ces matériaux ne font pas connaître leur provenance, et de grandes richesses minérales restent enfouies et perdues pour longtemps. Tel a été le sort de beaucoup de gisements de kaolins, qui sont demeurés sans emploi de longues années après la constatation de leur existence. J'ai rencontré plusieurs variétés de ces argiles blanches qui restaient d'un blanc parfait, même après leur passage au feu de four de Sèvres : de semblables matières seraient utiles doublement, car elles pourraient être sans inconvénients introduites dans la fabrication des pâtes de porcelaine qui, par ce mélange, gagneraient en plasticité.

Argiles réfractaires. — Dans cette classe, nous rangerons une certaine quantité de dépôts trop colorés pour entrer dans la confection des faïences blanches, mais trop peu ferrugineuses, toutefois, pour que l'oxyde de fer communique une fusibilité même appréciable au silicate d'alumine auquel il est mêlé. L'argile contient-elle des débris de mica et quelques traces de chaux, on les réserve pour la composition des grès cérames. Les argiles du Beauvoisis sont assez ramollissables pour prendre au feu la cassure particulière qui correspond à ce que l'on nomme *cuite en grès*. Le silicate d'alumine est-il plus pur, les argiles sont complètement infusibles, surtout si l'alumine et la silice y sont naturellement dans un certain rapport. Les argiles de Montereau, qui composent la plus grande partie du dépôt qui donne son nom à la formation sur laquelle s'élèvent les villages de Salins et de Courbeton, offrent ces caractères, et leur plus grand emploi devient, de jour en jour, la fabrication des briques dites de Bourgogne, et les étuis ou cazettes dans lesquels on protège la faïence fine et la porcelaine contre les cendres et les fumées des fours; ces argiles sont beaucoup moins rares que les argiles plus blanches dont nous venons de parler.

Une sorte d'argile réfractaire d'excellente qualité a son type dans les argiles de Stourbridge. Peu hydratée et surtout peu plastique, elle résiste aux plus hautes températures. Nul doute qu'on en découvre partout où les exploitations des houillères mettront à découvert dans les travaux les formations analogues à celles dans lesquelles ces terres se sont déposées, au-dessus des filons exploitables de charbon de terre.

Kaolins. — Les terres à porcelaine constituent cette variété particulière qu'on appelle kaolins; ainsi que nous l'avons fait remarquer, les kaolins exposés ont été définis dans l'article de M. de Selle, et si je reviens sur ce chapitre, c'est parce qu'il reste encore quelques observations à faire au sujet de la comparaison de ces matières avec

celles que l'Angleterre exploite dans le Cornwall, à Saint-Austell, à Saint-Denis et à Saint-Stephen.

Nous ne sommes pas plus pauvres que nos voisins sous ce rapport, et si les carrières connues étaient convenablement exploitées, il n'y aurait aucune raison pour donner la préférence aux matières anglaises. Les nombreux essais pratiques auxquels je me suis livré, pour étudier les kaolins anglais, m'ont démontré que, dans la composition des porcelaines, les argiles anglaises donnent une pâte plus grisâtre, et c'est à cette circonstance que j'ai attribué l'insuccès des fabricants qui, de l'autre côté du détroit, ont tenté la fabrication de la porcelaine dure.

En France, on connaît plusieurs gites indépendamment de ceux du Limousin, qui s'appauvrissent de jour en jour : les carrières des Pyrénées ne sont presque point exploitées, ce qui tient à la pauvreté des variétés argileuses. Les kaolins de Bretagne sont, à mon avis, appelés à un grand avenir.

A côté de ces derniers, l'Exposition permettait de comparer les kaolins du Centre, dont s'approvisionnent surtout les fabriques des départements de l'Allier, du Cher et de la Nièvre.

Les kaolins de l'Allier doivent avoir à compter avec ceux de la Nièvre, qui, malgré leur faible rendement, fournissent une argile très-blanche et bien plastique. Mais le bas prix auquel la concurrence a fait descendre ces matières, garantit une supériorité notable aux kaolins de Bretagne, qui peuvent rendre, en moyenne, de 49 à 54 p. 0/0 de kaolin lavé.

Cette étude serait incomplète si, dès à présent, nous n'esquissions, en quelques mots, les richesses minérales dont peuvent disposer les fabriques étrangères.

En Angleterre, des gites importants de kaolins, les argiles plastiques blanches du Dorsetshire et du Devonshire, les argiles de Stourbridge, ont concouru puissamment à faire de cette nation la première nation du monde, quant à la production industrielle de la poterie.

En Belgique, une grande masse d'argile, plastique et très-appréciée, a permis aux fabriques de produits réfractaires un très-grand développement ; plusieurs manufactures de faïence fine s'y sont fondées, elles prennent la terre blanche qui sert de base à leur fabrication sur les bords du Rhin, en Prusse, où des centres importants, Mettlach et Vaudrevange, satisfont à une consommation des plus considérables.

Si l'Espagne, le Portugal, l'Italie, qui ne manqueraient pas de ressources, étaient suffisamment connues, et surtout si des moyens de transports faciles partant des points d'exploitation pouvaient amener à pied d'œuvre les matières premières, ces contrées verraient chez elles la fabrication prendre un grand développement. Naguère encore, elles recevaient de l'étranger, non-seulement des argiles et du kaolin, mais même des produits tout fabriqués pour satisfaire à leur consommation intérieure. Actuellement, l'Espagne et l'Italie ont des manufactures propres qui sont en voie de progrès ; mais elles sont encore forcées, pour beaucoup d'entre elles, de recourir à l'importation pour subvenir à leurs besoins. C'est ainsi, par exemple, que la manufacture de Séville n'emploie que des argiles et des kaolins anglais, manipulés au moyen de machines anglaises et cuits avec du combustible anglais ; mais, que le développement de l'industrie fasse en Espagne ce qui s'est fait ailleurs, que les capitaux dotent le pays de chemins de fer rayonnant dans toutes les directions, l'Espagne est assez riche en minéraux de toutes sortes et en combustibles de belle qualité, pour que les fabricants s'affranchissent bientôt de l'impôt étranger dont ils sont tributaires.

L'Italie, qui possède maintenant plusieurs fabriques importantes, commence, sous l'influence de ses nouvelles destinées, à chercher chez elle de nouvelles ressources ; elle fait moins venir de produits anglais, et les poteries qu'elle confectionne elle-même pour sa propre consommation sont fabriquées avec une grande partie de matières tirées de son sol.

Les Romagnes, parmi d'intéressants échantillons, avaient exposé quelques fragments de kaolins; je les crois employés dans la fabrique du marquis de Ginori, à Doccia, près Florence; il y a quelques années, la plus grande partie des pâtes que l'Italie façonnait étaient tirées, ou d'Angleterre pour ce qui regardait les faïences fines, ou de Limoges en ce qui concernait la fabrication de la porcelaine dure.

Une étude statistique de la fabrication des poteries en Europe ne manquerait pas d'intérêt. Mais il n'est guère possible de réunir, pour ce travail, les documents dont il faudrait vérifier l'origine. Le Gouvernement français avait, il y a quelques années, ordonné, sous le contrôle des différentes préfectures, une vaste enquête pour étudier les besoins de l'industrie, ceux du commerce, ceux de l'agriculture. Je ne sache pas qu'elle ait abouti, et nous en savons encore aujourd'hui beaucoup moins sur nos propres affaires que sur l'état industriel de nos voisins. Pour ma part, je regrette que le catalogue des produits exposés dans la section française soit bien moins complet que le catalogue correspondant de la section anglaise, dans lequel on rencontre une foule de renseignements très-bien coordonnés.

Le questionnaire que le Ministère du Commerce et des Travaux publics avait fait préparer est à peu près resté sans réponse devant le parti pris des intéressés à taire le nombre de leurs ouvriers, le prix des salaires, etc., etc. Mais s'il est difficile de se faire une opinion exacte sur le mérite, de ce chef, de la fabrication en France, il en est aussi de même dans les autres contrées, comme en Allemagne, en Belgique, où ce qui concerne les enquêtes offre tout autant de difficultés que chez nous.

Pour ce qui regarde la France, il se produit, au reste, une cause dont il faut parfaitement définir l'effet, et qui n'existe pas, quand on s'occupe de la fabrication anglaise: c'est la diversité des produits qui nécessitent, non-seulement des températures très-variables en intensité, mais

des matières premières diverses et de qualités fort distinctes. En France, ne nous occupant pas des matériaux de construction, et concentrant notre attention sur les ustensiles de ménage, on distingue les fabriques de poteries communes ou terres vernissées, les fabriques de faïence commune, les fabriques de porcelaine, les fabriques de grès, qui sont toutes assujéties à des conditions d'existence bien différentes les unes des autres. En Angleterre, au contraire, on ne fait pour ainsi dire pas de poteries communes analogues à celles que nous nommons poteries vernissées ; la fabrication des faïences, dont le type est la faïence de Nevers, ne s'y fait absolument nulle part. On ne pourrait citer une seule fabrique de porcelaine dure ; les faïences fines, quelles que soient leurs qualités, d'une part, et les porcelaines tendres, d'autre part, se fabriquent en quelque sorte avec les mêmes matériaux, par des procédés identiques, ne variant que dans des détails infinis, se cuisant, en outre, comme les grès à des températures assez rapprochées les unes des autres ; on les établit dans un même établissement avec le même personnel, sous la même surveillance. On explique ainsi facilement la simplicité des procédés anglais, le développement de l'industrie et le perfectionnement des produits. S'il est donc possible de réunir les conditions auxquelles doivent satisfaire des manufactures anglaises, il est, au contraire, en quelque sorte, impossible de procéder de même vis-à-vis des fabriques françaises, et c'est à cette circonstance qu'il faut attribuer le peu de précision des documents qu'on a pu recueillir jusqu'à ce jour. Ce qui se trouve vrai pour une sorte de manufacture, cesse de l'être pour une fabrique de nature différente. Il faut donc les envisager séparément et se bien garder de trop généraliser les conclusions auxquelles l'examen des conditions de prospérité d'un établissement pourrait conduire.

Les poteries vernissées ou les terres communes, qui satisfont encore aux besoins des classes pauvres, se font en France sur un grand nombre de points ; il n'y a pres-

que pas de ville de quelque peu d'importance qui n'ait sa poterie. Ce sont des établissements dans lesquels la routine est encore la seule règle. Le travail s'exécute à la main, sur des matériaux pris à peu de distance, le bas prix de la terre s'oppose à des transports éloignés, le combustible est le bois, rarement la houille : cette poterie tend tous les jours à disparaître, mais elle se trouve encore demandée par les consommations locales. A cette catégorie, nous rapporterons les poteries de grès qu'on destine à des usages spéciaux et qui se répandent dans les départements voisins, quelquefois même à des distances assez grandes. Nous citerons le grès de Beauvais, la fabrication du Calvados, celle de l'Yonne, qui fournissent aux besoins des paysans plus séduits par le bon marché que par la qualité de ces produits.

Les faïences communes se fabriquent dans des usines de petite importance, sur plusieurs points du territoire ; leurs développements se sont accrus en France pendant deux siècles environ ; mais aujourd'hui, cette fabrication est condamnée ; Paris a cessé sa production. Quelques fabriques des environs, Sceaux, Bourg-la-Reine, travaillent encore, parce que l'immeuble est amorti, et que les débouchés suffisent à des demandes qui diminuent de jour en jour. Je citerai, comme preuve de ce que j'avance, la transformation que désirent la plupart des faïenciers d'Orléans, de Nevers, de Marseille, de Sinceny, de Nantes, qui comprennent que la faïence fine a ses admirateurs, et que c'est la voie la plus naturelle ouverte aux nouveaux progrès. Les conditions de vitalité, que la faïence à glaçure stannifère réclamerait, sont donc inutiles à décrire. Quelles que soient, cependant, les qualités que cette poterie possède, elle a fait son temps, et en dehors de quelques cas exceptionnels, elle appartient à l'histoire de l'art. A cet égard seul, elle sera reproduite, mais dans des fabriques spéciales, voulant bien consentir exceptionnellement à faire des pièces destinées plus particulièrement à la décoration.

Les poteries à glaçure opaque emploient principalement, pour leur fabrication, des marnes, des argiles, des sables et des terres ferrugineuses plus ou moins calcaires ; ce sera pour l'écoulement de ces matières naturelles un débouché perdu ; mais cette diminution de l'exploitation est à peine perceptible en présence de l'absorption considérable qu'exige la confection des ciments et des chaux hydrauliques.

L'absence du fer, en quantité notable, est une des conditions indispensables de la fabrication des faïences fines. Cette poterie est dans ces temps appelée, comme on le sait, à donner satisfaction aux besoins les plus impérieux. C'est donc principalement de l'avenir de ces manufactures que nous aurons à nous préoccuper. Le type de cette poterie est la poterie anglaise, qui comprend trois subdivisions distinctes. La concurrence en a fait disparaître une, la plus ancienne, vulgairement nommée *terre de pipe*. Cette fabrication est représentée par plusieurs établissements qui se rencontrent sur tous les marchés français : ils se sont développés à l'abri de la protection que leur assurait la prohibition et, depuis le traité de commerce avec l'Angleterre, les efforts de toute nature et les sacrifices pécuniaires qu'ils ont dû s'imposer, les ont complètement transformés. Je citerai, comme marchant à la tête du mouvement, la manufacture de Sarreguemines, habilement dirigée par M. le baron de Geiger, gendre de M. Utzschneider, le fondateur de la fabrique : les manufactures de Creil et de Montereau, et, enfin, la fabrique de Bordeaux. Les trois premières ont augmenté leurs moyens de production, perfectionné leurs outillages, économisé sur le combustible. La dernière, placée sur le littoral, a pensé que la lutte avec les produits anglais pourrait être pénible ; elle a tourné ses vues sur la fabrication de la porcelaine dure, et a cherché, dans la confection des verres à bouteilles, un moyen naturel de tirer parti des terrains vagues dépendant de l'usine ; c'était compter sur les débouchés ouverts par la plus grande richesse d'un pays vinicole.

Les conditions d'existence des fabriques d'un ordre moins élevé se sont trouvées détruites sous l'influence du traité de commerce et du déploiement de forces prodigieuses des usines que nous venons de citer. La rivalité s'en est mêlée et, depuis cinq ans, de nouveaux sacrifices ont été faits par les usines desquelles il était à peine permis d'espérer tant d'abnégation. Longwy, dans la Moselle; Choisy-le-Roi, près de Paris; Gien, dans le Loiret; Arboras, dans le Rhône, toutes ces fabriques ont compris qu'elles se devaient à elles-mêmes de ne pas fermer, et pour plusieurs, l'Exposition a été le prétexte d'un surcroît d'efforts qui ne sauraient être perdus. Les faïenceries, autrefois en pleine prospérité, veulent aussi se transformer; mais il ne pourrait trop être répété que, pour devenir productrice et tout au moins suffisamment rémunératrice, cette industrie exige aujourd'hui des capitaux considérables et qu'elle ne doit s'exercer qu'avec l'aide des procédés mécaniques les plus intelligents et les plus perfectionnés. Je sais qu'à Nantes, à Nevers, à Orléans, on voudrait remplacer l'ancienne fabrication des faïences communes par celle des faïences à l'instar des produits anglais. Est-ce là le meilleur usage qu'on puisse faire de ses ressources pécuniaires? Je ne le pense pas, et pour moi, devant les insuccès constatés dans des projets qui, à Boulogne-sur-Mer, à Fismes, dans l'Aisne, n'ont eu qu'un commencement d'exécution, je ne pourrais conseiller qu'une abstention systématique.

Il n'en faut pas conclure que la fabrication des poteries doive, dorénavant, rester aux mains entre lesquelles elles s'est concentrée; si chez nous quelque fabrication a de l'avenir, c'est celle de la porcelaine dure. La production doit, naturellement, se placer dans les meilleures conditions économiques. Le gisement le plus remarquable des kaolins que nous connaissions en France a concentré la production dans le département de la Haute-Vienne, où le combustible végétal n'était ni rare, ni de qualité médiocre. La cuisson à la houille aurait déjà changé cette situation si, d'une part, les villes n'avaient intérêt à retenir la production en

facilitant les arrivages du combustible, et si, d'autre part, les procédés du façonnage mécanique étaient plus répandus. Il est cependant bien certain que, dans un avenir, peut-être encore éloigné, mais qui se présentera nécessairement, les fabriques de porcelaine s'éloigneront des villes pour se rapprocher des centres houillers. On a déjà pu constater l'existence prospère des manufactures des départements de l'Allier, du Cher et de la Nièvre ; ces établissemens ont pu, non sans peine, se créer un personnel nombreux, et rien ne s'opposerait à ce que les moyens mécaniques se développant encore, on ne pût fabriquer même en rase campagne. La ville de Limoges, autrefois exclusivement renommée pour ses manufactures, a vu peu à peu sa prépondérance s'amoinrir ; Paris lui-même, a perdu beaucoup de fours qui se sont répandus dans les environs ou la main-d'œuvre est beaucoup moins coûteuse.

En Angleterre, la production céramique est beaucoup plus facile à définir. Le centre le plus important se trouve dans le Staffordshire ; il y a quelques succursales à Glasgow, Worcester, Newcastle et Lambeth. Les poteries du Staffordshire produisent, pour ainsi dire, toutes les variétés d'articles en terre cuite. Les fabriques de Worcester se recommandent par leur supériorité. Newcastle produit des matières de second choix, et Lambeth, principalement des objets de grès cérames, bouteilles, jarres, terrines, tuyaux, etc., etc. Newcastle et Stourbridge ont encore, comme fabrications spéciales, celles des produits réfractaires. Pour se faire une idée de la prodigieuse activité qui règne dans les poteries, il suffit de rappeler que, pendant 1865, on a exploité, d'après les relevés officiels, 374,358 tonnes d'argile et de terre à porcelaine. Les comtés d'York, de Derby et de Stafford ont fourni, dans la même époque, 751,566 tonnes d'argile réfractaire.

D'après un relevé fait par M. Coghill, la consommation de la houille dans les poteries, pour l'industrie céramique, représente 450,000 tonnes ; pour la décoration des po-

teries, on consomme 67,000 livres de cobalt, 1,100 tonnes de borax et d'acide de borique, et la dorure absorbe 12,000 onces d'or ; 4,500 tonnes d'os calcinés sont enfouies dans la fabrication de la porcelaine tendre.

J'estimais, en 1851, qu'environ 60,000 personnes de tout sexe et de tout âge pouvaient être employées à la fabrication de la poterie en Angleterre ; en admettant 144 fabriques, c'était 417 personnes par établissement. Ces chiffres étaient exagérés, le recensement de 1861 porte seulement 40,697, auxquelles il faut ajouter 3,471 hommes et 1,115 femmes occupés dans la fabrication des pipes à fumer. M. Coghill relate qu'en 1865, dans les poteries, 27,878 personnes, dont 10,598 femmes, étaient occupées à cette industrie dans le Stafforshire ; il est probable que, dans ce nombre ne figure pas une population considérable occupée journellement à la confection des machines, du papier, des couleurs, et des autres matières considérées comme particulièrement destinées au façonnage et à la décoration des poteries ; ce que j'avais compté.

L'exportation des poteries anglaises est toujours considérable, elle s'est représentée par les valeurs suivantes, exprimées en livres sterling :

En 1862 — 1,220,000	En 1864 — 1,422,000
1863 — 1,341,000	1865 — 1,442,000

80,000,000 de briques réfractaires sont annuellement fabriquées à Newcastle ; 30,000,000 sortent des briqueteries de Stourbridge. Ces développements attestent des besoins de plus en plus grands de la consommation, car il est hors de doute que plusieurs points d'une exportation très-active, comme l'Espagne, la Suède, l'Italie, tendent à disparaître, par suite de la concurrence locale qui s'y développe de jour en jour.

Handwritten signature

POUDRERIE ROYALE

DE WETTEREN

PRÈS DE GAND (BELGIQUE)

PAR

M. L. GRANDEAU

Docteur ès-sciences et en médecine

Membre du Jury international de l'Exposition universelle de 1867



ARTS CHIMIQUES

POUDRERIE ROYALE DE WETTEREN

PRÈS DE GAND ⁽¹⁾

§ I.

Cet établissement, l'un des plus remarquables en son genre et l'un des monuments industriels les plus intéressants de la Belgique, a été fondé, en 1778, par M. J.-F. Cooppal, d'Anvers, dans l'ancienne seigneurie *le Valois*, au hameau de Ten Eede, près de Wetteren.

Le château *le Valois*, situé dans un des plus beaux sites des Flandres, au bord de l'Escaut, domine ce fleuve.

La poudrerie royale de Wetteren, ainsi posée sur l'Escaut, se trouve encore à proximité des routes de Gand à Bruxelles, Anvers, Termonde, Ath, Mons, etc., et, par conséquent, en communication directe avec tous les points du pays, tous les centres de consommation intérieure, et tous les lieux d'exportation.

Le réseau des chemins de fer Belges, qui a une station, pour tous les convois, au village de Wetteren, a complété cette heureuse position de la poudrerie et facilité ses relations.

Quinze convois par jour peuvent y amener les voya-

(1) Je dois les éléments de cette notice à M. van Cromphaut, directeur de ce bel établissement ; je le prie de recevoir mes remerciements pour l'empressement qu'il a mis à me fournir tous les renseignements désirables.

geurs ; les lettres y sont reçues et en partent pour toutes destinations quatre fois par jour.

Les arrivages des matières premières, salpêtres des Indes, soufres de la Méditerranée, bourdaines de Zélande, etc., y ont lieu par l'Escaut, et chaque marée peut amener à quai les marchandises dont on a besoin, ou enlever les produits de l'établissement.

Les transports pour les besoins de l'intérieur, les houillères du Hainaut, les mines de Liège, etc., s'y font par les routes ordinaires ou par les canaux en jonction avec l'Escaut, comme cela a lieu d'ordinaire pour l'approvisionnement des forteresses du pays.

Érigée en 1778, et mise en activité au commencement de 1779, la poudrerie de Wetteren ne fut d'abord exploitée que sur une petite échelle ; mais, en 1785, cet établissement commença à produire pour le compte du gouvernement autrichien, dont les provinces belges faisaient alors partie.

En 1787, M. J.-F. Cooppal s'étant associé avec M. Vermoelen, d'Anvers, la poudrerie reçut un plus grand développement, et continua, jusqu'à la fin de 1794, à fournir aux besoins du gouvernement des Pays-Bas autrichiens.

La poudrerie de Wetteren, obligée de cesser ses travaux à la suite de l'occupation française, fut fermée le 31 juillet 1796, et il ne fut possible de songer à la rétablir qu'après les traités de paix de 1814.

M. P.-F. Cooppal, fils du fondateur, ancien président du tribunal de commerce d'Anvers, obtint l'octroi pour le rétablissement de la poudrerie, le 16 novembre 1815, et il procéda à la reprise des travaux dès le commencement de 1816, en compagnie avec M. Vermoelen, bourgmestre d'Anvers, qui avait été déjà l'associé de son père.

Dans cet intervalle d'inaction de près de 20 années, toute l'ancienne poudrerie avait été dénaturée ou était tombée en ruine ; il fallut donc songer à rétablir à peu près tout à nouveau.

Il y fut procédé avec une sage circonspection, et plus de 20 années furent employées au développement successif de cet établissement (1).

A la fin de 1837, M. P.-F. Cooppal devint seul propriétaire de la poudrerie de Wetteren, et déploya de nouveaux moyens pour la compléter. Ce vieillard venait de terminer son œuvre, lorsqu'il mourut le 8 avril 1842, dans sa 81^e année, ne laissant aucun héritier de son nom. La poudrerie de Wetteren continue à être exploitée sous la raison commerciale COOPPAL ET C^{ie}, pour compte de M. J.-F.-T. Teichmann-Cooppal, propriétaire de l'établissement, ancien ministre de l'intérieur, en Belgique, etc., etc.

La poudrerie de Wetteren (voir la planche) occupe une étendue de terrain d'environ 11 hectares, entourés de fossés larges et profonds, que les eaux de l'Escaut peuvent aviver à chaque marée haute, et que l'on peut assécher aussi à marée basse, au moyen d'un canal souterrain et d'une écluse construite à cette fin.

L'établissement est divisé en sept sections bien distinctes.

La première, où se trouvent le pont et la grille d'entrée, comprend :

La maison d'habitation A et ses dépendances *b*, avec le jardin d'agrément C.

Les écuries, remises et magasins D, comprenant :

	A l'étage se trouvent :
<i>a</i> . Bureau ;	} Une salle de billard, un logement pour l'officier dé- taché à la poudrerie, une chambre d'étranger.
<i>b</i> . Laboratoire de chimie ;	
<i>c</i> . Buanderie ;	
<i>d</i> . Magasin de fruits ;	
<i>d</i> ² . Écuries ;	Magasins de fourrages.
<i>d</i> ⁵ . Dépôt de fumier ;	

(1) Depuis le 1^{er} juillet 1828, la direction de l'établissement est confiée à M. C. Van Cromphaut, membre de la Chambre des Représentants, intéressé dans l'exploitation.

A l'étage se trouvent :

- e.* Sellerie ;
f. Forge ;
g. Remise pour voitures ;
h. Atelier de menuisier et charpentier ; } Magasin
 La raffinerie de salpêtre E, comprenant : } à planches.
i. Magasin de salpêtre brut ;
j. Atelier de raffinage et de lavage ;
k. Id. de rebouillage ;
l. Id. de séchage ;
m. Id. de dosage des mé- } Magasin de salpêtre raf-
 langes binaires ; } finé.
n. Magasin de soufre en canons ;
o. Remise et laiterie ;
p. Atelier des tonneliers ;
q. Écurie.

A l'étage des quatre derniers locaux se trouvent des magasins de fourrage.

La 2^e section comprend :

Le jardin potager F, avec les magasins aux bois de fabrication G, la salle d'épreuves des poudres H, serre aux fleurs H², et les ateliers de carbonisation et magasin au charbon I.

La 3^e section comprend les bâtiments réservés aux moulins de trituration ; elle se compose de :

- K. Moulins divers de trituration ;
 L. Moulin à triturer le soufre ;
 M. Atelier de tamisage du soufre ;
 N. Générateur de la vapeur pour les machines des moulins ;
r. Dépôt de résidus de salpêtre ;
s. Remises pour voitures de transport ;
t. Atelier du tour mécanique ;
t¹. Dépôt de houille.

La 4^e section forme le bâtiment établi en 1855 et reconstruit en 1866, comprenant la poudrerie à vapeur O.

- u.* Générateur de la vapeur ;

- u*². Machine à vapeur ;
v. Atelier de trituration des mélanges binaires Z K ;
*v*². Id. id. id. S K ;
w. Id. de dosage des mélanges ternaires ;
x. Id. de mélange des ternaires ;
y. Id. des tonnes de 1^{er} lissage ;
z. Id. de la presse hydraulique ;
 ... Id. des tonnes de 2^e lissage ;
 X. Tables de 2^e séchage et ventilateur à air chaud ;
*q*¹. Petit magasin à galettes construit dans le parapet
 en face de la presse.

Tous ces ateliers sont séparés entre eux par deux murs et de la terre faisant un parapet de 3 mètres d'épaisseur, et dépassant le faite d'environ 2 mètres.

La 5^e section renferme :

- Q. Le magasin des poudres vertes ;
 R. Les grenoirs Lefebvre modifiés ;
 R¹. Égaliseur des poudres vertes ;
 S. Le lisseur, ne servant plus qu'en cas de besoin, depuis l'établissement de la poudrerie à vapeur O ;
 T. Le séchoir d'hiver à la vapeur d'eau, pour le même motif que ci-devant ;
 U. Les tables à sécher pour le séchage à l'air, pour le même motif que ci-devant ;
 V. L'atelier de tamisage et d'époussetage ;
 W. Un bâtiment comprenant :

- a*¹ Générateur de la vapeur d'eau ;
*b*¹ Machine à vapeur et ventilateur à air chaud ;
*c*¹ Tables de 1^{er} séchage ;
*d*¹ Tonnes de 1^{er} lissage ;
*e*¹ Une tonne de 2^e lissage.

La 6^e section comprend :

- Y. Le dépôt des poudres embarillées et prêtes à être expédiées ;
 P. L'atelier pour humecter les mélanges ternaires.

La 7^e section est réservée aux 2 magasins à poudre X,

séparés par des parapets, tous deux placés à l'extérieur de l'enclos et précédés d'un hangar X¹.

La 8^e section extérieure à l'enclos, comprend :

Les habitations des principaux ouvriers de la poudrerie Z ;

Les embarcadères pour le chargement et le déchargement des marchandises Y¹ ;

R. L'auberge pour les étrangers, les militaires de rang inférieur et autres personnes que leur service amène à la poudrerie et qui ne logent pas à la maison d'habitation A.

Avant de parler des différents procédés de fabrication, il est essentiel de donner quelques notions sur les opérations et manipulations qui précèdent la fabrication proprement dite.

§ II.

Ces opérations consistent dans le choix et la préparation des matières premières qui entrent dans la composition des poudres : le soufre, le salpêtre et le charbon.

DU SOUFRE.

Le soufre, qui n'entre que pour 1/8 dans la composition de la poudre, est tiré de Naples ou de Sicile, ou des raffineries de Marseille et d'Anvers. On ne l'emploie que tout raffiné, en canons, et quelquefois, mais rarement, à l'état de fleur de soufre (1). On se garde surtout d'essayer le raffinage du soufre à la poudrerie ; car cette opération délétère et pernicieuse aux hommes qui la pratiquent et aux plantes qui croissent aux environs, serait loin d'être économique, sur une aussi petite échelle que celle des besoins d'une poudrerie. On se contente de faire un bon choix de soufre en canons, de le triturer en le passant sous les meules d'un petit moulin et dans une

(1) Le soufre en fleur a l'inconvénient de retenir quelquefois un peu d'acide sulfureux, dont on ne peut le débarrasser que par des lavages.

tonne de concassage à ce destinés, et de le passer au tamis de soie.

DU SALPÊTRE.

Le salpêtre employé à la poudrerie de Wetteren provient presque entièrement aujourd'hui des ventes de la Compagnie des Indes.

Dans l'origine de son rétablissement, la poudrerie recevait le salpêtre des raffineries anglaises.

Ce salpêtre, en cristaux plus ou moins choisis, suffisait aux besoins d'alors ; mais le prix en était assez élevé, relativement aux prix du salpêtre brut, sur le marché de Londres.

On monta donc bientôt, à la poudrerie, une petite raffinerie destinée à faire profiter l'établissement d'une partie de cette différence notable des prix, et l'on se mit à raffiner en cristaux.

Bientôt, cependant, le prix baissant à Londres, par suite de la concurrence entre les grandes raffineries anglaises, il devint plus économique de retourner en Angleterre prendre le salpêtre raffiné en grand, que de continuer à le traiter dans la petite raffinerie de Wetteren.

Longtemps donc le salpêtre fut tiré économiquement tout raffiné d'Angleterre pour les besoins de l'établissement.

Mais, d'après le mode généralement usité pour le raffinage du salpêtre, et qui consiste à le retirer des eaux-mères par cristallisation, le salpêtre entraîne toujours avec lui, dans cette cristallisation, une petite partie des sels étrangers qui souillent les eaux-mères, et, un double, un triple raffinage ne donne pas même la certitude du degré de raffinage exact que l'on peut désirer.

Ainsi, en général, les plus beaux salpêtres en cristaux ne sont guère raffinés qu'à 1/1000, c'est-à-dire que sur mille parties, ils contiennent encore une partie de sels étrangers, lesquels sont en général des chlorures.

Ces sels, déliquescents pour la plupart, ont la fâcheuse

propriété d'absorber l'humidité de l'air et, par conséquent, d'être une cause grave d'avarie pour les poudres fabriquées avec de pareils salpêtres. Ces poudres ne tardent pas à devenir humides dans les magasins, généralement mal aérés, de toutes les forteresses.

C'est pour ce motif que l'administration des poudres et salpêtres, en France, a prescrit le raffinage à 1/3000 de tous les salpêtres destinés à la fabrication des poudres, c'est-à-dire que ce salpêtre, sur trois mille parties, ne doit contenir, au plus, qu'une partie de chlorures.

La poudrerie ayant adopté le même principe pour ses poudres de guerre et pour ses poudres fines, et reconnaissant l'impossibilité de compter sur le degré de pureté des salpêtres du commerce, non plus que sur le mode, d'ailleurs, peu économique, du raffinage par cristallisation, il fut établi à la poudrerie, en 1838, un grand atelier de raffinage par le procédé de précipitation et des lavages successifs, procédé au moyen duquel on peut donner au salpêtre tel degré exact de pureté que l'on veut, et que l'on peut facilement pousser jusqu'à 1/18000.

Ce procédé de raffinage est fondé sur la différence de solubilité comparative à chaud et à froid du nitrate de potasse et du chlorure de sodium, et sur ce principe qu'une eau saturée du premier de ces sels et ne pouvant plus en dissoudre, conserve sa faculté de dissolution vis-à-vis du second, et peut ainsi aider à leur séparation; ce procédé diffère peu de celui qui était employé à la raffinerie Impériale de Paris. Il est trop connu pour qu'il puisse être intéressant de le décrire ici.

La raffinerie de Wetteren se compose de deux grandes chaudières de raffinage, avec rafraîchissoir pour la précipitation, d'une douzaine de caisses à laver, de 3 séchoirs artificiels et de 3 chaudières pour les rebouillages, avec tous les accessoires ordinaires.

Cette raffinerie se distingue par l'emploi d'un nouveau système de foyers, au moyen desquels une chaudière de raffinage ne consomme pas plus de 2 hectolitres de

houille, pour une moyenne de 3,600 kilog. de salpêtre raffiné, en 24 heures.

La raffinerie de Wetteren, qui peut raffiner 2 millions de kilog. par an, en raffine moyennement 500,000, tant pour ses propres besoins, que pour quelques autres poudreries du pays en concurrence avec elle, et pour les besoins ordinaires du commerce. Dans ces derniers temps, il a été raffiné 1,500,000 kilog. par an.

Une partie de ce salpêtre provient des ventes de salpêtre brut de la Compagnie des Indes et la plus grande partie de salpêtre artificiel fabriqué dans le pays.

DU CHARBON.

Le charbon employé dans la fabrication de la poudre, à Wetteren, provient de la carbonisation du bois de bourdaine, espèce de nerprun qui croît dans les forêts humides et dont le bois, léger et blanc, est reconnu le plus propre de tous à la fabrication des poudres. On se sert aussi du coudrier, etc.

Ce bois est amené par bateaux à la poudrerie et remis sous de grands hangars, où il reste 3 ou 4 ans à sécher, avant d'être envoyé à l'atelier de carbonisation.

Plusieurs procédés de carbonisation sont en usage à la poudrerie de Wetteren.

L'ancienne carbonisation au four y a été pratiquée longtemps; mais depuis 1825, le procédé le plus habituellement employé à la poudrerie, est celui de carbonisation en vase clos, véritable distillation que l'on est maître de conduire, de pousser à l'extrême, ou d'arrêter à volonté, de manière à obtenir des charbons de sortes différentes, selon les besoins de la fabrication: charbons roux et fortement hydrogénés, par la carbonisation lente; charbons noirs, pour ainsi dire à l'état de carbone pur, par une opération plus rapide, poussée plus vivement et plus loin.

Dès 1842, et dans ces dernières années, un nouveau

procédé de carbonisation a été essayé et introduit à la poudrerie de Wetteren : c'est la carbonisation du bois à la vapeur. Ce procédé, qui donne des charbons de la meilleure qualité et qui est réservé pour les poudres de choix, consiste dans l'opération suivante :

On remplit entièrement de bois à carboniser un cylindre ou récipient en fer, au moyen d'une ouverture que l'on ferme hermétiquement par un obturateur à pression.

Une chaudière ou générateur donne la vapeur nécessaire à l'opération ; cette vapeur est conduite par un tuyau en fer épais, dans le foyer même de la chaudière, y fait plusieurs tours, s'y échauffe à un haut degré, et, par le moyen d'un robinet, est introduite dans le récipient où se trouve le bois.

La vapeur ne tarde pas à pénétrer le bois, à dissoudre et entraîner toute la sève, l'acide pyroligneux et les goudrons qui se forment et se dégagent à cette haute température.

Tous ces produits sont entraînés avec la vapeur condensée et s'échappent à volonté, au moyen de robinets, soit par un tuyau qui conduit les liquides dans un réservoir *ad hoc*, soit par le tuyau qui donne issue aux produits gazeux et aux vapeurs, dans la cheminée même de la chaudière, soit, enfin, par un autre tuyau, dans un réfrigérant, où la condensation s'opère et d'où les produits gazeux se rendent par un tuyau sous le foyer, pour y activer la combustion.

Selon le plus ou moins de temps que le bois reste soumis à l'action de la vapeur, on obtient un charbon plus ou moins roux, c'est-à-dire plus ou moins hydrogéné, ou même parfaitement carbonisé et ne retenant plus qu'une minime quantité d'hydrogène.

Il suffit de fermer le robinet d'introduction de vapeur pour arrêter l'opération au degré voulu ; on enlève alors l'obturateur inférieur et l'on fait passer rapidement le charbon dans des étouffoirs, sans lui donner le

temps de rougir, ni de s'enflammer à l'air ; on recharge ensuite le cylindre pour commencer une nouvelle opération.

Ce procédé de carbonisation ayant donné les meilleurs résultats, il fut établi, en 1844, sur le même système, un appareil n° 2, qui se distingue du premier par l'emploi alternatif ou simultané, à volonté, de deux cylindres de carbonisation, selon le degré de grosseur du bois, la température de la vapeur et les autres circonstances particulières de saison, de combustible, etc., etc.

Ces cylindres n'ont qu'un seul obturateur, et l'on a, en outre, dans cet appareil, supprimé, comme peu avantageux, le réfrigérant et tout ce qui est relatif à l'utilisation des gaz dans le foyer.

La description qui précède s'applique également à ce système simplifié.

Le charbon ainsi préparé est conservé dans des étouffoirs en cuivre, jusqu'au parfait refroidissement ; puis il est versé dans de grandes caisses en maçonnerie recouvertes en fer, où on ne vient le prendre qu'au fur et à mesure de la consommation.

Ainsi, l'on n'a plus à craindre les accidents dus à l'inflammation spontanée, au contact de l'air, des charbons nouvellement fabriqués.

§ III.

DE LA FABRICATION.

Jusqu'en 1855, on avait exclu de la poudrerie tous les appareils nouveaux introduits successivement dans différents établissements du même genre de l'étranger, pour s'en tenir exclusivement au système des meules et au grenage par des tamis ; mais lors de la guerre de Crimée, l'établissement ayant reçu de l'Angleterre une forte commande de poudre de guerre, il fallut songer à augmenter le produit journalier de la fabrique. — Le travail des meules et du lissage s'étant fait jusqu'alors au moyen

de chevaux et de manège, vu l'impossibilité de trouver une chute d'eau assez puissante, dans un pays aussi plat que la vallée de l'Escaut, il était urgent, lors de l'introduction dans l'établissement d'un matériel tout nouveau, d'adopter un moteur plus économique. — On établit donc une machine à vapeur avec 2 chaudières de la force de 24 chevaux chacune, qui communique le mouvement à tout le nouvel outillage, savoir :

- 7 tonnes en fer de mélange binaire ;
- 3 tonnes en cuir de mélange ternaire ;
- 2 grenoirs mécaniques Lefebvre ;
- 1 presse hydraulique ;
- 4 tonnes de 1^{er} lissage ;
- 3 id. 2^e id.
- 1 ventilateur à air chaud.

Deux années plus tard, on établit également une machine à vapeur pour faire mouvoir 14 des 16 moulins. — Deux chaudières furent placées entre les moulins n^{os} 2 et 3 ; chacune d'elles fournit la vapeur pour 24 chevaux à 8 petites machines horizontales, dont 6 établies de 2 en 2 moulins et 2 pour les moulins n^{os} 1 et 2. En outre, le moulin n^o 1 contient un appareil à forer les tamis en bois et le moulin à soufre n^o 3 ; une tonne en fer pour triturer le soufre, et un blutoir pour son tamisage, mu par la machine des moulins n^{os} 3 et 4.

On obtient ainsi, outre une économie notable, un travail beaucoup plus régulier et plus uniforme, par conséquent, un produit supérieur. Deux autres moulins fonctionnant encore d'après l'ancien système, sont destinés à recevoir le même moteur.

La poudrerie de Wetteren qui employait avant l'établissement de ces machines, 68 chevaux, n'en aura plus maintenant que pour le trafic à l'intérieur et les transports au dehors.

Il y a ordinairement 100 à 140 ouvriers de divers métiers, qui suffisent à toutes les exigences du service de la fabrication.

Pendant les dernières années, il y a eu jusqu'à 250 ouvriers, les tonneliers compris.

DOSAGE ET TRITURATION DES MATIÈRES.

Le dosage généralement adopté à la poudrerie de Wetteren est, comme en France, de 75 p. 0/0 de salpêtre, 12 1/2 de soufre et 12 1/2 de charbon ; mais comme dans la fabrication, il faut tenir compte des sels que renferme toujours le charbon, et de la perte de matières résultant de leurs manipulations, le dosage pratique a été fixé à :

73^k,775 salpêtre.

12^k,020 soufre.

14^k,205 charbon.

100 kilogrammes.

Les trois matières sont pulvérisées dans des tonnes en tôle de fer, dans les proportions suivantes :

45 ^k ,735 salpêtre.	}	Binaire S K.
5 ^k ,925 charbon.		
37 ^k ,500 soufre.	}	Binaire Z K.
14 ^k ,500 charbon.		

Ces tonnes, de 1 mètre de long sur 1^m,20 de diamètre, sont garnies à l'intérieur de 8 liteaux également en fer. Chaque tonne reçoit 100 kil. de matières et 100 kil. de gobilles en bronze de 10, 15 et 20 mill. de diamètre, dans la proportion de 3, 5 et 7. Les tonnes ont un mouvement de rotation de 24 tours par minute, et une opération dure 2 heures 1/2 pour le mélange SK, et 3 heures 1/2 pour le mélange Z K.

Pour la poudre de chasse, le dosage des mélanges binaires est de :

46 ^k ,380 salpêtre.	}	Binaire S K.
3 ^k ,620 charbon.		
29 ^k ,730 soufre.	}	Binaire Z K.
20 ^k ,270 charbon.		

La durée de trituration est de 4 heures pour le mélange S K, et de 6 heures pour le mélange Z K.

TRITURATION DES MÉLANGES TERNAIRES.

Les mélanges binaires ajoutés ensemble dans la proportion de 5 à 1, forment les mélanges ternaires; c'est-à-dire que, pour 50 kil. de mélange ternaire, on prend $41 \frac{2}{3}$ du mélange binaire S K, et $8 \frac{1}{3}$ du mélange binaire Z K.

Le mélange ternaire se fait dans des tonnes en cuir de 1^m,20 de long sur 1^m,30 de diamètre, garnies à l'intérieur de 12 liteaux en bois, et divisées en deux compartiments, qui reçoivent chacun 50 kil. de matières et 50 kil. de gobilles en bronze de 6 à 7 mill. de diamètre. Ces tonnes ont un mouvement de rotation de 12 tours par minute.

L'opération dure 1 heure pour les poudres de guerre, et 4 heures pour la poudre de chasse.

N. B. Avant d'être portés sur les meules, les ternaires verts sont mélangés avec les poussières provenant du grenage et de l'époussetage, dans les proportions d'environ $\frac{4}{5}$ de mélange ternaire pour $\frac{1}{5}$ de poussier. On ajoute ordinairement 2 litres d'eau pour 25 batteries de 25 kil. de matière pour poudre de guerre, et un demi-litre d'eau par batterie de 25 kil. de matière pour poudre de chasse.

TRITURATION SOUS LES MEULES ET FORMATION DES GALETTES.

Au sortir du mélangeoir, les matières sont portées sous les meules pour y être converties en galettes propres au grenage.

L'action des meules contribue encore à augmenter le mélange des matières qui y subissent une véritable porphyrisation, et acquièrent une adhérence nécessaire à la formation des grains. La trituration se fait par batteries de 25 kil. Les meules sont en pierres d'Écaussines du

poids de 10,000 à 12,000 kil. la paire. L'opération dure environ 2 heures à une vitesse de 5 à 6 tours par minute, et exige ordinairement de 2 à 2 litres $1/2$ d'eau. La galette est alors bien formée, suffisamment dure, et sa cassure présente une homogénéité parfaite.

GRENAGE.

Le grenage s'exécute par le procédé des tamis et des gobilles; on a renoncé à l'emploi des tourteaux, qui exigent trop de dextérité de la part des ouvriers, et qui ne leur permet pas de surveiller beaucoup de tamis à la fois. L'emploi des gobilles donne, il est vrai, un peu plus de déchet et de poussière, et détériore un peu plus les tamis que l'usage des tourteaux; mais ce léger inconvénient est bien amplement compensé par la rapidité du travail. Les perces des tamis varient avec la grosseur du grain qu'on veut obtenir. Chaque crible reçoit 2 à 3 kil. de galette et 5 ou 6 gobilles de bronze, dont le diamètre varie également avec les dimensions du grain qu'on veut obtenir.

En 1859, le grenage à la main fut remplacé par une prise de vapeur à la grande machine, distante de 80 mètres du grenoir, qui imprime le mouvement à une petite machine faisant mouvoir 12 garnitures de bacs et à un grenoir Lefebvre modifié.

En 1866, cette prise de vapeur a été remplacée par la transmission de la force motrice à l'aide d'un câble téléodynamique de Hirn sortant des ateliers de Martin Stein et C^{ie}, de Mulhouse.

On se sert encore, pour le grenage des poudres, de la tonne Maurey ou Écureuil. Ce grenoir se compose d'un tambour cylindrique de 60 cent. de long sur 1^m,30 de diamètre, dont la surface convexe est formée de deux toiles métalliques en fil de laiton, espacées entre elles de 2 cent.; la paroi intérieure, servant de guillaume, est formée de mailles de 6 mill. de côté; elle est destinée à préserver du choc des gobilles la paroi extérieure qui

est le tamis et qui a des mailles de la plus grande dimension des grains.

La tonne reçoit un mouvement de rotation de 22 tours par minute, une charge de 5 à 6 kil. de galette avec 60 à 80 gobilles en bois dur de 5 cent. de diamètre.

GRENAGE DE LA POUVRE DE CHASSE.

Les poudres de chasse, en sortant des moulins, sont soumises, avant d'être grenées, à l'action d'une presse hydraulique.

Dans un bac en bois, on forme une pile de 55 ou 56 couches de matière, au moyen d'un cadre en bois de 413 mill. de côté et 18 mill. de hauteur; les couches sont séparées par des plaques en cuivre et des morceaux de grosse toile. Le bac, ainsi chargé, est placé sur le piston de la presse qui, en s'élevant, comprime la matière jusqu'à réduire les couches à 6 mill. d'épaisseur.

La pression est de 200,000 kil., la pompe donne 23 coups par minute, et le piston de la presse s'élève de 15 mill. pendant le même temps, soit $\frac{2}{3}$ de mill. par minute.

La galette obtenue ainsi est extrêmement dure, on la concasse au moyen d'un maillet en bois avant de la porter au grenoir Lefebvre.

Ce grenoir se compose de 8 tamis multiples, disposés sur un cadre octogonal de 2^m,50 de diamètre, et suspendu au moyen de 8 cordes. Un arbre vertical tournant autour de son axe, imprime au cadre un mouvement de va-et-vient de 75 tours par minute.

Chaque tamis multiple se compose :

1° D'un guillaume en bois dans lequel la galette est brisée au moyen d'un tourteau en bois dur de 3 kil.;

2° D'un tamis grenoir laissant passer les grains de dimension;

3° D'un tamis en soie pour séparer le poussier et les grains trop fins. Ce grenage donne environ 50 p. 0/0 de poussier.

PREMIER LISSAGE.

Lorsqu'on a obtenu le grain à grosseur voulue par le grenage, ce grain n'a pas l'adhérence, la dureté, ni la forme nécessaire à sa conservation. La poudre est, en effet, terne, mate, de formes irrégulières et facile à s'écraser, et il est nécessaire de lui donner à la fois plus de densité, des formes plus anguleuses et un poli tout à fait conservateur.

Ces trois conditions sont obtenues par un double lissage.

Le premier lissage se fait dans des tonnes cylindriques en bois de 2^m,25 de long sur 60 cent. de diamètre. Ces tonnes sont formées de 24 douves, dont 12 forment liteaux de 1 cent. de saillie ; à l'intérieur, chaque tonne est divisée en trois compartiments recevant chacun 50 kil. de poudre.

La vitesse de rotation est de 18 tours par minute, chaque opération dure 2 heures 1/2.

PREMIER SÉCHAGE.

Les séchages des poudres se font, en général, au moyen de l'air chaud.

La vapeur perdue de la machine est amenée dans un grand tambour en fer, dans lequel sont disposés 100 tubes en cuivre. L'air chassé par un ventilateur dans ces tuyaux y est échauffé par la vapeur qui les entoure, et passe dans l'atelier voisin sous des tables sur lesquelles la poudre est étendue en couches minces de 3 à 4 cent.

On opère sur 250 à 300 kil. à la fois.

Le premier séchage dure une heure, et se fait à une température de 35 à 40 degrés centigrades.

DEUXIÈME LISSAGE.

Le deuxième lissage se fait dans de grandes tonnes en bois de 1^m,40 de long sur 1^m,60 de diamètre, divisées en

deux compartiments, et dont le contour est formé, comme les petites tonnes de premier lissage, de douves formant liteaux; chaque compartiment reçoit 150 kil. de poudre.

Le deuxième lissage se fait à une vitesse de 18 tours par minute, et dure de 4 heures à 4 heures 1/2.

DEUXIÈME SÉCHAGE.

Le deuxième séchage est plus énergique que le premier, la durée en est d'une demi-heure à une heure, à une température de 60° centigrades.

La poudrerie possède encore deux autres séchoirs qui ne servent plus qu'en cas de besoin, depuis l'établissement des machines à vapeur.

Ce sont des tables à sécher en plein air, et un séchoir à la vapeur d'eau. Ce dernier est échauffé par un courant de vapeur qui circule à l'intérieur dans des tuyaux en cuivre, et il est traversé par un courant d'air chaud, amené au moyen d'un ventilateur mécanique. Les poudres sont disposées, dans ce séchoir, en couches minces sur des châssis ou tiroirs en toile, où la vaporisation s'effectue assez rapidement.

Le séchoir contient de 1,200 à 1,500 kil., et peut être rechargé toutes les 24 heures.

Le bâtiment du séchoir est séparé, par un mur épais, du foyer qui fournit la vapeur pour son échauffement. Ce bâtiment est voûté en poterie, et peut se fermer hermétiquement.

LISSAGE ET SÉCHAGE DE LA POUDRE DE CHASSE.

La poudre de chasse ne subit qu'un seul lissage et un seul séchage.

Le lissage se fait dans les grandes tonnes; chaque compartiment reçoit encore 150 kil. de poudre, mais les grains de poudre de chasse étant trop petits pour se lisser convenablement par leur frottement les uns sur les autres, on y ajoute à peu près un quart de grains d'artillerie.

L'opération dure 12 heures.

Le séchage se fait à une température de 60° centigrades, et dure de 24 à 36 heures.

ÉPOUSSETAGE ET CLASSIFICATION DES GRAINS.

Une fois les poudres séchées, il est indispensable d'en opérer la séparation et l'époussetage.

Ce travail se fait dans un atelier spécial au moyen d'un système de 3 tamis en parchemin.

Le 1^{er} retient les grumeaux et les grains trop gros ;

Le 2^e les grains d'artillerie ;

Le 3^e les grains d'infanterie.

Les grains trop fins et le poussier tombent dans la maie au-dessus de laquelle se fait l'opération. Chaque tamis reçoit de 4 à 5 kil. de poudre et exige une dizaine de minutes pour en opérer la séparation des grains.

La poudre alors, versée sur un papier blanc ou sur le dos de la main, ne doit laisser aucune trace après elle ; dans cet état, il ne reste plus qu'à la porter au magasin des poudres finies.

L'époussetage et l'égalisage des grains de chasse se font de même, sauf que le premier tamis est en parchemin et les deux autres en soie ou gaze.

EMMAGASINAGE.

Dans le magasin de la poudrerie de Wetteren, les poudres sont versées dans de grandes caisses en bois de la contenance de 6,000 kil. environ, où elles sont prises, au fur et à mesure de l'embarillage, au moyen d'ouvertures à coulisses pratiquées au bas des caisses.

Lors des expéditions, l'embarillage est effectué sous le porche du magasin même à ce destiné, avec toutes les précautions d'usage, et les barils transportés dans le dépôt situé devant le magasin.

Les grandes expéditions de poudre sont conduites à

quai extérieurement à la poudrerie, par un pont volant jeté sur le fossé de clôture.

TRANSPORTS.

Du magasin de la poudrerie, les poudres sont transportées, soit dans les magasins de l'État, soit dans les dépôts particuliers que l'établissement a l'autorisation d'entretenir dans les provinces, au moyen de chariots couverts, spécialement construits à cette fin, et offrant toutes les garanties désirables de sécurité.

Les fortes parties sont généralement transportées par bateaux.

DÉBIT DES POUDRES.

Dans les dépôts divers de l'établissement, les poudres ne sont délivrées qu'en barils entiers, sans qu'il soit jamais permis d'en ouvrir un seul et de débiter des poudres en détail.

Ainsi, il n'y a, dans les dépôts, aucune manipulation des poudres, pas le moindre grain, pas le moindre poussier qui puisse donner lieu aux accidents.

C'est sans doute à ces mesures de précautions, et à une foule d'autres dispositions de détail, que l'on doit de n'avoir jamais eu aucun sinistre, ni dans les transports, ni dans les dépôts de la poudrerie de Wetteren.

RÉSUMÉ.

Si dans la description qui précède, l'on a bien suivi le mouvement des matières et des poudres dans les diverses opérations, on aura pu se convaincre que la disposition générale de la poudrerie, sans nuire à l'économie dans le cours ordinaire de la fabrication, présente toutes les conditions nécessaires sous le rapport de la sécurité du travail; tous les lieux qui, par leur nature, présentent des chances d'incendie, sont éloignés de tous les bâtiments où peuvent se trouver des poudres en fabrication, et tous les ateliers où il peut y avoir chance d'explosion,

se trouvent, de leur côté, éloignés des bâtiments habités et de ceux où le service appelle le plus d'ouvriers ; ainsi, la maison d'habitation avec ses dépendances, les remises, les écuries, les magasins, la raffinerie, tous bâtiments qui, par leur destination, ne présentent aucune cause de danger réel extraordinaire, et où il y a le plus de monde habituellement, sont séparés à la fois, et de la poudrerie et des ateliers de carbonisation. Ces ateliers sont rejetés à une des extrémités de l'enclos, loin des bâtiments de fabrication et du magasin à poudre, qui se trouvent à l'autre extrémité, à environ 400 mètres de distance.

La poudrerie proprement dite, est divisée en deux parties :

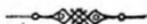
La première, celle des moulins, où il y a le plus de danger dans la fabrication et où le service réclame heureusement peu de monde ; on n'y travaille que sur peu de matières à la fois dans chaque moulin.

L'autre partie où il y a beaucoup plus d'ouvriers pour le travail, où il y a de plus grandes quantités de poudre en fabrication, mais où les dangers de la manipulation sont pour ainsi dire nuls ; l'on y a couvert et abrité les bâtiments par des parapets et par des plantations.

Les magasins sont, à leur tour, loin des ateliers et des habitations, et bien abrités eux-mêmes par des parapets dépassant les faites.

Enfin, les maisons d'ouvriers, établies à l'extérieur et tout près de l'enclos, rendent la garde et la surveillance de l'établissement faciles et complètes, tout en laissant à la main une masse suffisante d'ouvriers pour secours, en cas de besoin.

Les matières en fabrication ne restent jamais dans les ateliers à la fin du travail ; toutes les poudres, à la fin du jour, ont passé au magasin des poudres finies, au magasin des poudres vertes, ou aux séchoirs qui sont aussi de véritables magasins.



FOURS A GAZ ET A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE



L'application industrielle de la chaleur, au double point de vue de l'économie et de la production de températures élevées et constantes, constitue l'un des problèmes qui ont le plus exercé la sagacité des ingénieurs modernes.

L'invention de MM. Siemens, connue sous le nom de *four à gaz et à chaleur régénérée*, a fait faire à l'importante question de l'utilisation des produits de la combustion un progrès considérable, le progrès le plus considérable peut-être que l'industrie chimique ait réalisé depuis longtemps. Nous commencerons par exposer les principes sur lesquels repose l'invention de MM. Siemens, nous décrirons ensuite le four à chaleur régénérée ; nous indiquerons, enfin, les principaux avantages économiques et industriels qui résultent de l'emploi de ces fours.

Le principe de ces fours consiste dans la transformation préalable des combustibles solides, quels qu'ils soient, houille, coke, bois, lignite, tourbe, etc., en gaz, dans un appareil spécial, appelé *gazogène* et placé à une distance quelconque des fours qu'il s'agit de chauffer. Ce gazogène marche à l'air libre, sans aucune soufflerie mécanique ; il est généralement placé à un niveau inférieur à celui des fours, et les gaz circulent, pour se rendre aux fours, dans un siphon formé d'une colonne de briques et de tuyaux de tôle, où, se refroidissant, ils augmentent de densité et produisent un appel constant et naturel. Le combustible gazeux, composé de carbures d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'hydrogène provenant de l'eau que l'on amène au bas de la grille, plus d'azote, se rend aux fours par ces tuyaux, et peu importe la chaleur qu'ils perdent et qui est employée à produire le tirage, puisque, comme on le verra tout à l'heure, ils sont toujours chauffés à une température voisine de 1000°

avant de se rendre dans les fours ; il est, au contraire, utile de les condenser, pour rendre leur passage plus facile à travers des sections relativement étroites.

Le four lui-même, quelle que soit sa destination, repose sur quatre chambres en briques réfractaires, qui sont remplies de briques de même qualité, superposées les unes aux autres et laissant entre elles des passages ou *chicanes*. Deux de ces chambres sont mises en communication avec le four par une ouverture, ou par des ouvertures ménagées à l'une des extrémités du four ; les deux autres communiquent avec le four, par des ouvertures symétriques aux premières. Le gaz combustible, dont le débit est réglé par un clapet placé sur leur chemin, pénètre à la partie inférieure de l'une de ces chambres, tandis que l'air, appelé naturellement, pénètre dans l'autre, et tous deux s'élèvent en s'échauffant par leur circulation entre les briques qui ont été fortement chauffées. Ils se rencontrent alors à leur entrée dans le four et ajoutent à la chaleur résultant de leur combinaison chimique, toute celle qu'ils ont prise dans les *régénérateurs*. Après avoir produit dans le four leur effet, ils redescendent, en se refroidissant, par l'autre ouverture, à travers les deux autres générateurs et portent ainsi les briques qui y sont contenues à une température voisine de celle qu'ils possèdent. Un système de valves à papillons, analogues à des robinets à quatre voies, permet de renverser, à des intervalles de temps variant d'une demi-heure à une heure, le sens des courants, de manière à profiter de la chaleur emmagasinée dans les régénérateurs.

Les avantages de ces fours sont :

1° Grâce à cette récupération de la chaleur, que l'on perd ordinairement par les cheminées, une économie de combustible variant de 40 à 50 0/0 ; cette économie est généralement augmentée par l'emploi de combustible de qualité inférieure et portée à 75 p. 0/0 en argent ;

2° Une augmentation du travail journalier de 30 p. 0/0

et plus, par suite de la production d'une température presque illimitée, d'une part, à cause de l'accumulation de la chaleur ; de l'autre, parce que le four n'est pas alternativement refroidi et réchauffé par les chargements de combustible, le débit du gaz étant constant et indépendant des chargements dans le gazogène ;

3° Une pureté parfaite de la flamme, qui diminue beaucoup les déchets et l'oxydation et donne des produits de qualité supérieure ;

4° Une durée beaucoup plus grande des fours et des creusets, grâce à l'absence de cendres et à l'uniformité parfaite de la chaleur ;

5° Une économie d'espace occupé dans les ateliers et une grande propreté dans le travail, le charbon n'entrant plus dans les ateliers ;

6° Une commande parfaite de la flamme, que l'on peut augmenter ou diminuer, rendre oxydante ou réductrice, à volonté ;

7° L'absence complète de fumée à la sortie des cheminées.

Dans les fours à puddler et à réchauffer, il y a encore une économie variant de 2 à 6 p. 0/0 de la charge sur les déchets et, dans tous les cas, une grande amélioration des produits et l'absence d'oxydation, le four ayant toujours intérieurement une pression supérieure à la pression atmosphérique.

Pour les fours à acier, MM. Siemens ont établi qu'une tonne d'acier à outils n'exige qu'une consommation de 1/4 de tonne de charbon menu ordinaire, ce qui, comparativement à la consommation de 3 tonnes de coke dur dans les fours ordinaires, produit une économie en argent de plus de 80 0/0, outre une grande économie dans les pots et les réparations des fours ; les pots font six fontes et plus, au lieu de 3, comme cela a lieu dans les fours au coke, et les frais de réparations ne s'élèvent qu'à 3 fr. 25 par tonne d'acier fondu, au lieu de 18 fr. 75 dans les fours ordinaires.

Des applications très-nombreuses ont été faites de ces fours. Nous nous étendrons spécialement, dans le chapitre suivant, sur l'application de ces fours à la fabrication du cristal à pots découverts.

DESCRIPTION DU FOUR A GAZ.

Je crois ne pouvoir mieux faire, pour donner une description de l'appareil, que d'employer les paroles de Faraday, dans sa lecture à l'Institution royale de Londres, le 20 juin 1862. L'illustre professeur décrit cette invention dans les termes suivants :

Le combustible gazeux est obtenu par l'action réciproque du charbon, de l'air et de l'eau, à une chaleur rouge sombre. Une chambre en briques d'environ 6 pieds sur 12 (1^m,80 sur 3^m,60) en plan, et de 10 pieds (3^m,00) en hauteur, a son mur de face converti en une grille. La moitié supérieure de cette grille est une plaque solide, tandis que la partie inférieure est formée de forts barreaux horizontaux qui donnent accès à l'air; la grille entière fait avec l'horizon un angle égal à celui du talus que formerait naturellement le combustible employé. Celui-ci est versé par des ouvertures supérieures sur cette grille demi-pleine, demie à claire-voie, et, comme le feu est mis à la partie inférieure, la combustion s'opère à l'endroit où l'air arrive; mais comme l'épaisseur de la couche de charbon est de 2 à 3 pieds (0^m,60 à 0^m,90), diverses réactions se passent dans cette masse de combustible qui, par défaut d'air, ne peut brûler complètement.

Ainsi, la partie supérieure du charbon, celle qui est en même temps la plus froide, produit une grande quantité de carbures d'hydrogène; le coke produit, ou les escarbilles, qui ne sont pas volatilisés, s'approchent de la grille en descendant; la partie la plus voisine de la grille brûle, grâce à l'air atmosphérique qui entre, et se transforme en acide carbonique, en même temps que la chaleur développée enflamme la masse qui se trouve au-des-

sus ; l'acide carbonique, passant lentement à travers le carbone en ignition, se transforme en oxyde de carbone et se mélange dans la partie supérieure de la chambre, appelée *gazogène*, avec les carbures d'hydrogène précédemment formés. L'eau que l'on introduit à dessein dans le bas de l'appareil, par un tuyau, est d'abord vaporisée, grâce à la chaleur qui règne en cet endroit, puis décomposée par le combustible en ignition, et donne de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone ; il ne reste que les cendres que laisse le charbon et que l'on enlève à la partie inférieure de la grille.

C'est ce mélange de gaz qui constitue le combustible gazeux. L'azote, que l'air introduit, se trouve mêlé avec lui, et entre à peu près pour un tiers dans le volume total. Les gaz s'élèvent, par un large tube vertical, à une hauteur de 12 à 15 pieds (3^m,60 à 4^m,50), puis se rendent horizontalement à la distance voulue et descendent alors pour pénétrer dans le *régénérateur* de chaleur qu'ils traversent avant d'arriver au four.

Le *régénérateur* de chaleur est une chambre remplie de briques réfractaires étagées et séparées les unes des autres, de manière à permettre le libre passage de l'air ou du gaz entre elles. Il y a quatre régénérateurs sous chaque four. Le gaz monte à travers une de ces chambres, tandis que l'air monte à travers la chambre voisine, et les deux sont conduits séparément jusqu'à une issue mélangée à l'une des extrémités du four ; c'est alors qu'ils se mélangent et brûlent en produisant la haute température due à leur action chimique. Traversant alors tout le four, le mélange des gaz brûlés trouve à l'autre extrémité une issue semblable à la première ; il s'y précipite, et traversant de haut en bas les deux autres régénérateurs, il les porte à une haute température, surtout à leur partie supérieure et se rend, ainsi refroidi, à la cheminée. Maintenant, les passages qui conduisent aux quatre régénérateurs le gaz et l'air, sont munis de valves à papillons pour renverser le sens des courants ; l'action de ces

valves peut être comparée à celle de robinets à quatre voies, de telle sorte qu'en les renversant, au moyen de leviers, les régénérateurs et les conduits par lesquels s'échappaient les gaz brûlés, servent instantanément à conduire l'air et le gaz au four et ceux qui, l'instant d'avant, donnaient accès dans le four au gaz et à l'air, conduisent maintenant le mélange gazeux à la cheminée. Il faut remarquer que les produits de la combustion, qui quittent le four à une haute température pour se rendre à la cheminée, traversent toujours de haut en bas les régénérateurs, de telle sorte que c'est la partie supérieure qui se trouve la plus échauffée ; ces régénérateurs ont une action si considérable, que les gaz qui pénètrent dans la cheminée pour être répandus dans l'atmosphère sont souvent à moins de 300° Fahrenheit (150° C.). Au contraire, le gaz et l'air qui entrent dans les régénérateurs les parcourent toujours en s'élevant, de telle sorte qu'ils atteignent une température correspondant à la chaleur blanche avant de se rencontrer dans le four, et là, ils y ajoutent encore toute celle due à leur action chimique. On estime que, lorsque le four est en pleine marche, la température que peut développer l'action chimique de la combustion, est à peu près de 4,000° F. (2,200° C.), tandis que celle provenant des régénérateurs peut s'élever à 3,000° F. (1,650° C.) ; l'intensité de cette chaleur serait telle, si on ne la modérait à dessein, que le four et tout ce qu'on y exposerait entrerait en fusion.

C'est pourquoi, les régénérateurs sont alternativement échauffés et refroidis par le gaz et l'air sortant du four ou y entrant, et l'expérience indique que l'intervalle entre les renversements doit varier d'une demi-heure à une heure.

Deux causes contribuent à mettre le gaz en mouvement : c'est d'abord un léger excès de pression que l'on maintient depuis les gazogènes jusqu'au fond des régénérateurs, pour empêcher l'air d'entrer et de se mêler au gaz combustible avant qu'il ne soit enflammé ; ensuite, depuis le four, dans la descente à travers les régénérateurs des

produits de la combustion, leur vitesse est réglée principalement par le tirage dans la cheminée.

La conduite de ces fours est d'une grande facilité.

Si, dans une verrerie, tandis que le verre est en cours de fabrication, on a besoin d'une chaleur intense, on fait arriver une grande quantité de gaz et d'air; lorsque le verre est obtenu et qu'il faut abaisser la température pour le travailler, on diminue les quantités de gaz et d'air. S'il est nécessaire, dans un four, que la température soit graduée d'une extrémité à l'autre, les entrées de l'air et du gaz sont plus ou moins éloignées les unes des autres. Le gaz est plus léger que l'air, et si l'on doit produire rapidement une grande élévation de température, comme dans un petit four à puddler, l'entrée du gaz est placée au-dessous de celle de l'air; si le contraire est nécessaire, comme dans un four à souder de longs tubes de fer, on emploie la disposition inverse.

Quelquefois, comme dans un four d'émailleur, qui consiste en un long moufle, il faut que la chaleur soit plus forte à l'extrémité où se trouvent les portes du moufle et du fourneau, parce que les matières étant introduites et retirées par la même extrémité, celles qui sont entrées les dernières et qui sortent les premières, restent naturellement moins longtemps exposées à la chaleur, et bien que le gaz combustible et l'air entrent d'abord d'un côté, puis de l'autre, alternativement, on empêche encore cette différence forcée de température en ménageant des ouvertures à cette extrémité.

Les quantités de gaz et d'air que l'on introduit dans le four ne sont pas uniquement réglées par les clapets qui se trouvent dans les conduits; mais on peut diminuer, ou même arrêter tout à fait la production du gaz lui-même, en empêchant l'arrivée de l'air à la grille du gazogène; et ceci est d'autant plus important qu'il n'y a pas de gazomètre pour recevoir et conserver le combustible gazeux, car il se rend au four à mesure qu'il se forme.

Dans quelques fours, tels que les fours à puddler ou à

fondre les métaux, les matières sont directement soumises à l'action du gaz et de la flamme ; dans d'autres, elles en sont préservées : tels sont les fours à mouffles et ceux à cristal. A cause de la grande propreté du combustible, quelques fours à verre et même à cristal, qui avaient jadis leurs pots couverts, les ont maintenant découverts ; il en résulte un grand avantage et une grande économie pour le travail, sans aucun inconvénient pour la coloration des produits (1).

L'économie de combustible est pratiquement estimée à moitié, même lorsqu'on emploie le même charbon directement dans le four ou dans le gazogène ; mais comme, dans ce dernier cas, on peut employer des charbons de qualité inférieure, du menu, par exemple, en le convertissant en un combustible gazeux et très-propre, loin de l'emplacement du four, on voit que sous ce rapport, ce système présente de grands et nombreux avantages.

M. Faraday cite, en terminant et pour convaincre l'auditoire, les nombres suivants : le carbone parfaitement brûlé et converti en acide carbonique dans un gazogène, produirait environ 4,000° F. (2,200° C.) de chaleur ; mais s'il est transformé en oxyde de carbone, il ne produira que 1,200° F. (650° C.). L'oxyde de carbone, sous sa forme combustible, emporte donc avec lui 2,800° F. (1,550° C.), qu'il rend par la réaction chimique, lorsqu'il brûle dans un four avec une quantité d'air suffisante. Les 1,200° F. (650° C.) restant, servent, dans le gazogène, à distiller les carbures d'hydrogène, à décomposer l'eau, etc.

La totalité du mélange gazeux peut produire environ 4,000° F. (2,200° C.) dans le four, et les régénérateurs en ajoutent environ 3,000° F. (1,650° C.).

Il nous reste maintenant à décrire les fours à gaz et à chaleur régénérée représentés dans la planche 56.

Les fig. 1 et 2 représentent le gazogène ; la fig. 1 est

(1) Nous verrons plus loin que l'emploi des fours Siemens est tout à fait entré dans l'industrie de la cristallerie.

une coupe longitudinale et la fig. 2 une vue de face d'une paire de gazogènes. Les gazogènes sont entièrement séparés du four que l'on doit chauffer, et peuvent être faits assez grands et en nombre suffisant pour alimenter plusieurs fours.

Le combustible est chargé à des intervalles d'une ou deux heures par les boîtes de chargement A (fig. 1 et 2) et descend graduellement sur le plan incliné B, dont l'inclinaison varie suivant la nature du combustible employé. La partie supérieure de ce plan incliné B est solide, étant formée de plaques de fonte recouverte de briques réfractaires ; mais la partie inférieure C est une grille ouverte, formée de barreaux plats horizontaux. La large ouverture ménagée sous le barreau le plus bas, permet de retirer les crasses qui se réunissent généralement en ce point. Les petits trous F, munis de bouchons et ménagés sur le devant, ainsi que ceux G, sur la voûte du gazogène, ont pour but de permettre l'introduction d'une barre de fer, en cas de besoin, pour diviser la masse de combustible ou détacher les crasses qui pourraient se coller aux murs de côté. Chaque gazogène est capable de convertir par 24 heures, environ, deux tonnes de combustible en gaz, lequel s'élève dans le conduit H, qui le mène aux fours.

Les opérations qui se passent dans un gazogène en travail, sont les suivantes : le combustible descendant lentement sur la partie pleine du plan incliné B (fig. 1), s'échauffe et dégage ses éléments volatils, les gaz hydrocarbonés, la vapeur d'eau, l'ammoniaque et un peu d'acide carbonique, les mêmes qui se dégageraient d'une cornue à gaz. Il reste alors 60 à 70 p. 0/0 de matière carburée pure, dont on peut disposer, ce qu'on fait au moyen du courant d'air qui entre lentement à travers la grille C, et qui provoque une combustion régulière immédiatement sur la grille ; mais l'acide carbonique, gaz non combustible, ainsi produit, en passant lentement à travers une couche de combustible incandescent de 2 à 3 pieds d'épaisseur, reprend un nouvel équivalent de carbone,

pour se transformer en oxyde de carbone, qui, lui, est combustible et se rend au four avec les autres gaz combustibles. Pour chaque mètre cube d'oxyde de carbone combustible ainsi produit, l'air atmosphérique étant formé en volumes de $\frac{1}{5}$ d'oxygène et de $\frac{4}{5}$ d'azote, 2 mètres cubes d'azote incombustible passent aussi à travers la grille, tendant à diminuer la richesse ou le pouvoir calorifique des gaz. Cependant, toute la partie carburée du combustible n'est pas volatilisée dans des conditions aussi désavantageuses ; en effet, on amène de l'eau au pied de la grille par le tuyau E, laquelle absorbant la chaleur disponible du feu, se transforme en vapeur, et chaque mètre cube de vapeur, en traversant la couche de 2 à 3 pieds de combustible incandescent, se décompose en un mélange consistant en un mètre cube d'hydrogène, et à peu près un égal volume d'oxyde de carbone avec une petite proportion variable d'acide carbonique.

Ainsi, un mètre cube de vapeur produit autant de gaz combustible que 5 mètres cubes d'air ; mais les deux opérations dépendent l'une de l'autre ; car le passage de l'air à travers la grille, produit de la chaleur, tandis que la production des gaz de l'eau, aussi bien que le dégagement des carbures d'hydrogène, se produit grâce à une dépense de chaleur. La production de la vapeur dépend de la quantité de chaleur contenue dans le foyer, se règle toute seule naturellement suivant le besoin, et la production totale des gaz combustibles varie avec l'admission de l'air ; or, comme l'admission de l'air à la grille dépend, à son tour, de la quantité de gaz que l'on retire du gazogène, la production des gaz est entièrement réglée par le besoin qu'on en a. La production des gaz peut même être arrêtée complètement pour 12 heures sans déranger le gazogène, qui recommencera à travailler aussitôt que les clapets à gaz des fours seront rouverts, attendu que la masse de combustible et les briques retiennent assez de chaleur pour maintenir la température du rouge sombre dans le gazogène pendant cet intervalle.

Le gaz est cependant d'une qualité plus uniforme, quand il y en a une demande continuelle, et, pour cette raison, il est préférable d'alimenter plusieurs fours avec un groupe de gazogènes, de manière à les maintenir constamment en allure. Un registre D, que l'on voit dans les fig. 1 et 2, peut être introduit dans la prise de gaz, de manière à fermer, à volonté, un quelconque des gazogènes.

Il est important que le conduit à gaz principal, qui mène aux fours, conserve un excès de pression, si faible qu'elle soit, sur la pression atmosphérique, afin de prévenir toute infiltration d'air, à travers les crevasses, qui produirait une combustion partielle des gaz et diminuerait leur pouvoir calorifique dans les fours, en même temps qu'elle donnerait lieu à un dépôt de suie dans les conduits. Aussi, est-il nécessaire de débiter du gaz aux fours, sans qu'il soit nécessaire de recourir au tirage d'une cheminée. Cela peut se faire aisément, lorsque les gazogènes sont placés à un niveau inférieur à celui des fours; mais comme cela n'est pas toujours praticable, on a adopté la disposition suivante: le mélange de gaz, en quittant les gazogènes, se trouve à une température de 200° à 300° qui doit, dans tous les cas, être sacrifiée, attendu que peu importe au résultat final, la température à laquelle le gaz, que l'on doit échauffer entre dans les régénérateurs, la température finale étant, dans tous les cas, très-proche de celle de la chambre du four chauffé, c'est-à-dire de 1500°. Aussi peut-on profiter de la température initiale des gaz pour produire un excès de pression, en les faisant monter à une hauteur d'environ 20 pieds au-dessus des gazogènes, puis en les conduisant horizontalement à travers un tube en U (fig. 1) et les faisant redescendre de nouveau aux fours. Le tube horizontal J, étant exposé à l'air, fait perdre au gaz de 100° à 120° de température, ce qui augmente leur densité de 15 à 20 p. 0/0 et donne à la colonne descendante, dans cette proportion, un excès de pesanteur qui la force à s'avancer vers les fours.

La fig. 3 montre le diagramme d'un four à gaz et à chaleur régénérée. Sous la chambre de combustion K sont placées 4 chambres régénératrices L, remplies de briques réfractaires, disposées de façon à former des chicanes. Les *régénérateurs* travaillent deux à deux, les deux de gauche communiquant avec l'extrémité gauche du four, tandis que les deux autres communiquent avec l'extrémité opposée. Le gaz entre dans le four par le conduit M, et l'air par le conduit N, étant ainsi maintenus séparés jusqu'au moment de leur entrée dans la chambre du four, mais étant alors capables de se mêler intimement et immédiatement, en produisant tout d'un coup une flamme intense et uniforme. Depuis le conduit qui l'amène, l'air qui entre est dirigé par la valve de renversement P dans le régénérateur à air, et s'y chauffe jusqu'au moment de pénétrer dans le four ; en même temps, le gaz, arrivant par son conduit, est dirigé par la valve de renversement R dans le régénérateur à gaz, où il s'échauffe aussi et atteint la même température que l'air.

Les produits de la combustion, en quittant l'extrémité opposée du four, descendent à travers la seconde paire de régénérateurs, comme l'indiquent les flèches, et, après y avoir déposé leur chaleur, sont dirigées par les valves de renversement P et R dans le conduit de la cheminée.

Lorsque la seconde paire de régénérateurs s'est considérablement échauffée par le passage des produits de la combustion possédant une haute température, et que, concurremment, la première paire a été refroidie par l'entrée du gaz et de l'air, on renverse les valves P et R au moyen de leviers, et l'on force les courants à traverser les régénérateurs en sens inverse, profitant ainsi de la paire de régénérateurs qui sont chauds pour chauffer le gaz et l'air qui entrent dans le four, tandis que la paire qui est froide absorbe la chaleur des produits de la combustion qui s'échappent du four. L'arrivée du gaz et de l'air au four est réglée par les clapets S, de telle sorte que l'on peut varier, à volonté, la nature et le volume de la

flamme dans le four, tout en se servant du registre de la cheminée T pour régler l'excès de pression dans le four sur la pression atmosphérique, de manière à permettre l'ouverture des portes ou des trous de travail du four.

La fig. 4 montre l'application du four à gaz et à chaleur régénérée à un four à cristal. Nous ne nous y arrêterons pas, nos lecteurs devant trouver à ce sujet des détails circonstanciés dans l'étude sur la cristallerie de Saint-Louis.

FABRICATION DE L'ACIER DIRECTEMENT DU MINÉRAI.

Cette invention n'a encore été appliquée qu'à titre d'expérience dans l'usine de MM. Siemens, à B'gham, où l'on a produit quelques barres d'acier de qualité excellente et uniforme. *The Barron hoematite stell C°*, adopte maintenant ce procédé, et bien qu'on ne puisse pas encore donner de renseignements précis sur l'économie, M. Siemens croit pouvoir affirmer qu'elle sera considérable, tant sur les matières que sur le combustible, toutes les opérations intermédiaires actuelles étant supprimées.

Le principe de ce four est d'exposer une masse de minerais, mélangés ou non avec des agents de réduction, sur un plan incliné, à l'action d'une chaleur intense, en introduisant en même temps dans la masse un ou plusieurs courants de gaz combustibles carburés ou cyanurés, pour opérer la réduction du minerai et sa transformation en acier.

L'emploi des fours à gaz est aujourd'hui très-répandu; de très-nombreuses applications de ce système ont été faites déjà tant en France qu'à l'étranger; il n'est guère d'usine importante qui ne compte aujourd'hui plusieurs fours Siemens, et partout ces ingénieux appareils ont donné d'excellents résultats.



CRISTALLERIE DE SAINT-LOUIS

(MOSELLE)⁽¹⁾

APPLICATION DES FOURS SIEMENS

A LA FABRICATION DU CRISTAL



I. — HISTORIQUE DE LA VERRERIE.

L'industrie du verre est fort ancienne. D'après Pline, sa découverte serait due à des voyageurs phéniciens qui, s'étant servi par hasard de natron pour construire un foyer sur le sable du désert, virent avec étonnement ces deux substances se combiner par la fusion pour donner un verre. Mais, ainsi que l'a fait remarquer M. Dumas dans son *Traité de chimie*, il est difficile d'admettre qu'il en soit ainsi, car ce fait exige une température beaucoup plus élevée qu'elle ne pouvait l'être en pareil cas.

Un ancien auteur français, Handiquer de Blancourt, en fait remonter l'invention au temps de Tubalcain, parce que celui-ci, en trouvant l'art de fabriquer les métaux par fusion, dut obtenir des laitiers analogues aux verres.

(1) C'est à M. Didierjean, le savant et habile administrateur de la Compagnie des cristalleries de Saint-Louis, que je dois tous les éléments de cette notice, qui est son œuvre beaucoup plus que la mienne. J'ai pu constater, lors d'une visite récente que j'ai faite à Saint-Louis, la parfaite exactitude des renseignements que M. Didierjean a bien voulu mettre à ma disposition. Je le prie d'accepter mes remerciements pour le précieux concours qu'il m'a prêté.

L. G.

Cette hypothèse est plus probable que la première. Quoiqu'il en soit, la découverte du verre est fort ancienne. Aristote en parle dans un écrit publié en 384 avant Jésus-Christ, et il cherche à expliquer sa transparence. Quatorze ans plus tard, en 370, Théophraste cite des verreries situées à l'embouchure du fleuve *Bélus*.

Il paraît certain que c'est aux Phéniciens et aux Égyptiens qu'il faut faire remonter l'origine de l'art de la verrerie. Leur commerce avec tout le littoral de la Méditerranée fit connaître au loin les produits de cette industrie, qui passa successivement en Grèce et en Italie.

Les fouilles exécutées en Grèce et en Italie ont amené la découverte d'une multitude d'objets en verre blanc et coloré, soufflés, moulés et taillés, dont plusieurs dénotent une fabrication avancée.

Il existe dans le Musée de Londres, une belle coupe gravée, trouvée par le capitaine Layard, dans des fouilles faites sur l'emplacement de Ninive. On pense que sa fabrication ne remonte pas à moins de sept siècles avant l'ère chrétienne, et c'est probablement le plus ancien spécimen de l'art de la verrerie.

Les Romains connaissaient le verre plusieurs siècles avant Jésus-Christ; mais ce ne fut qu'après qu'ils eurent fait la conquête de l'Égypte que son usage devint général en Italie.

Ce fut sous Néron que fut établie, à Rome, la première verrerie, et à cette époque, les verres fins étaient tellement chers que l'empereur Néron paya 6,000 sesterces (environ 1,200 francs de notre monnaie), deux belles tasses en verre.

Cette industrie se développa successivement en Italie. Sous le règne de Tibère, plusieurs verreries étaient établies aux environs de Rome; et sous Alexandre Sévère, l'an 210 de notre ère, le nombre des verriers s'était tellement augmenté, que l'on crut devoir les consigner dans un quartier particulier de la ville.

De l'Italie, l'art de la verrerie passa à Venise. Au

moyen-âge, il y prit un tel développement que, pour ne point incommoder les habitants de la ville par le trop grand nombre des fours en feu, on dut, en 1291, reléguer les verreries à deux lieues de la ville, dans la presqu'île de Murano, dont le nom devint bientôt célèbre.

Les Vénitiens ont excellé dans presque toutes les branches de la verrerie. Les verres filigranés, et, en général, tous les anciens verres de Venise ont une perfection de forme et de travail qui ne le cède en rien aux productions de l'art moderne.

Les verreries actuelles de Murano figuraient à l'Exposition, et leurs produits, tout en conservant un certain cachet, sont bien déchus; ils sont loin d'égaliser les anciens verres de Venise, qu'ils cherchent à imiter.

C'est aussi à Venise que furent faits les premiers miroirs en verre. Ces miroirs étaient soufflés en cylindres comme le verre à vitre, puis étendus, dégrossis, polis et étamés.

Les Vénitiens produisaient ainsi des glaces biseautées d'une assez grande dimension, remarquables par la blancheur et la pureté du verre et qui sont encore très-recherchées aujourd'hui, à cause de leur ancienneté et de l'élégance de leur encadrement.

Venise conserva le monopole de l'industrie verrière jusqu'au seizième siècle; et à partir de cette époque, des verreries s'établirent en Allemagne, en France et en Angleterre.

La Bohême était alors la plus industrielle et la plus riche contrée de l'Allemagne. Ses relations et son commerce avec Venise et l'Italie y amenèrent l'art de la verrerie. L'abondance et l'extrême pureté des matières premières que l'on rencontre dans les montagnes qui forment une ceinture autour de ce pays; le bas prix de la main-d'œuvre et les grandes forêts de sapin qui recouvrent ses montagnes, lui assurèrent bientôt, dans ce genre d'industrie, une supériorité et une réputation qui se sont maintenues presque jusqu'aujourd'hui.

Les verreries de Bohême ont eu, pendant de longues années, le monopole de la fabrication, non-seulement des beaux verres blancs, mais surtout des verres colorés. Ces derniers étaient rehaussés par la taille, la gravure, la dorure, la peinture; et c'est surtout à cette production (verres colorés), aussi riche que variée et qui ne se faisait nulle part ailleurs, que les produits de Bohême ont dû leur réputation.

Ce n'est que vers 1836, que la France a commencé à faire les verres de couleur. Aujourd'hui encore, l'Angleterre en fabrique peu; et ceux qu'elle fait laissent beaucoup à désirer et sont loin d'avoir la richesse et l'éclat des cristaux colorés français.

Les produits de Bohême qui figuraient à l'Exposition ne peuvent être comparés à aucuns autres pour leur prix peu élevé. Mais en ce qui concerne la perfection du travail, ces produits ne sont plus au niveau de la réputation des anciens verres de Bohême.

Les verres blancs de Bohême ne peuvent supporter, comme blancheur et comme éclat, la comparaison avec les cristaux anglais et français; et leurs verres colorés, dont les formes sont généralement lourdes, ne peuvent supporter la comparaison avec les cristaux colorés français, pour l'élégance et la perfection des formes et du travail.

II. — LES PROGRÈS DE L'ART DE LA VERRERIE EN FRANCE.

Au printemps de 1836, M. de Fontenay, alors directeur de la verrerie de Plaine de Walsch (Vallérysthal), dans un voyage qu'il fit à Baden-Baden, fut frappé de l'éclat et de la supériorité des verres colorés allemands, étalés dans les magasins. La France, à cette époque, ne savait point faire les verres de couleur. A son retour, M. de Fontenay se mit à l'œuvre, et il fut assez heureux pour produire, à la fin de la même année, d'assez jolis objets. C'est donc lui qui, le premier en France, s'est

occupé de la fabrication des verres colorés dans la masse, et appliqués en doublure sur les objets de gobeletterie.

La voie était ouverte, et l'accueil fait à ces produits par le commerce ayant été très-favorable, M. de Fontenay fit marcher rapidement la verrerie de Vallérysthal de progrès en progrès. Il fit successivement :

En 1836, — décoration de la gobeletterie au moyen de couleurs vitrifiables appliquées au pinceau et rehaussées par la gravure ;

Commencement de 1837, — production de la couleur pourpre en doublure et rehaussée par la gravure. La couleur pourpre était produite par le protoxyde de cuivre ;

Dans la même année, et quelques mois plus tard, il produisit le doublé rose au moyen du pourpre de Cassius ; les doublés bleu, vert et améthiste, au moyen des oxydes de cobalt, de cuivre, de chrome et de manganèse, le tout avec application de tailles variées et riches.

L'apparition de ces produits, tout à fait nouveaux en France, acquièrent à la verrerie de Vallérysthal une grande réputation. Au mois de mai 1838, à l'Exposition de Nancy, les produits de cette verrerie y firent une telle sensation qu'une médaille d'or fut décernée à M. de Fontenay personnellement.

Dans la même année de 1838, un concours ayant été ouvert à la Société d'Encouragement, il remporta également trois prix, relatifs à la gobeletterie, comme le constate le rapport de M. Dumas, publié en décembre 1838.

Enfin, à l'Exposition de Paris de 1839, la première médaille d'or fut donnée à la verrerie de Vallérysthal, pour ses verres doublés, façon Bohême.

Ainsi, c'est à M. de Fontenay que revient l'honneur d'avoir, le premier en France, fabriqué les verres colorés dans la masse et appliqués en doublure à la façon des objets de Bohême ; c'est sous son impulsion que la verrerie de Vallérysthal s'est placée à la tête de la verrerie française.

A cette époque, les cristalleries de Baccarat et de

St-Louis ne savaient point faire les verres de couleur, aussi bien que la verrerie de Vallérysthal.

Quelques années après, M. de Fontenay est entré à la cristallerie de Baccarat, où il a apporté ses découvertes.

Les verres colorés par l'urane (dychroïque jaune) sont dus aux travaux de M. Peligot sur les sels d'uranium.

M. Clémantot, directeur de la cristallerie de Clichy, a aussi, de son côté, fait faire de notables progrès à l'industrie du verre en France.

Très-peu de temps après les découvertes de M. de Fontenay, il a reproduit les verres colorés par les différents oxydes métalliques. Ces verres de couleur ont été fabriqués par lui avec une très-grande perfection, qui a été quelquefois atteinte, mais qui n'a jamais été dépassée.

De plus, en s'appuyant sur les analyses de M. Hautefeuille, il a, le premier, reproduit en France l'aventurine de Venise.

C'est à lui également que sont dus les beaux travaux sur les boro-silicates de zinc, qui sont employés dans la fabrication des verres d'optique.

C'est à lui que la cristallerie de Clichy, appartenant à M. Maës, doit le rang qu'elle a pris dans l'industrie du cristal.

A la même époque, M. Marcus, attaché à la cristallerie de St-Louis, apportait aussi son contingent aux progrès de l'industrie du cristal. Non-seulement, il amena rapidement la Compagnie de St-Louis à fabriquer avec beaucoup de perfection les verres colorés trouvés par M. de Fontenay, mais il fabriqua, le premier, un verre blanc opaque imitant l'ancien émail de Venise, qu'il appliqua en doublure.

Il fit également fabriquer, le premier en France, les verres dits *luftglass* et *leichtglass*, imitant les anciens verres de Venise.

Ce sont ces trois habiles industriels qui ont fait faire de grands progrès à l'art de la verrerie en France, et qui nous ont mis à même de dépasser rapidement la verrerie

allemande qui, il y a 30 ans encore, nous était bien supérieure.

III. — CRISTALLERIE DE SAINT-LOUIS.

L'emplacement qu'occupe la cristallerie de St-Louis, dans la vallée de Münsthal (Moselle), a été autrefois le siège de l'industrie du verre. Il y existait une verrerie fort ancienne, qui utilisait les produits des nombreuses forêts environnantes. Elle a été détruite pendant les guerres de Lorraine, qui signalèrent la fin du xvii^e siècle, et on en retrouve, encore aujourd'hui, des vestiges au milieu des forêts.

L'usine de St-Louis a été fondée, en 1767, sur l'ancien emplacement des verreries de Münsthal, sous le nom de verreries royales de St-Louis.

Elle se livra d'abord à la fabrication du verre à vitre ou verre en table, et de la gobeletterie commune. Le cristal ne se faisait, à cette époque, qu'en Angleterre; et les verres à base de plomb, qui paraissent avoir été connus des anciens, et dont la fabrication aurait été interrompue pendant une longue série d'années, n'étaient connus que des Anglais. Ce sont eux qui ont créé de nouveau cette industrie, et M. Bontemps a expliqué comment, après avoir remplacé le bois par la houille comme combustible, ils ont été amenés successivement à employer des cornues ou creusets couverts, afin d'empêcher le contact de la houille avec les matières en fusion, et, ensuite, à substituer le minium à la chaux dans la composition du verre, afin d'en augmenter la fusibilité.

L'industrie du cristal, en France, ne remonte point à une époque bien reculée. Peu de temps après la fondation de la verrerie de St-Louis, M. de Beaufort, son directeur, se livra à des essais sur la fabrication du cristal à l'instar du cristal anglais. En 1779 fut arrêtée la construction du premier four spécialement destiné à cette fabrication, et, en 1781, M. de Beaufort put livrer,

au commerce de Paris, les objets en cristal pour lesquels la France était, jusque-là, tributaire de l'Angleterre. Ces résultats sont constatés par le rapport de MM. Maquer et Fougeroux de Bondaroy, à l'Académie des sciences, en date du 23 janvier 1782.

Le cristal était fondu au bois et dans des pots découverts. Ce n'est qu'en 1784 que fut établi, à St-Cloud, par M. Lambert, un four à cristal anglais alimenté avec de la houille; et en 1787 fut fondée la manufacture de cristaux du Creusot.

La Compagnie des cristalleries de St-Louis est aujourd'hui un des grands établissements industriels de France, tant par le chiffre de sa production que par le nombre de ses ouvriers. C'est une des plus importantes cristalleries du monde. Elle se livre exclusivement à la fabrication du cristal de luxe. Depuis quelques années, elle a augmenté sa production d'une façon très-notable, et aujourd'hui, elle livre annuellement, tant pour la consommation intérieure que pour l'exportation, des produits pour la somme de 3,400,000 francs, en cristaux blancs, unis, moulés, colorés, taillés, décorés, gravés, etc.

A la fabrique, elle possède quatre fours mettant tous les jours à la disposition de ses verriers, pour le travail, un poids de cristal de 16,000 kil.

Elle emploie dans ses ateliers, à la fabrique, de 1,550 à 1,600 ouvriers, dont le salaire mensuel est compris entre 85,000 à 90,000 francs.

Elle possède, en outre, à Paris, des ateliers de décor, de peinture et de monture en bronze doré, qui emploient continuellement de 100 à 150 ouvriers.

La Compagnie de St-Louis a été assez heureuse pour apporter, dans ces dernières années, un perfectionnement très-important dans la fabrication du cristal. Elle a totalement affranchi cette industrie de l'emploi du bois comme combustible.

En Angleterre et dans les environs de Paris, on em-

plie la houille pour la fusion des matières. Mais le cristal, qui est un silicate double de potasse et de plomb, est extrêmement impressionnable par la fumée de la houille, et pour lui conserver sa belle teinte, il faut isoler complètement les matières en fusion, et les fondre dans des cornues ou creusets couverts. De plus, le réchauffage des pièces au travail ne peut se faire directement dans le four; il se fait, soit au moyen d'ouvreaux, à très-large ouverture, placés à cet effet dans le four, et y tenant la place d'un pot, soit au moyen de petits fours spéciaux et chauffés séparément. Dans l'un et l'autre cas, il faut employer du bois pour le réchauffage des pièces, car la fumée de la houille, même au travail, agirait sur le cristal, et lui donnerait une mauvaise teinte.

Autrefois, St-Louis employait exclusivement le bois comme combustible dans les fours. C'est ce qui existe encore aujourd'hui à la cristallerie de Baccarat. Dans ce cas, les matières sont fondues dans des creusets découverts, et le travail se fait dans le four même au-dessus du pot contenant le verre en fusion.

Il y a trois ans, M. Didierjean, administrateur de la Compagnie des cristalleries de St-Louis, a eu l'honneur de faire résoudre à sa Compagnie le problème délicat de la fabrication du cristal avec de la houille et à pots découverts. Les matières, c'est-à-dire le mélange de sable, de carbonate de potasse et de minium, sont fondues dans des pots découverts, et la fonte et le travail du cristal s'opèrent exactement comme dans les anciens fours au bois, et cela, sans avoir à craindre aucune altération dans la blancheur des produits.

C'est donc à la Compagnie de St-Louis que revient l'honneur d'avoir totalement affranchi du bois l'industrie du cristal, et elle est encore aujourd'hui la seule cristallerie qui ait pu obtenir ce résultat.

Pour y arriver, M. Didierjean s'est servi de l'excellent système à gaz de MM. Siemens, que nous avons décrit

précédemment; seulement, il a apporté dans la construction des appareils, sans rien changer au principe du système, des dispositions spéciales qui ont pour but d'obtenir une grande régularité dans la production du gaz, et d'empêcher le contact immédiat des gaz réducteurs avec les matières qui se trouvent placées dans des pots découverts.

La houille, dans les appareils Siemens, est d'abord transformée en gaz, et, si on examine théoriquement la composition de ce gaz, on reconnaît qu'elle ne diffère de celle du gaz qui proviendrait du bois, que parce qu'elle contient une proportion un peu moins forte de vapeur d'eau, qui n'intervient point dans la combustion, et qui y joue, par conséquent, le rôle d'un gaz neutre. Mais, par contre, elle contient une proportion un peu plus forte d'azote, ce qui donne à peu près, dans les deux cas, une proportion de gaz neutres, sensiblement égale. C'est, du reste, ce que confirme l'analyse.

On peut donc conclure de là, au point de vue pratique, que si la houille ou le gaz à la houille agissent sur les matières, et principalement sur l'oxyde de plomb du cristal, cela tient à ce que, avec les foyers à la houille, les gaz réducteurs arrivent, parfois, en trop grande abondance dans le four. La fumée agit alors sur le verre, et réduit une partie du silicate de plomb.

Dans un four au bois, on emploie un combustible infiniment moins dense que la houille, et il ne donne point de dégagements de gaz aussi brusques et aussi abondants. La régularité est beaucoup plus facile à obtenir.

Il est certain qu'un four au bois fumeux donne au cristal une mauvaise teinte.

Ainsi donc, toute la question se réduit à obtenir une production de gaz aussi régulière que possible, et à empêcher, dans le four, le contact des gaz réducteurs avec les matières placées dans les creusets.

Depuis plus de deux ans, la totalité de la fabrication

de la Compagnie de St-Louis est au gaz à la houille et à pots découverts. Toutes les pièces figurant à son exposition, tant en cristal blanc qu'en verres de couleurs de toutes nuances, ont été fabriquées par ce procédé. Il est facile de s'assurer que la limpidité du cristal n'a subi aucune atteinte, et que la couleur en est très-belle, même dans les grandes pièces, lustres et candélabres (1), qui ont une épaisseur de cristal énorme, ce qui nuit toujours un peu à la blancheur.

Le cristal de St-Louis a pour densité 3,37.

Sa grande pesanteur spécifique est due à la forte proportion de plomb qu'il contient. Sa richesse en plomb est beaucoup plus grande que celle du cristal anglais et que celle du cristal des environs de Paris. Aussi, il réfracte la lumière d'une manière beaucoup plus grande, et il a bien plus de feu. Le cristal anglais, et celui des environs de Paris, qui s'en rapproche beaucoup, est moins riche en plomb et plus riche en potasse; aussi, sa couleur tire beaucoup plus sur le blanc très-légèrement jaunâtre, et il ne réfracte point la lumière avec la même force.

Dans l'exposition de la Compagnie de St-Louis figuraient quelques pièces faites avec un cristal dans lequel le carbonate de potasse employé était tout à fait exempt de soude. Ce carbonate de potasse a été obtenu en décomposant le nitrate de potasse par le charbon; et ces pièces ont un éclat qui est réellement un peu plus vif que le cristal fait avec le carbonate de potasse purifié du commerce.

La soude donne au cristal et au verre moins d'éclat, moins de feu que la potasse. Le cristal, qui en contient une forte proportion, est toujours un peu terne. Il est

(1) Ces grandes pièces recevaient, au palais du Champ-de-Mars, un très-mauvais reflet des tapis qui avoisinaient l'exposition de Saint-Louis, ce qui ne permettait point de les apprécier comme elles le méritaient. Le cristal en est cependant très-beau.

donc important de n'employer, dans une fabrication de luxe, que du carbonate de potasse aussi exempt de soude que possible.

Les cristalleries françaises emploient principalement la potasse provenant des résidus du travail des betteraves, que l'on appelle potasse indigène. Elles y mélangent des potasses de Toscane ou de Hongrie. Ces dernières, qui proviennent de cendres de bois, s'emploient en proportion plus faible que la potasse indigène, à cause de leur prix plus élevé, bien qu'elles contiennent généralement un peu moins de soude.

Les potasses indigènes les mieux purifiées en contiennent encore de 4 à 5 p. 0/0. Pour les amener à une proportion de soude moindre, on entraînerait, dans la purification, une quantité assez notable de carbonate de potasse; ce qui, pour l'industrie du cristal, en élèverait le prix dans une proportion trop forte, comparativement aux avantages qui en résulteraient.

GRAVURE. — Outre la gravure à la roue, qui se trouvait représentée dans l'exposition de la Compagnie de Saint-Louis par des spécimens nombreux et extrêmement riches, il y a à signaler trois genres de gravures employés par elle, qui n'étaient point encore industriels lors des expositions précédentes. Ce sont :

1° La gravure au moyen d'une dissolution d'acide fluorhydrique qui, comme on le sait, attaque le cristal et le grave en clair ;

2° La gravure au moyen de la réaction des bifluorures sur le silicate double de potasse et de plomb, qui grave en mat ;

3° Un mode de gravure en relief représenté sur une très-grande coupe en cristal et à 12 médaillons. Six de ces médaillons sont gravés en relief, et représentent : la chimie et la physique, le commerce et l'industrie, la peinture et leurs attributs. La cristallerie de St-Louis est la seule qui ait, jusqu'aujourd'hui, réalisé industriellement ce genre de gravure qui, du reste, est tout récent.

Dans la gravure, par une dissolution d'acide fluorhydrique, les parties du cristal qui doivent être réservées sont recouvertes d'une encre composée de matières grasses, et les parties laissées à nu sont creusées par l'acide. Lorsque le verre est suffisamment creusé, les parties recouvertes d'encre sont dépolies, tandis que les parties creusées restent claires, ce qui fait parfaitement ressortir le dessin auquel on peut donner, avec de l'habileté et des soins, une très-grande finesse. C'est ce que nous appelons la gravure claire.

Avec des verres doublés ou triplés, on peut encore augmenter la variété et la richesse des effets obtenus.

La réaction d'un bifluorure sur le cristal le grave en mat. Les parties recouvertes d'encre restent claires, et celles qui ne sont point recouvertes se gravent en mat, lorsqu'elles sont plongées dans le bain. C'est ce que nous appelons la gravure mate.

On peut obtenir, par ce procédé, des dessins d'une très-grande finesse, qui imitent les gravures à la roue, et qui sont d'un prix de revient moins élevé. Des coupes et des cabarets d'une grande finesse de gravure, représentaient ce genre dans l'exposition de Saint-Louis.

En combinant ces deux genres de gravure, c'est-à-dire la gravure claire au moyen d'une dissolution d'acide fluorhydrique, et la gravure mate par les fluorures, on peut obtenir des pièces d'une grande richesse. Ces deux genres combinés étaient représentés par de grands vases doublés bleu, et gravés d'une très-grande valeur.

La Compagnie de St-Louis fabrique tous les verres de couleur qui se trouvent, dans l'état actuel de la science, sur la palette du verrier. Quelques-uns lui sont spéciaux, et n'ont pu, encore aujourd'hui, n'être faits que par elle. Ce sont : le malachite, qui est un verre tenant en suspension, dans sa masse, du cuivre à différents degrés d'oxydation.

Ces différents oxydes de cuivre se combinent probablement avec la silice pour former des silicates pendant

la fusion des matières, puisque le verre est transparent après la fonte; mais si l'on conduit le réchauffage des pièces, pendant le travail, avec intelligence, ces différents oxydes de cuivre se trouvent en grande partie précipités et restent en suspension dans la masse du verre, lui donnent d'abord son opacité, et, par le mélange irrégulier des différents degrés d'oxydation, produisent les veines que l'on remarque dans le malachite, et qui sont, parfois, d'une très-grande richesse.

Ce même principe, qui consiste à précipiter des oxydes métalliques et à les tenir en suspension dans la masse du verre, peut recevoir, en verrerie, un grand nombre d'applications. Ainsi, avec de l'oxyde noir de cuivre, on obtient un verre complètement noir.

Le même résultat s'obtient généralement avec de l'oxyde noir de cobalt, ou bien avec de l'oxyde noir de manganèse. Ceci soit dit en passant : il n'est donc point nécessaire d'associer plusieurs oxydes pour faire du verre noir.

Cette précipitation des oxydes métalliques dans les masses vitrifiées n'est, du reste, que la confirmation de la loi qui a été pressentie par Ebelmen relativement à la possibilité de précipiter les oxydes métalliques dans les silicates en fusion. Cette précipitation se fait surtout bien dans un verre chargé de base métallique, d'oxyde de plomb, par exemple. Ainsi, dans un verre acide, il faut de grandes quantités d'oxyde noir de cobalt ou d'oxyde noir de manganèse pour faire du verre noir, suivant que l'on emploie l'un ou l'autre de ces deux oxydes. Tandis que dans un verre chargé de minium, il en faut des quantités relativement faibles. Il est facile de donner une explication scientifique de ce fait.

Avec de l'oxyde de chrome, on obtient un verre opaque tenant en suspension de l'oxyde de chrome, et qui donne un verre vert de la couleur du chrome précipité, et non un verre noir. En laissant refroidir ce verre très-lentement dans le four qui a servi à la fusion, l'oxyde

de chrome en suspension dans la masse du verre cristallise, et l'on obtient l'aventurine verte de M. Pelouze.

A l'exposition figurait un petit vase quadruplé, dont l'une des couches est de l'aventurine verte ainsi préparée, et qui ne s'est point complètement détériorée pendant le travail.

Ce principe de la précipitation des oxydes métalliques est également appliqué par la Compagnie de St-Louis, pour produire une couleur noire avec dessins déterminés et dans les moufles.

On remarquait à cette exposition deux cache-pots en triplé bleu sur émail et montés bronze. Les dessins noirs sur bleu, de ces deux cache-pots, sont obtenus au moyen de la précipitation de l'oxyde noir de cobalt dans les couches superficielles du verre bleu qui sert de doublure. Cette précipitation dans les couches superficielles est suffisante pour donner cette belle teinte noire qui conserve encore un peu de translucidité.

Il me reste encore à signaler, parmi les objets remarquables de cette belle exposition :

1° Un petit échantillon de verre jaune coloré avec du soufre. Cette teinte est analogue à celle que l'on obtient avec l'écorce de bouleau, ou, d'une façon plus générale, à celle qui est produite par le charbon.

M. Didierjean a été amené à examiner l'action dans le verre, des sulfures d'abord, et du soufre ensuite, vers 1859, en faisant des essais sur la substitution, en totalité ou en partie, du carbonate de baryte au minium dans le cristal. Ce carbonate de baryte donnait au verre, dans certaines circonstances, une teinte très-légèrement jaunâtre; et l'analyse a démontré à M. Didierjean qu'il contenait de 3 à 4 p. 0/0 de sulfure de barium. De là, l'habile directeur a été amené à faire du verre jaune au soufre;

2° Des pommes et des poires sur socle en cristal et servant de presse-papier. La couleur de ces imitations de fruits n'est point le résultat de la peinture. Ces fruits ont été fabriqués par les verriers, et sont sortis de leurs

mains tels qu'ils sont. Le centre est en émail blanc opaque, sur lequel se trouvent superposées plusieurs couleurs. Lorsque ces couleurs sont soufflées à une épaisseur convenable et superposées l'une sur l'autre, elles sont presque complémentaires l'une de l'autre et s'annulent en grande partie. Avec de l'habileté chez le verrier, et en soufflant les paraisons avec des épaisseurs inégales de chaque côté, on arrive à faire prédominer l'une ou l'autre de ces couleurs, et on obtient ainsi la couleur du fruit que l'on désire reproduire;

3° La couleur rubis, à la façon du rubis Bohême, obtenue sur le cristal.

Elle s'obtient, du reste, par le même procédé, c'est-à-dire que l'on fait passer une première fois, dans un moufle, la pièce à rubiner préalablement recouverte d'un mortier contenant un sel de cuivre. Par cette première cuisson, la surface qui doit être rubinée s'imprègne, au contact de ce mortier cuivreux, d'une petite quantité d'oxyde de cuivre, et la pièce présente alors, à sa surface, un très-léger reflet verdâtre qui est peu visible.

La seconde cuisson se fait dans un moufle contenant des matières charbonneuses, dont le but est de désoxygéner la petite quantité d'oxyde de cuivre absorbée par le cristal, alors la couleur rubis apparaît.

Mais cette seconde opération, qui se fait facilement sur un verre à base de chaux, est beaucoup plus délicate sur le cristal. Les matières charbonneuses agissent aussi sur le plomb, et communiquent au cristal une mauvaise teinte qu'il faut faire disparaître, en faisant recuire la pièce dans une atmosphère extrêmement oxydante. En même temps, il faut recouvrir les parties rubinées, de façon à les soustraire à l'action trop énergique de l'oxygène qui leur ferait perdre la couleur rubis.

St-Louis est la seule cristallerie qui ait pu, jusqu'aujourd'hui, réaliser cette couleur sur le cristal.

Cette couleur était représentée par un assez grand nombre de coupes sans pied, gravées et montées bronze, et

par deux belles coupes à pied portant des gravures à la roue très-riches.

Le cuivre sert également à produire un verre pourpre qui s'emploie en doublure par les verriers, à la façon du verre rose obtenu par l'or, c'est-à-dire au moyen du pourpre de Cassius.

Enfin, en terminant, disons un mot du fluorure de calcium qui est employé, depuis quelques années, dans la verrerie. Dans certaines circonstances, il remplace très-avantageusement le phosphate de chaux des os. Il donne un verre blanc, opaque, très-légèrement translucide, dont l'aspect, sur la lumière, est plus doux à l'œil que les verres opaques obtenus, soit au moyen du phosphate de chaux, soit au moyen de l'acide arsénieux. De plus, le fluorure de calcium joue, même en petite quantité, le rôle d'un fondant très-énergique. Il rend le verre à la fois plus fusible et moins pétant. En raison de cette propriété, il sera probablement appelé, plus tard, à jouer un rôle important dans la fabrication des verres à base de chaux.

Aujourd'hui, il faut encore l'employer en verrerie avec beaucoup de ménagements, car, en proportion un peu forte, il ronge les creusets avec une grande vigueur. Il se détache alors des creusets de petits fragments de terre qui rendent le verre pierreux. Cela est probablement dû à ce qu'une partie de ce fluorure se trouve décomposé pendant la fusion, et l'acide fluorhydrique, devenu libre, ronge les parois des pots.

APPLICATION DU FOUR A GAZ SIEMENS A LA FABRICATION
DU CRISTAL A LA HOUILLE ET A POTS DÉCOUVERTS.

M. Didierjean a fait du four à gaz et à chaleur régénérée une étude approfondie ; il est parvenu, après de nombreux essais, à substituer complètement le chauffage à la houille à pots découverts au chauffage au bois. Ce sont les essais et les résultats qu'ils ont fournis que je

vais résumer, en s'appuyant, d'une part, sur les observations inédites que M. Didierjean a bien voulu me confier et sur les faits dont il m'a rendu témoin dans une visite récente à la magnifique usine de Saint-Louis.

Autrefois, les cristalleries de St-Louis et de Baccarat employaient exclusivement le bois comme combustible, dans la fabrication du cristal. C'est ce qui a lieu encore aujourd'hui à la cristallerie de Baccarat.

Dans ce cas, les matières sont fondues dans des creusets découverts, et le verrier, pendant le travail, opère le réchauffage des pièces dans le four même, au-dessus du pot contenant le verre en fusion.

Le bois étant un combustible peu dense, en l'introduisant dans le foyer par petits morceaux et d'une façon méthodique, il est facile d'obtenir une flamme régulière et légèrement oxydante, ou, tout au moins, peu chargée de fumée. On évite ainsi que les gaz réducteurs arrivent en trop grande abondance dans le four et agissent sur le silicate de plomb du cristal.

Comme je l'ai dit précédemment, en Angleterre et dans les cristalleries des environs de Paris, on emploie la houille pour la fusion des matières. Mais le cristal est très-facilement altéré par la fumée de la houille et, pour lui conserver sa belle teinte, il faut l'isoler complètement des gaz en combustion. Pour y arriver, on opère la fusion des matières dans des cornues ou creusets couverts. De plus, le réchauffage des pièces pendant le travail du cristal ne peut être fait, comme dans les fours chauffés avec du bois, en utilisant directement pour cet usage la chaleur du four. Il se fait alors, soit au moyen d'ouvreaux ou creusets à très-larges ouvertures, placés, à cet effet, dans le four et y tenant la place d'un pot (1), soit au

(1) Ces ouvreaux sont chauffés sur toutes leurs parois par l'intérieur du four, et il suffit d'y jeter de temps en temps un petit morceau de bois, pour y obtenir la température nécessaire au réchauffage du cristal.

moyen de petits fours spéciaux chauffés séparément et complètement isolés du four dans lequel se fait la fusion des matières.

Dans l'un et l'autre cas, il faut employer du bois pour le réchauffage des pièces ; car la fumée de la houille, même pendant le réchauffage, agirait sur le cristal, en altérerait la blancheur.

Il y a trois ans, en étudiant, pour l'appliquer, l'excellent système à gaz de MM. Siemens, MM. Didierjean est arrivé à une solution complète du problème délicat de la fabrication du cristal avec de la houille et à pots découverts. La fonte et le travail s'opèrent exactement comme dans les anciens fours au bois, et cela sans avoir à craindre aucune altération dans la beauté du cristal.

Pour bien faire saisir les avantages réalisés par le chauffage à la houille à pots découverts, je demanderai à mes lecteurs la permission de revenir sur les phénomènes qui accompagnent la combustion de la houille, bien que je les aie déjà en partie décrits précédemment.

La houille est d'abord transformée en gaz ; et si on examine quelle est la composition théorique de ce gaz, on reconnaît qu'elle ne diffère de celle du gaz qui proviendrait du bois que, parce qu'elle contient une proportion un peu moins forte de vapeur d'eau, qui n'intervient point dans la combustion et qui y joue, par conséquent, le rôle d'un gaz neutre. Mais, par contre, elle contient une proportion un peu plus forte d'azote ; ce qui donne, dans les deux cas, une proportion de gaz neutres sensiblement pareille. C'est, du reste, ce que confirme l'analyse.

D'un autre côté, chaque fois que l'on charge la houille sur la grille dans un foyer ordinaire à haute température, ce combustible qui est très-dense arrive brusquement dans un milieu, dont la température est très-élevée. Cette houille alors se distille très-rapidement et donne lieu à un dégagement de gaz réducteurs très-brusque et très-abondant.

On peut donc conclure de là, au point de vue pratique,

que si la houille ou le gaz à la houille agissent sur les matières et principalement sur l'oxyde de plomb du cristal, soit pendant la fusion, soit pendant le travail, cela tient à ce que avec les foyers à la houille, les gaz réducteurs arrivent parfois en trop grande abondance dans le four. La fumée alors agit sur le plomb que contient le cristal et lui donne une mauvaise teinte.

Dans un four au bois, le combustible que l'on emploie est infiniment moins dense que la houille, et en l'introduisant dans le foyer par petits morceaux et d'une façon méthodique, comme cela est dit plus haut, on n'est point exposé à avoir des dégagements de gaz réducteurs aussi brusques et aussi abondants. La régularité est beaucoup plus facile à obtenir, l'expérience montre, du reste, qu'un four au bois fumeux donne au cristal une mauvaise teinte.

Ainsi donc, pour arriver à fondre et à travailler le cristal à pots découverts et avec de la houille comme combustible, toute la question se réduit : 1° à obtenir une production de gaz régulière, et 2° à empêcher dans le four le contact des gaz réducteurs avec les matières placées dans les creusets.

Pour y arriver, rien n'a été changé au principe du système Siemens : il a suffi à M. Didierjean d'en faire une application bien raisonnée.

Ce qui caractérise ce système, ce sont des chambres en briques réfractaires A G, A' G' (pl. 56, fig. 5), situées en dessous du four, dans lesquelles sont disposées en treillis des briques également réfractaires. Les produits de la combustion en sortant du four passent dans ces chambres avant de se rendre dans la cheminée ; ils y abandonnent une grande partie de leur chaleur au contact du treillis en briques, dont le but est de multiplier la surface de chauffe.

Ces appareils sont désignés par l'inventeur sous le nom de *régénérateurs*, et la chaleur qui s'y trouve accumulée par le refroidissement des gaz brûlés, sert à chauf-

fer les gaz et l'air, qui arrivent à nouveau dans le four.

C'est par ce procédé, aussi simple qu'ingénieux, que MM. Siemens sont arrivés à utiliser les chaleurs perdues des gaz brûlés, pour augmenter considérablement la température développée dans le four.

Les gazogènes ont la forme indiquée par les figures 4 et 5 de la planche 56.

La houille se charge par la partie supérieure, tombe sur un plan incliné qui est terminé à sa partie inférieure par une grille, dont les barreaux sont placés en escaliers, afin de ne point laisser tomber les fins de houille à travers la grille (fig. 1, pl. 56).

La houille prend l'inclinaison indiquée sur la figure ; l'air arrive par la grille, se brûle et donne un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. Une partie seulement de cet acide carbonique se décompose et se transforme en oxyde de carbone, en traversant les couches de coke portées au rouge.

Les gaz sont recueillis dans un conduit J qui communique avec une conduite de gaz qui les amène sous le four, au clapet de renversement A du plan du four (fig. 6). Ce clapet de renversement A sert à diriger ces gaz à celles des extrémités du four où la combustion doit s'opérer. Ainsi, si nous supposons le régime établi, les gaz sortant des gazogènes arrivent au clapet de renversement A, et de là, ils sont dirigés sous le régénérateur à gaz. Ils s'élèvent à travers le treillis en briques réfractaires que contient ce régénérateur, s'échauffent au contact de ces briques et arrivent dans l'ouverture O (fig. 5). Pendant ce temps, l'air entre par le clapet de renversement B, arrive en A (fig. 5), sous le régénérateur à air, s'échauffe en s'élevant à travers le treillis en briques réfractaires, et arrive également en O, où il rencontre le gaz après s'être également échauffé. La combustion commence dans cette ouverture O et se termine dans le four.

Les produits de la combustion sont alors appelés par la cheminée et passent par l'ouverture O'. Ils descendent

dans les régénérateurs G' et A', y abandonnent une grande partie de leur chaleur qui s'emmagasine dans les briques réfractaires du treillis, et ils arrivent dans la cheminée à une température qui varie de 300° à 350°.

Quand les gaz ont suivi ce mouvement pendant une heure, les briques du treillis des régénérateurs G' et A' se sont considérablement échauffées : dans la partie supérieure, elles atteignent le rouge-blanc, c'est-à-dire presque la température du four. Celles des régénérateurs A et G se sont, au contraire, refroidies au contact des gaz et de l'air arrivant dans le four. On change alors la direction du clapet de renversement, et les gaz et l'air montant alors dans les régénérateurs A' et G G', s'y réchauffent, arrivent dans le four, s'y brûlent et les gaz brûlés emmagasinent leur chaleur perdue dans les régénérateurs A et G.

Après une heure de marche, on change encore la direction des gaz et de l'air au moyen des clapets de renversement, et ainsi de suite.

Les gazogènes sont complètement isolés du four, et ils peuvent être placés à une grande distance sans aucun inconvénient, si l'emplacement dont on dispose l'exige.

L'opération qui se fait dans les gazogènes n'est autre que la transformation du combustible solide, qui est la houille, à l'état de combustible gazeux. Cette transformation ne peut se faire qu'en dépensant, dans le gazogène, une partie de la chaleur du combustible. Si elle se faisait dans des conditions théoriques, les gaz sortant des gazogènes seraient un mélange d'oxyde de carbone, de différents carbures d'hydrogène, d'hydrogène libre, de vapeur d'eau et d'azote provenant de l'air qui est entré en combustion pour former de l'oxyde de carbone. La puissance calorifique de ce gaz serait alors au maximum (ces gaz ne devant point être épurés), et il n'y aurait de chaleur dépensée dans les gazogènes que celle qui se développe dans la transformation du charbon à l'état d'oxyde de carbone sur la grille des gazogènes.

Pratiquement, ces conditions théoriques ne peuvent être réalisées ; il se forme toujours sur la grille une quantité plus ou moins grande d'acide carbonique, suivant que l'opération est plus ou moins bien conduite. Il est facile de se rendre compte qu'une partie notable de cet acide carbonique reste à cet état dans le gaz, dont il diminue, par conséquent, la puissance calorifique. Une partie seulement se trouve décomposée et repasse à l'état d'oxyde de carbone, en traversant les couches du coke portées au rouge.

Voici comment on peut s'en rendre compte :

Lorsque sur la grille des gazogènes, il ne se forme que de l'oxyde de carbone, la température développée sur cette grille est peu élevée, puisque la puissance calorifique du carbone passant à l'état d'oxyde de carbone est elle-même peu considérable. La formation sur cette grille d'une certaine quantité d'acide carbonique y élève la température, et cela d'autant plus qu'il s'en forme davantage. Par suite de cette élévation de température, les pertes de chaleur par le rayonnement de cette même grille, sont assez considérables, puisque, d'après la loi de Dulong, cette perte est proportionnelle au carré de la différence des températures.

Or, pour décomposer l'acide carbonique au contact du charbon, il faut d'abord que la décomposition s'opère dans un milieu dont la température est élevée, et, ensuite, il faut que cet acide carbonique trouve à absorber autour de lui une quantité de chaleur égale à celle que développerait une quantité équivalente d'oxyde de carbone passant à l'état d'acide carbonique.

Ces conditions indispensables ne se trouvent point remplies, parce qu'une partie de la chaleur développée sur la grille, par la formation de l'acide carbonique, se trouve perdue par le rayonnement de la grille. Aussi, comme cela est dit plus haut, la décomposition de l'acide carbonique qui s'est formée d'abord, n'est que partielle.

Ce qui précède peut servir également à expliquer un

résultat extrêmement curieux qui a été remarqué dans le courant de l'année 1863, à l'usine à gaz de la Compagnie Parisienne, à Vaugirard. On y faisait des essais de chauffage des cornues avec le système Siemens, en employant le coke comme combustible, lors d'une visite que M. Didierjean y a faite au commencement de novembre 1863. On a bien voulu lui communiquer quelques analyses de gaz, et on avait remarqué le résultat suivant : les analyses du gaz, faites quelques instants après le décrassage des grilles des gazogènes, donnaient une moyenne de 6 p. 0/0, en volume, d'acide carbonique. Puis, à mesure que les grilles s'encrassaient à nouveau, la proportion d'acide carbonique diminuait, et au bout d'un certain temps, cette proportion n'était plus en moyenne que de 3,50 p. 0/0, en volume. Arrivé à ce chiffre, elle restait à peu près stationnaire.

Ce fait très-curieux, que l'on ne s'expliquait point, avait amené l'usine de Vaugirard à ne faire qu'un décrassage par 12 heures, afin de diminuer, autant que possible, la proportion d'acide carbonique dans les gaz.

D'après ce qui précède, on comprend facilement qu'avant le décrassage, toute la surface de la grille (l'intervalle des barreaux) se trouvait pour ainsi dire tapissée d'un treillis de crasse. Derrière ces crasses venait alors le charbon où s'opérait la combustion. Ce treillis de crasse se trouvait donc interposé entre les points où la combustion s'opérait et la couche d'air extérieur. Il faisait donc écran, et, par conséquent, il diminuait très-notablement la perte de chaleur par le rayonnement de la grille. La chaleur développée par la formation d'une certaine quantité d'acide carbonique sur la grille se conservait donc davantage dans le gazogène, et la décomposition de l'acide carbonique était plus complète.

Après le décrassage, au contraire, toute la surface de la grille était mise à nu, et la perte par rayonnement atteignait son maximum. La quantité d'acide carbonique non décomposé était aussi à son maximum. A me-

sure que les crasses se reformaient sur la grille, elles s'interposaient entre le charbon incandescent et l'air extérieur. La perte de chaleur par rayonnement diminuait, et la proportion d'acide carbonique décomposé augmentait.

En résumé, il ressort de là qu'une partie seulement de l'acide carbonique, qui se forme sur la grille des gazogènes, se trouve décomposée en traversant les couches de charbon portées au rouge.

Une portion notable échappe à la décomposition et reste mélangée au gaz sortant des gazogènes. Cet acide carbonique diminue, alors la puissance calorifique des gaz qui arrivent dans le four, et en même temps, il augmente la proportion des gaz neutres : deux causes qui viennent diminuer la température développée dans le four par la combustion du gaz.

Pour arriver à produire le moins possible d'acide carbonique dans les gazogènes, il faut leur donner une large surface de grille, afin d'avoir un tirage faible. Il est aussi très-important que ce tirage soit régulier. Dans ces conditions, la combustion dans les gazogènes s'opère à une température relativement basse, et il se forme peu d'acide carbonique. Un tirage régulier a, de plus, l'avantage de donner une production de gaz régulière, et d'éviter, par conséquent, que les gaz réducteurs n'arrivent parfois en trop grande abondance dans le four.

Dans les appareils Siemens, l'inventeur établit le tirage dans les gazogènes, au moyen d'un tube en tôle supporté par deux cheminées, l'une montante, l'autre descendante ; il désigne le tout sous le nom de siphon.

Dans la cheminée montante, les gaz ont une force d'ascension qui est une fonction de leur température. Dans la cheminée descendante, leur force d'ascension est également une fonction de leur température. Et comme la température est moins élevée dans la cheminée descendante que dans la cheminée montante, puisque les gaz se sont refroidis en traversant le tube en tôle, il en

résulte que le tirage s'établit dans les gazogènes, puisque la force d'ascension est plus grande dans la cheminée montante que dans la cheminée descendante.

Ce mode de tirage a l'inconvénient d'être très-irrégulier. Suivant que la température extérieure est plus ou moins élevée, le tirage diminue ou augmente; pendant les grandes chaleurs de l'été, il est quelquefois insuffisant, puisque le refroidissement des gaz est beaucoup moindre que pendant les froids d'hiver. Si l'on prend un moment donné quelconque de l'année, pendant la journée, la température extérieure est également plus élevée que pendant la nuit; le tirage est donc moindre de jour que de nuit. Il devient alors très-difficile de bien régler l'allure des gazogènes, et, par conséquent, celle du four qui en dépend: avec l'emploi des pots découverts pour fabriquer le cristal à la houille, cette considération prend une très-grande importance, car si l'allure des gazogènes n'est point régulière, on ne peut éviter l'arrivée dans le four de mouvements brusques et irréguliers de gaz réducteurs pouvant altérer la teinte du cristal.

Ce mode de tirage est non-seulement irrégulier, mais il est encore limité. Ainsi, pendant l'été, lorsque la température extérieure est élevée, il devient souvent insuffisant. On ne peut obvier à cet inconvénient en augmentant notablement la longueur du tube en tôle, et cela parce que le refroidissement étant proportionnel au carré de la différence des températures, dans la dernière partie du tube, le refroidissement est beaucoup plus faible que dans la première pour une même longueur. A mesure que la longueur du tube augmente, le refroidissement des gaz suit donc une progression décroissante très-rapide; c'est ce qui rend très-limité ce moyen de produire le tirage.

Pour obtenir une allure régulière, il est prudent de ne point se servir de ce moyen pour produire le tirage dans les gazogènes. On y arrive à obtenir cette régularité en

ayant bien soin de placer le fond des gazogènes bien plus bas que le fond des régénérateurs, qui se trouvent situés en dessous du four. Dans ces conditions, le tirage s'établit de lui-même.

Lorsque l'allure des gazogènes est bonne, la température des gaz en sortant des gazogènes est d'environ 700°.

Mais, quand cette allure est mauvaise, il se forme une quantité assez notable d'acide carbonique et la température s'élève rapidement. Alors, si on ne refroidissait point les gaz, le clapet de renversement A serait rapidement détérioré. Il est donc prudent de conserver le tube en tôle pour cet usage, mais non comme moyen de tirage.

COMBUSTION DES GAZ DANS LE FOUR.

Nous avons vu que les gaz, en sortant des gazogènes, arrivent au clapet de renversement A (fig. 2), qui les dirige alternativement à celle des extrémités du four où la combustion doit s'opérer. La production du gaz, étant régulière dans les gazogènes, il est facile, au moyen d'une valve pour le gaz et d'une valve pour l'arrivée de l'air, que l'on ouvre à volonté, de régler l'arrivée du gaz et de l'air dans le four de façon à avoir un léger excès d'air, ou produire ainsi une flamme légèrement oxydante. De plus, pour empêcher d'une façon absolue le contact des gaz réducteurs avec les matières placées dans les creusets, il est indispensable :

1° De faire arriver les gaz dans le four par le régénérateur intérieur, comme l'indiquent les fig. 4 et 5, et l'air par le régénérateur extérieur. La cloison, qui sépare le régénérateur du gaz de celui de l'air, ne va point jusqu'au niveau du siège (environ 0^m,80 en dessous); de sorte que la combustion commence déjà dans l'ouverture O, et se termine dans le four. L'appel des gaz brûlés par la cheminée se faisant par l'ouverture O', et l'air se trouvant à l'extérieur, les creusets sont enveloppés d'une atmosphère oxydante ;

2° De mettre, pour augmenter la sécurité, à profit les différences de densité des gaz qui se trouvent dans le four. Ces gaz sont : oxyde de carbone, carbures d'hydrogène, hydrogène libre, vapeur d'eau, azote, acide carbonique en petite quantité avant la combustion ; mais comme cette dernière commence dans l'ouverture O, à leur arrivée dans le four, les gaz en contiennent déjà une quantité notable.

La densité de l'acide carbonique froid est de 1,529, tandis que celle des gaz réducteurs est inférieure à 1, celle de l'air étant prise pour unité. Bien que la haute température à laquelle ces gaz sont portés dans le four, modifie considérablement ces densités, on peut admettre que le même rapport se conserve, puisque tous ces gaz sont portés à la même température.

L'acide carbonique restera donc beaucoup plus dense que les autres ; et à mesure qu'il se formera par suite de la combustion de l'oxyde de carbone et des carbures, il occupera les régions inférieures du four, tandis que les gaz non brûlés se portent à la voûte. Si donc on donne à cette voûte une hauteur assez grande au-dessus des creusets, l'acide carbonique viendra former un coussin de gaz neutre au-dessus des creusets. C'est, du reste, ce que l'on observe dans la pratique. La combustion commence au point K (fig. 5), c'est-à-dire à la jonction de l'air et du gaz ; la gerbe de flamme s'élève jusqu'à la voûte, et dans le four, on ne voit de flamme que le long de cette voûte. En dessous, on ne voit aucune flamme, et tout l'espace est occupé par les gaz brûlés.

Ainsi donc, pour empêcher le contact des gaz réducteurs avec les matières placées dans les creusets, il suffit de placer le gaz dans le régénérateur intérieur, comme l'indiquent les fig. 4 et 5. On enveloppe ainsi ces creusets d'une atmosphère oxydante. En même temps, il est prudent de donner à la voûte une assez grande hauteur au-dessus des creusets, afin de former au-dessus des matières un coussin d'acide carbonique pour le cas où il

arrive dans le four une trop grande abondance de gaz réducteurs.

Telles sont, dans leur ensemble, les dispositions spéciales que l'expérience a indiquées à l'habile administrateur de St-Louis, dispositions qui lui ont permis d'obtenir de l'application du four Siemens, à la fabrication du cristal à pots découverts, des résultats auxquels, à ma connaissance, du moins, l'on n'est encore arrivé d'une manière régulière, dans aucune autre cristallerie.



PRODUITS EXTRAITS DES VARECHS

Usine de **MM. COURNERIE** et fils et **C^{ie}**



L'usine de Cherbourg, appartenant à MM. Cournerie et Fils et C^{ie} et exploitée par eux depuis 1841, a été fondée en 1798. Elle est la première où l'on ait exploité les sodes provenant des varechs, et elle a fonctionné jusqu'à ce jour sans aucune interruption.

C'est dans cette usine qu'a été appliqué, *pour la première fois* (1834), le *procédé d'extraction de l'iode par le chlore gazeux*, procédé qui a remplacé complètement le traitement par les acides azotique et sulfurique, lesquels font perdre une portion notable de l'iode contenu dans les eaux-mères des sodes de varechs.

C'est également dans cette usine (1834), quelques années après la belle découverte de M. Balard, et en s'aidant des travaux de ce savant, que M. Cournerie signala la présence d'une grande quantité de brome dans ces mêmes eaux-mères, et, qu'à la suite de longues et coûteuses recherches, il mit en pratique le premier procédé d'extraction, ouvrant ainsi une nouvelle voie d'extraction du corps, dont M. Balard avait doté la science, et qui devait venir plus tard prendre une large place dans le domaine industriel.

En 1860, les traités de commerce ayant profondément modifié les conditions d'exploitation des fabriques de produits extraits des varechs, ainsi que celles de la concurrence sur les marchés de l'étranger, MM. Cournerie comprirent que le moment était venu d'entrer hardiment dans la voie de progrès tracée par les traités, et que pour

cela, il fallait abandonner les anciennes méthodes qui ne permettaient de produire qu'à un prix de revient trop élevé, et rechercher dans les indications nouvelles de la science industrielle, l'application de moyens économiques donnant la possibilité de soutenir avantageusement la lutte qui allait s'engager.

Dès le commencement de 1861, ils ont donc opéré une transformation complète dans leurs installations : ce qui n'a pas eu lieu sans de grandes difficultés, car le problème à résoudre se compliquait de la nécessité d'avoir des appareils d'une grande simplicité, d'une usure insignifiante et d'une marche facile et régulière (pl. 57).

ÉVAPORATION DES EAUX SALÉES PAR LA VAPEUR.

Pour arriver au résultat cherché, l'évaporation à feu nu, *si dispendieuse à tous égards, quand on a un grand nombre de foyers, et surtout quand il s'agit de l'extraction de sels par précipitation*, a été remplacée par l'évaporation à la vapeur.

Deux générateurs de la force de trente chevaux chacun, marchant alternativement de façon à ce que le travail n'éprouve jamais d'interruption, fournissent la vapeur nécessaire à l'évaporation, ainsi qu'à la marche d'une machine à vapeur utilisée pour monter l'eau, etc.

Quatre appareils évaporatoires fonctionnent et ont permis, sans augmentation de main-d'œuvre, d'élever à 1,600,000 kilog. la quantité de soude brute consommée annuellement et qui n'était, en 1855, que de 1,200,000 kilog. Les dispositions intérieures adoptées permettent, au moyen d'un appareil supplémentaire, de travailler facilement 2,400,000 kil. par an.

Ainsi qu'on peut le voir sur la planche 57, l'eau de condensation des chaudières évaporatoires est reçue dans un appareil particulier, muni d'une soupape avec flotteur et contre-poids. Le jeu simple et régulier de cet appareil, tout en maintenant dans les doubles fonds la

pression convenable à un bon travail, permet à l'eau condensée d'être continuellement renvoyée dans un réservoir placé au-dessus des générateurs, et d'être utilisée complètement pour leur alimentation qui se fait ainsi avec de l'eau dont la température est très-voisine de 100°. Aussi est-il facile de se rendre compte de l'immense économie que l'on réalise.

Les résultats principaux de cette transformation ont été :

1° Réunion de tous les foyers à feu nu en un seul, surveillance plus facile ;

2° Utilisation de l'eau de condensation à une température voisine de 100° ;

3° Suppression des intermittences forcées dans le chauffage à feu nu pour l'extraction des sels ;

4° Économie sur la quantité et sur le prix du combustible ;

5° Rapidité plus grande dans les opérations ;

6° Simplification du travail, et, par suite, rendement plus considérable en iode ;

7° Emploi de la vapeur pour toutes les opérations accessoires ;

8° Économie dans la main-d'œuvre.

En résumé, ces résultats se traduisent par un abaissement considérable du prix de revient ; ils ont permis à MM. Cournerie de lutter avec avantage contre la concurrence étrangère.

SUBLIMATION DE L'IODE.

MM. Cournerie ont été frappés également des inconvénients que présente la sublimation de l'iode par les procédés ordinaires à feu nu.

En effet, on sait que, pour être régulière et convenable, cette opération nécessite nuit et jour pendant toute sa durée une température constante. Or, avec ses intermittences d'activité, et aussi avec les négligences ou l'in-

curie des ouvriers, le feu nu ne peut remplir cette condition de régularité.

Pour obtenir facilement ce résultat, MM. Cournerie ont appliqué la vapeur à la sublimation de l'iode. Leur appareil, dont la planche 57 présente le plan et l'élévation, se compose d'une bûche contenant une solution saline, dont le point d'ébullition est supérieur à 107° (fusion de l'iode). Cette dissolution, dans laquelle plongent les vases sublimatoires en poterie, est maintenue facilement au même degré de concentration et elle est chauffée par un serpentín dans lequel circule de la vapeur à haute pression. L'opération se fait comme dans les appareils à feu nu, avec ces différences : 1° que l'on est complètement à l'abri des négligences ; 2° que l'on obtient une température constante ; 3° que la durée d'une sublimation est considérablement abrégée ; 4° enfin, que la quantité de vapeur nécessaire pour maintenir l'ébullition est tellement minime qu'elle ne se traduit au générateur (pour l'appareil exposé) par aucune augmentation de combustible, et qu'ainsi on réalise une grande économie sur le charbon employé à feu nu.

L'usine de MM. Cournerie est la seule, parmi celles qui s'occupent de l'industrie des varechs, où le travail se fasse par les procédés modifiés qui viennent d'être décrits.

PRODUCTION.

Depuis 1855, la quantité de soude brute employée annuellement par MM. Cournerie s'est élevée à 1,600,000 kilog. Indépendamment des ouvriers occupés dans l'intérieur de l'usine, elle représente sur les côtes le travail de plus de 1,500 personnes employées à cueillir, à sécher et à incinérer les goëmons.

La richesse de la soude brute varie beaucoup avec la nature des goëmons et avec celle des lieux où ils sont récoltés. Dans les trois dernières années, elle a été en moyenne de 42,14 p. 0/0 en matières salines. Le résultat

du travail en grand a donné 40 p. 0/0 : soit le rendement théorique à 2,14 p. 0/0 près.

Ces matières salines étaient composées, pour cent, de :

36 68 chlorure de sodium ;

14 53 sulfate de potasse ;

48 79 chlorure de potassium.

L'analyse rigoureuse indique par 1,000 kilog. de soude brute, un rendement de 3 kilog., 3^k,25, 4^k,10, 4^k,44, 5 kilog. en iode pur.

Le rendement du travail en grand a été de 5^k,60 iode brut, ou 4^k,07 iode pur. En 1849, il n'était que de 2^k,70.

Enfin, chaque tonneau de soude (1,000 kilog.) a produit 0^k,400 de brome.

LA PRODUCTION ANNUELLE SE RÉSUME AINSI :

235,000 kil. *Chlorure de sodium*.

93,000 *Sulfate de potasse*. — Livré au commerce en poudre ou cristallisé, et destiné à la fabrication des chromates et des carbonates de potasse.

312,000 kil. *Chlorure de potassium*. — Destiné à la fabrication du salpêtre et des chromates de potasse, et dont une partie est transformée directement par MM. Cournerie, suivant les circonstances commerciales, soit en salpêtre, soit en chlorate de potasse.

9,000 kil. *Iode brut*, représentant { Vendu à l'état
6,000 kil. *iodure pur*. } brut, sublimé,
bi-sublimé, et à celui d'*iodure de potassium*. La plus grande partie de l'iodure est transformée en ce dernier composé, au rendement de 125 kilog. d'iodure de potassium pour 100 d'iodure pur.

Iodure de potassium. — Les quantités fabriquées avec l'iodure obtenu dans l'usine de Cherbourg se trouvent augmentées,

dans une proportion qui varie avec les circonstances, par la conversion d'autres iodes, soit français, soit étrangers.

640 kil. *Brome*. — Vendu, soit à cet état, soit à celui de bromure de potassium.

« *Bromure de potassium*. — Les quantités produites directement se trouvent augmentées dans une proportion qui varie avec les exigences commerciales, par la conversion d'autres bromes français ou étrangers.

«	<i>Iodures de plomb</i>	} Employés seulement dans la pharmacie. Ils donnent lieu à une production très-restreinte.
«	<i>Iodures de mercure</i>	
«	<i>Iodate de potasse</i>	
«	<i>Bromate de potasse</i>	

4,800 kil. *Soufre brut*. — Trouve son emploi dans plusieurs industries.

7,600 hect. *Marc de soude*. — Livré à l'agriculture, ce résidu qui, pour 100 de matière sèche, contient 22,40 de carbonate de chaux, 9,47 de phosphate de chaux, alumine, fer, fournit un amendement très-précieux et très-recherché pour les terres des environs de Cherbourg où le carbonate de chaux manque.

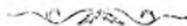
OUVRIERS.

Le salaire des ouvriers varie de 2 fr. à 3^f,50 par jour; il se trouve augmenté de 0^f,50 en moyenne, par suite de travaux supplémentaires, et, en outre, dans les crises alimentaires, les ouvriers reçoivent un supplément quotidien temporaire de 0^f,25.

Lorsqu'ils tombent malades, leur salaire leur est payé pendant toute la durée de la maladie; et, de plus, ils sont soignés, eux et leurs familles, aux frais de MM. Cour-

nerie, par un médecin rétribué spécialement à cet effet.

Enfin, MM. Cournerie contribuent mensuellement, par moitié, dans les frais d'une assurance qui, en cas de blessures graves ou de mort, donne à l'ouvrier blessé une rente viagère de 300 fr., ou à la veuve et aux enfants une indemnité de 2,000 fr.



DÉNATURATION ET UTILISATION

DES

RÉSIDUS DES FABRIQUES DE SOUDE ET DE CHLORE

RÉGÉNÉRATION DU SOUFRE.

La Société anonyme des anciennes salines domaniales de l'Est a exposé les différents spécimens de ses diverses fabrications, et, entre autres, la série des produits résultant de l'exploitation industrielle d'un procédé qu'elle a fait breveter, et qui a pour objet : *la dénaturation et l'utilisation des résidus des fabrications du sel de soude et de l'hypochlorite de chaux*. Ce procédé, qui constitue un progrès considérable dans l'industrie de la soude, mérite d'être décrit avec détails, et j'emprunterai aux documents inédits que M. P. Buquet, directeur de la fabrique de Dieuze, a remis au Jury, la description exacte de cette importante amélioration.

On sait que la fabrication du carbonate de soude et celle de l'hypochlorite de chaux, ordinairement réunies dans les usines qui traitent les dérivés du chlorure de sodium, ont pour conséquence fatale la production d'une quantité considérable de détritits solides, *marcs* ou *charrées de soude* (en poids à peu près égal à celui de la soude brute fabriquée), et de détritits liquides : *chlorure de manganèse*, toujours acide, généralement accompagné de sels de fer et souvent de chlorure

de barium, provenant des minerais de manganèse qui servent à la fabrication du chlore.

Ces résidus constituent pour le fabricant une perte sèche réelle, puisque tout le soufre employé à la production de l'acide sulfurique reste dans les charrées de soude; d'autre part, ils sont la source d'embarras et de difficultés de toute nature; il faut, en effet, de vastes emplacements pour loger les charrées de soude, et ensuite défendre à grands frais le voisinage des fabriques de l'action nuisible et délétère du chlorure acide de manganèse et des liqueurs sulfureuses que le drainage naturel des masses de charrées de soude entraîne dans les cours d'eau ou fait pénétrer dans les terres.

Depuis longtemps, l'attention de l'industrie soudière a été appelée sur cette situation; aussi bien par son intérêt direct que par les avertissements de l'administration publique, et presque tous les moyens préservatifs ont été tentés.

En ce qui concerne les chlorures de manganèse :

Tantôt après les avoir laissés se clarifier dans de grands bassins, on les neutralise par de la pierre à chaux pour en opérer la transformation en chlorure de calcium qu'on peut, sans crainte, rejeter dans les cours d'eau.

Tantôt on les dessèche dans les fours à réverbère avec un excès de calcaire.

D'autrefois, on les emploie, mais seulement partiellement, à la préparation du chlorure de barium, qui sert ensuite à la fabrication du sulfate de baryte précipité ou blanc fixe.

Enfin, à l'étranger, on régénère encore le bioxyde de manganèse suivant des procédés qu'interdit à l'industrie française le haut prix du charbon.

Quant aux charrées de soude :

Les uns les enfouissent à plusieurs mètres et les recouvrent ensuite d'une couche de terre végétale d'une certaine épaisseur.

Les autres les traitent, après une longue oxydation à

l'air (1), par une solution d'acide hydrochlorique, pour en retirer, en partie, le soufre qu'elles retiennent.

Presque tous ces moyens sont des palliatifs plutôt qu'un remède complet; leur emploi ne peut être généralisé, et ne s'adressant, d'ailleurs, les uns et les autres, qu'à un seul des résidus, ils sont, pour la plupart, sans profit pour l'exploitant auquel ils laissent toutes les charges, toutes les dépenses, sans le rémunérer d'une manière suffisante.

Le problème à résoudre restait donc entier et se posait en ces termes :

Dénaturer simultanément les résidus solides et liquides des fabrications qui nous occupent, et en extraire des produits d'un emploi rémunérateur pour l'industrie.

La Société de Dieuze, après plusieurs années de recherches, est arrivée, grâce à l'habileté de son directeur, à la solution de cet important problème, et elle exploite industriellement, aujourd'hui, un procédé dont la description va suivre :

1° On observe que les charrées de soude, oxydées à l'air, se transforment, après un laps de temps plus ou moins long, en deux séries d'éléments.

Les uns insolubles	<ul style="list-style-type: none"> Sulfate de chaux. Carbonate de chaux. Silicate de chaux. Silicate d'alumine. Silicate de magnésie. Soufre, débris de coke, briques.
Les autres solubles	<ul style="list-style-type: none"> Polysulfure de calcium, contenant, d'après les recherches de M. Pelouze, une certaine quantité d'hydrosulfate de sulfure de calcium. Polysulfure de sodium. Hyposulfite de chaux. Hyposulfite de soude. Sulfate de soude. Chlorure de sodium. Sulfate de chaux (plus facilement soluble à cause de la présence des polysulfures).

(1) 8 ou 10 mois.

Si donc on les abandonne en cet état à l'action simultanée des eaux pluviales et de celles qu'elles contiennent nécessairement, les produits solubles se dissolvent bientôt et produisent une liqueur alcaline, sulfurée, à un degré de concentration variable ;

2° Les chlorures acides de manganèse se composent de :

Chlorure manganoux	22, »	} Composition moyenne
Id. ferrique	5,30	
Id. barytique.....	1,06	
Chlore libre.....	0,09	
Acide hydrochlorique.....	6,80	
Eau	64,35	

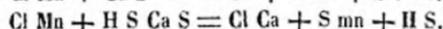
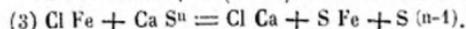
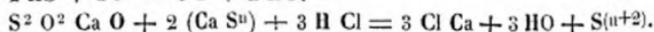
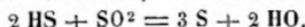
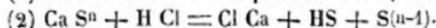
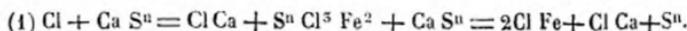
et chlorures de calcium, magnésium, aluminium, cobalt et nickel.

En faisant réagir le chlorure acide de manganèse sur la charrée ou sur les eaux de drainage qui en proviennent, on obtient successivement :

1° La précipitation d'une quantité de soufre correspondant à la proportion de chlore libre et de chlorure ferrique (ce dernier étant ramené à l'état de chlorure ferreux) (1) ;

2° La précipitation de soufre et un dégagement d'hydrogène sulfuré correspondant, d'un côté, à la proportion d'acide hydrochlorique libre dans le chlorure acide de manganèse, et de l'autre, à l'état de polysulfuration du calcium et à la proportion d'hyposulfite calcique existant dans la liqueur (2) ;

3° La précipitation d'abord de sulfure de fer, et ensuite de sulfure de manganèse, accompagnés d'une précipitation de soufre, et, en outre, d'un dégagement d'hydrogène sulfuré, si les liqueurs jaunes renferment de l'hydrosulfate de sulfure de calcium (3).



Il résulte, de l'ensemble de ces réactions, que l'opération réalisée sur une grande échelle donne lieu à un abondant dégagement d'hydrogène sulfuré, dont la décomposition ne se fait pas aussi facilement que l'indique la théorie, et ce dernier gaz présente, dans les manipulations industrielles, des difficultés sérieuses.

Les premières expériences auxquelles s'est livré le directeur de l'usine de Dieuze ont signalé ce fait qu'une petite quantité d'hydrogène sulfuré dans l'atmosphère occasionne des ophthalmies assez sérieuses pour obliger les ouvriers à plusieurs jours de repos, enfin, il se dégage en quantité suffisante pour qu'il en résulte une véritable infection de l'air, à ce point que les oiseaux, passant à plusieurs mètres au-dessus des bassins de travail, tombaient foudroyés.

On ne peut, conséquemment, pas opérer dans de telles conditions, et il faut en arriver à recueillir le gaz hydrogène sulfuré, à le brûler, pour le transformer en acide sulfureux, dont les emplois sont connus. Cette installation, qui n'est pas sans danger pour les ouvriers, exige un capital relativement considérable, et l'industriel doit se demander si les résultats qu'il est possible d'atteindre justifient suffisamment une telle dépense.

Au point de vue de la mise en œuvre industrielle, la question était donc de réaliser une combinaison qui, tout en faisant rendre à la charrée de soude la totalité du soufre qu'elle peut abandonner, évitât le dégagement d'hydrogène sulfuré ou le réduisît à de telles proportions, que la présence de ce gaz ne fût plus, en aucune façon, nuisible.

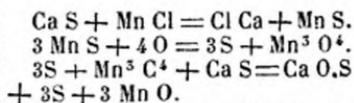
Or, M. Buquet a reconnu que, si la charrée de soude, à sa sortie des appareils de lixiviation de la soude brute, est mélangée, soit directement avec une certaine proportion de sulfure de fer et de manganèse, ou, plus simplement, à une certaine quantité de chlorure de manganèse, dont les sels de fer et de manganèse sont transformés en sulfures, si ce mélange, mis en tas, est abandonné à

l'air, remué de temps à autre et maintenu à un certain degré d'humidité par un mince filet d'eau, les sulfures métalliques, absorbant l'oxygène de l'air, se transforment en soufre libre et en peroxydes métalliques; ces derniers, en présence d'un excès de sulfures de calcium, se réduisent de nouveau en sulfures de fer et de manganèse qui, au bout de peu de temps, s'oxydent à leur tour au contact de l'air, et ainsi de suite. L'oxygène de ces oxydes se combine à du sulfure de calcium donnant naissance, soit à de l'hyposulfite de chaux, soit à des oxysulfures solubles encore peu étudiés, dont la composition se rapproche beaucoup de la formule Ca O.S .

Enfin, le soufre, mis en liberté par les oxydations successives des sulfures métalliques, se combine à du sulfure de calcium pour constituer du polysulfure de calcium soluble dans l'eau (1).

C'est sur cette observation qu'est basé le procédé actuellement en exploitation à Dieuze, et dont les différentes phases sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

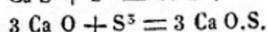
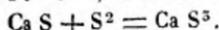
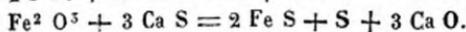
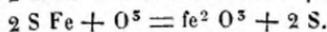
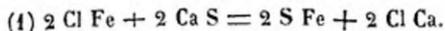
1° Arrosage des charrées par le chlorure neutre de manganèse; leur oxydation à l'air;



3 Mn O + O = Mn⁵ O⁴ qui, en présence d'un excès de Ca S (charrée), recommence la même action, et ainsi de suite.

Si le manganèse contient du fer, ce qui est le cas général, les mêmes réactions ont lieu.

2° Lessivage méthodique produisant les eaux sulfurées, dites eaux jaunes, renfermant des polysulfures, oxysulfures et hyposulfite de calcium;



3° Neutralisation du chlorure d'acide de manganèse par les eaux jaunes, production du soufre;

4° Utilisation de la petite quantité d'hydrogène sulfuré provenant des polysulfures;

5° Précipitation du fer par les eaux jaunes (les sels de fer se précipitent avant ceux de manganèse);

6° Précipitation du manganèse;

7° Egouttage et séchage des sulfures;

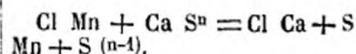
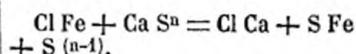
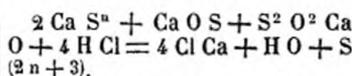
8° Grillage des sels de fer et de manganèse;

9° Séparation par dissolution et décantation du sulfate de manganèse et du bioxyde qu'on peut employer dans les verreries;

10° Fabrication de l'acide nitrique ou production de gaz nitreux par la double décomposition des cendres et du nitrate de soude;

11° Séparation par décantation du sulfate de soude et du bioxyde de manganèse qui peut être employé utilement à la fabrication du chlore;

12° Cristallisation du sulfate de soude ou son traitement par le chlorure de calcium des opérations 5 et 6 pour donner facilement le sulfate de chaux qu'on utilise en papeterie.



Composition des cendres de sulfure de manganèse :

Sulfate de protoxyde de manganèse	44 80	} 100
Bioxyde de manganèse	18 90	
Protoxyde de manganèse	36 60	

Le résidu, après lessivage, contient p. 0/0 :

Bioxyde de manganèse	34 06	} 100
Protoxyde de manganèse	65 94	

Le résidu se compose de :

Sulfate de soude	41 80	} 100
Bioxyde (Mn O ²)	32 30	
Protoxyde (Mn O)	25 90	

Le précipité présente la composition suivante :

Mn O ²	55 50	} 100
Mn O	44 50	

Passons maintenant à la description de chacune de ces opérations.

I. OXYDATION DES CHARRÉES.

Les charrées de soude sont étendues sur le sol, dans l'état où elles sont rejetées des appareils du lessivage de la soude brute; on les arrose avec la proportion suivante de chlorure de manganèse, qui a été indiquée comme la plus convenable par la pratique.

7 à 8 litres à 30° B pour 100 kil. de charrée; on a soin de neutraliser, préalablement, ce chlorure par une petite addition de chaux, pour éviter le dégagement d'hydrogène sulfuré (au lieu de chaux, on peut aussi avantageusement faire usage d'une vieille charrée longtemps exposée à l'air et, par suite, fortement oxydée, qui ne dégage plus d'hydrogène sulfuré). On fait un mélange aussi intime que possible, puis on relève la charrée ainsi traitée en tas, dont la hauteur ne doit pas dépasser 1^m,50 à 2^m; au bout de trois jours environ, on retourne la masse et bientôt, la réaction commençant, elle s'échauffe et se dessèche. De temps à autre, on la retourne de nouveau, afin de faciliter l'action oxydante de l'air et changer les surfaces de contact; on l'arrose légèrement; la température continue à s'élever, et au bout de 8 à 10 jours, elle atteint un degré suffisant pour la fusion du soufre.

Pour se rendre un compte exact de la marche des réactions, on a laissé quelques tas de charrées à l'air pendant 15 à 18 jours, le soufre s'enflammait spontanément, la masse restait incandescente, pendant un temps plus ou moins long, en donnant un dégagement abondant de SO², et les cendres ne produisaient plus ensuite que des quantités insignifiantes d'eaux jaunes.

La pratique et de nombreux essais ont montré que l'oxydation est alors convenable pour qu'un lessivage subséquent, quand il est bien conduit, fournisse une liqueur renfermant à peu près la totalité des produits sulfurés de la charrée transformés en composés solubles.

II. LESSIVAGE DES CHARRÉES OXYDÉES.

Le lessivage que M. Buquet a adopté est basé sur le même principe que celui qui est en usage pour la soude brute; de grandes cuves en maçonnerie, pouvant recevoir, chacune, la quantité de charrées du jour, sont mises en communication, par des tuyaux prenant ouver-

ture par le bas, sous un faux fond, percé de trous, qui supporte les charrées; l'eau douce ou les petites eaux provenant d'une opération antérieure sont versées sur la plus ancienne charrée, et le mouvement s'établissant en raison des différences de densités, il s'écoule, par la dernière cuve, un liquide d'un beau jaune orange, titrant de 14° à 16° B, et présentant la composition suivante :

Soufre total. 6,516 p. 100 parties	La formule rationnelle, fort probable, est celle-ci :
Calcium.... 2,468 "	Ca O S O ⁵ 0 36
Chlore..... 0,172 "	(1) Ca O S..... 0 45
9,156	Ca O S ² O ² 2 80
	Ca S ⁵ 4 89
	Ca S ⁴ 0 48
	Ca Cl..... 0 28
	9 26
	au lieu de 9,156, à cause de l'oxygène qui s'ajoute.

On lave de nouveau la charrée épuisée jusqu'à 0° B. Après un égouttage qui s'opère très-rapidement dans les cuves mêmes, à la faveur du faux fond percé, on peut vider la cuve et rejeter la terre qu'on en retire et dont voici l'analyse :

Sulfate de chaux.....	66,248
Carbonate de chaux.....	1,320
Chaux.....	20,982
Fer et alumine.....	7,000
(Mn ⁵ O ⁴) sesquioxyde de manganèse...	1,500
Matières insolubles.....	2,800
	<u>99,850</u>

Elle peut donc être déposée dans un lieu quelconque; elle ne fournit, sous les influences atmosphériques, aucune liqueur de drainage nuisible, ni même gênante

(1) Pour connaître la quantité de Ca O.S, voici comment on a opéré :

25 grammes d'eaux jaunes ont été précipités par un excès de chlorure de zinc neutre; le précipité a été séché et traité par le sulfure de carbone; le précipité nouveau, composé de sulfure et d'oxyde de zinc, a été traité par l'ammoniaque, l'oxyde de zinc a été dissous, et ce dernier précipité, par le sulfhydrate d'ammoniaque, a indiqué l'équivalent de Ca O.S.

pour le voisinage; réduite considérablement de volume, elle occupe moins de place, et sa composition indique qu'elle devient même, pour certains terrains, un excellent amendement.

III. NEUTRALISATION DU CHLORURE ACIDE DE MANGANÈSE.

Les chlorures acides de manganèse sont amenés de l'atelier de chlorure de chaux, au moyen d'une conduite, dans de grands bassins en pierre de grès, dont les joints, soigneusement faits au brai, sont inattaquables aux acides; les premiers bassins servent de dépôts aux matières étrangères, mécaniquement entraînées.

Après la clarification, le liquide est siphonné dans un second bassin également en pierre, plus grand que les précédents et placé à un niveau inférieur; en même temps, on y fait arriver les eaux jaunes recueillies dans un réservoir situé au pied des cuves de lessivage; les liquides, aussitôt en contact, donnent une abondante précipitation de soufre, généralement mélangé à une petite proportion de sulfate de baryte provenant du minerai de manganèse employé. Le soufre est pêché dans le bassin au moyen d'une petite drague, jeté sur des égouttoirs, puis séché ou fondu sous pression dans un générateur à vapeur, et, enfin, employé à la fabrication de l'acide sulfurique.

On obtient généralement 56^k,8 de soufre par mètre cube d'eaux jaunes.

La fin de cette opération se reconnaît aisément à la couleur du précipité; dans les derniers instants, on obtient un peu de sulfure de fer coloré en noir, l'ouvrier doit alors arrêter l'arrivée des eaux jaunes.

V. UTILISATION DE L'HYDROGÈNE SULFURÉ.

Nous avons dit qu'il se dégage des traces d'hydrogène sulfuré dû à la présence des polysulfures ou d'hydrosulfate de soufre. Ce dernier existe rarement dans les eaux préparées par le procédé de M. Buquet; en effet, il

s'oxyde en présence des oxydes manganiques produits par l'action du chlorure de manganèse. Il est facile, vu la très-petite quantité d'hydrogène sulfuré, d'empêcher sa dilution dans l'atmosphère, et voici, à cet effet, l'appareil employé à Dieuze.

Un cône métallique est placé dans le bassin de neutralisation; sur ses parois et à moitié de la hauteur environ, sont percés deux orifices à travers lesquels passent deux tuyaux qui, se recourbant à l'intérieur du cône, vont plonger jusqu'à quelques centimètres de sa base; deux autres orifices, placés à un niveau un peu supérieur à celui des premiers, font l'office de déversoirs; par les deux tuyaux plongeurs, on fait arriver simultanément les deux liquides; la réaction s'opère à l'intérieur du cône, l'hydrogène sulfuré se dégage à la partie supérieure par un tuyau qui l'amène au-dessus d'un petit foyer toujours incandescent, et placé à une distance d'environ 10 mètres; il se brûle (1), et l'acide sulfureux formé est conduit dans une cuve en bois, doublée en tôle, remplie aux $\frac{2}{3}$ environ de sa hauteur d'eau sulfurée jaune; le liquide est agité au moyen d'une petite roue à aubes; l'acide sulfureux agit jusqu'à neutralisation à peu près complète de la liqueur, et la solution d'hyposulfite de chaux, ainsi obtenue, est transformée par les moyens connus en hyposulfite de soude. Le dépôt sulfuré est retiré et traité comme le précédent.

V. PRÉCIPITATION DU FER.

Le chlorure de manganèse, laissé dans les bassins de neutralisation, après enlèvement du soufre, contient encore la presque totalité des sels de fer et tous ceux de manganèse.

(1) Cette opération exige quelques précautions pour éviter les mélanges détonants ou l'inflammation trop subite d'une grande quantité de H S, qui pourrait donner lieu à des explosions.

Il est très-important, en vue des phases ultérieures, de les séparer les uns des autres, ce qui est, du reste, rendu facile par la propriété bien connue dont jouissent les sels de fer, de se précipiter les premiers, quand on les traite dans une dissolution par un réactif capable de précipiter aussi les sels de manganèse.

Voici la disposition à laquelle M. Buquet s'est arrêté :

Une pompe, mue par une des machines à vapeur de l'usine, puise, d'une part, le chlorure de manganèse, et, d'autre part, les eaux jaunes déposées dans un réservoir *ad hoc*; les deux liquides sont successivement déversés dans un premier bassin creusé en terre et dont le sol et les parois sont recouverts d'une épaisse couche d'argile bien damée; la réaction s'opère, on la facilite par une agitation répétée de temps à autre, et on fait affluer l'eau sulfurée tant que le liquide affecte la couleur noire due au précipité de fer; la quantité d'eaux jaunes à employer, quantité qui est indiquée par un essai, est variable suivant la qualité des manganèses traités.

L'ouvrier, d'ailleurs, est averti de la fin de cette réaction par le changement de couleur du précipité qui vire au jaunâtre dès que le sulfure de manganèse apparaît. On arrête alors l'arrivée des eaux jaunes; on laisse le dépôt s'opérer, et l'on recommence la même opération dans un bassin voisin.

Le dépôt étant effectué, on retire le mélange de soufre et de sulfure de fer contenant généralement, à l'état sec, 45 p. 0/0 de soufre, et on le dépose dans une cuve dont le sol, formé de briques placées de champ et sans mortier, opère une sorte de drainage; après quelques jours, il est repris, desséché et grillé dans un four à pyrites menues; les cendres, comme celles du soufre, n'ont aucune valeur et sont déposées avec les autres détritres de l'usine.

VI. PRÉCIPITATION DU MANGANÈSE.

Les sels de fer étant ainsi éliminés, les liqueurs sont déversées dans un bassin inférieur au moyen d'une vanne s'ouvrant par le haut, de manière à opérer une véritable décantation; la pompe amène une nouvelle quantité d'eaux jaunes, et, en agissant exactement comme il a été dit, on précipite tous les sels de manganèse; il ne reste, finalement, qu'une liqueur claire et limpide qui n'est plus que du chlorure de calcium mélangé d'un peu d'hyposulfite de chaux.

Le dépôt constitué par un mélange de soufre et de sulfure de manganèse est traité comme celui de fer et brûlé séparément, de manière à obtenir les cendres, dont on verra l'emploi dans la suite; il contient ordinairement 56 à 57 de soufre (1).

Le chlorure de calcium traverse successivement, ensuite, trois autres bassins dans lesquels il dépose les parties solides qu'il peut entraîner, et, enfin, s'écoule dans les cours d'eau.

A ce point de l'opération, la première partie du problème est résolue : *la dénaturation des résidus*; nous avons, d'une part, sous forme solide, une matière inerte, sulfate de chaux, carbonate de chaux, etc., etc.; d'autre part, un liquide inoffensif, le chlorure de calcium qui, étendu dans un grand volume d'eau, ne peut exercer et n'exerce, en réalité, aucune influence fâcheuse, aux différents points de vue de la pisciculture, de l'horticulture, de l'emploi mécanique de l'eau, et, en général, de tous les usages dont elle est susceptible dans la traversée des lieux habités.

(1) Le dépôt de fer est moins riche en soufre que celui de manganèse; cela tient à la présence du sulfate de baryte produit en plus ou moins grande quantité par le manganèse, et qui, se précipitant avec le fer, diminue nécessairement la quantité pour 0/0 de soufre dans le magma ferrifère.

Nous allons décrire maintenant la seconde partie qui a pour but : *l'utilisation des résidus*.

Nous avons dit, précédemment, ce que devient le soufre ; dans les différents états où il a été obtenu, il produit l'acide sulfureux qu'on envoie dans les chambres de plomb.

TRAITEMENT DES CENDRES. SÉPARATION DU SULFATE
ET DU BIOXYDE DE MANGANÈSE.

La composition des cendres des sels de manganèse a été indiquée plus haut ; on jette ces cendres dans un cuvier et on les lave à l'eau douce ; le sulfate de manganèse soluble reste dans la liqueur, et le précipité, qui est un mélange de bioxyde et de protoxyde de manganèse dans la proportion de 35 à 37 p. 0/0 de bioxyde, est bien lavé et séché, ne contenant généralement pas de fer ou seulement des traces infiniment petites de ce métal ; il peut être employé dans la fabrication du verre pour combattre la coloration due au fer. Il est probable que la présence du sulfate de manganèse ne gênerait nullement l'action et l'emploi des oxydes de manganèse, par la même raison qu'on peut employer le sulfate de soude, au lieu du carbonate de soude, dans la composition pour verre ; il s'ensuit que les cendres provenant du grillage du sulfure de manganèse pourraient bien être livrées directement aux verreries sans lixiviation préalable.

UTILISATION DU SULFATE DE MANGANÈSE POUR LA FABRICATION
DE L'ACIDE NITRIQUE.

On sait que, pour engendrer le gaz nitreux, il suffit de chauffer ensemble l'acide sulfurique et le nitrate ou azotate de soude ; l'acide sulfurique est avantageusement remplacé, dans cette opération, soit par les cendres manganésifères, soit par la dissolution concentrée de sulfate de manganèse, l'opération se conduit comme à l'ordinaire ; les gaz nitreux se rendent dans les chambres

de plomb si l'on veut fabriquer de l'acide sulfurique, ou bien ils vont se condenser dans l'eau sous l'influence de l'oxygène de l'air pour former l'acide nitrique du commerce (1).

Le résidu qu'on retire des chaudières contient (ainsi que nous l'avons indiqué plus haut) du sulfate de soude et du bioxyde de manganèse titrant dans le deuxième cas 65 à 70 p. 0/0 de bioxyde, et dans le premier 55 p. 0/0 ; le titre étant abaissé par la présence du protoxyde qui reste dans le mélange.

Leur séparation s'obtient par un simple lavage et une décantation.

NOTA. Quand on veut obtenir un minerai de manganèse plus riche, il faut remplacer, dans le mélange du premier cas, une partie du nitrate de soude par l'acide nitrique, et ne laisser que la quantité de nitrate nécessaire pour la suroxydation du protoxyde de manganèse. Cette application est très-utile à côté d'une fabrication de chlorure de chaux ; le minerai, ainsi régénéré, n'atteint pas, à beaucoup près, un prix aussi élevé que celui que l'on trouve dans le commerce.

Le sulfate de soude, obtenu en dissolution, est calciné dans des fours à réverbère et peut être traité dans les fours à soude.

Si, au lieu d'agir ainsi, on le met en présence de la solution claire et limpide de chlorure de calcium, rejeté après la précipitation des sels de fer et de manganèse, on obtient un précipité formé de sulfate de chaux très-blanc et en fibres d'une certaine longueur, si l'on a le soin d'imprimer au liquide pendant l'action un mouvement giratoire.

Ce précipité est employé, au lieu de kaolin, dans les fabriques de papier. Cette application n'est point nou-

(1) $2 \text{S O}^3 \text{Mn O} + \text{Az O}^5 \text{Na O} = 2 \text{S O}^3 \text{Na O} + \text{Mn}^2 \text{O}^5 + \text{Az O}^4$
 $\text{S O}^3 \text{Mn O} + \text{Az O}^5 \text{Na O} = \text{S O}^3 \text{Na O} + \text{Mn O}^2 + \text{Az O}^4.$

velle; mais le sulfate, ainsi obtenu, présente, sous le rapport commercial, des avantages que ne peut offrir celui qui est fabriqué de toutes pièces.

Ainsi donc, une usine obtenant par jour :

20,000 litres de chlorure de manganèse et

30,000 kil. charrées de soude peut recueillir :

1,400 kil. soufre pur,

2,200 » soufre à l'état de sulfures,

770 » bioxyde de manganèse à 60 p. 0/0,

20 » hyposulfite de chaux,

600 » environ, sulfate de chaux sec.

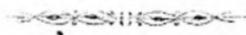
Tel est le procédé dont l'usine de Dieuze a pris le brevet qu'elle exploite depuis un an, et qui doit être considéré, dès aujourd'hui, comme passé dans le domaine de la pratique. Il y a lieu de croire, cependant, que l'application régulière et continue de ces procédés apportera encore quelques perfectionnements aux opérations décrites, quelque simples et peu coûteuses qu'elles soient déjà.



FORGES ET SOUFFLERIES

FIXES OU MOBILES

DE MM. ENFER ET SES FILS



L'invention de MM. Enfer est caractérisée par des perfectionnements qui sont applicables aux souffleries ou forges fixes ou portatives ; quelques-uns de ces perfectionnements se rapportent à la commande des soufflets, et ont pour but de bien guider les tiges, d'autres facilitent un changement dans la longueur de la course des pistons.

Ces habiles mécaniciens ont aussi établi un petit four pour braser, recuire ou souder de grandes longueurs et qui peut s'adapter sur tous genres de soufflerie, ainsi que sur les forges portatives.

Enfin, leur invention se rapporte encore à la disposition d'une forge portative avec étau, caisse à outils, etc., qui convient très-bien aux travaux de chemins de fer, des ponts et chaussées, pour les forges de campagne, etc.

DESCRIPTION.

La fig. 1, pl. 58, représente la vue de face et en élévation d'une soufflerie double ;

La fig. 2 est une vue de côté correspondante.

C'est à cette soufflerie que MM. Enfer ont adapté, comme exemple, un système de commande qui permet de guider parfaitement la marche des tiges des pistons, sans le secours d'aucune pièce et qui a aussi pour avantage de diminuer la hauteur de l'appareil.

Chacune des tiges *a* est reliée à une petite manivelle

plate *b*, fixée par des vis sur le moyeu d'un pignon *c* qui tourne sur le bouton de la manivelle *M*, forgée avec l'axe *m*, ou bien qui est rapportée et calée à la manière ordinaire.

Le pignon *c* engrène avec une couronne *C* dentée intérieurement et qui est d'un diamètre double de celui du pignon ; cette couronne est fixée par des entretoises *i* au support de l'axe *m* ; or, dans ces conditions, le point d'attache de la tige *a* étant sur le cercle primitif du pignon *c* qui tourne sur lui-même dans la roue intérieure, ce point d'attache décrit fortement une épicycloïde droite dans le plan vertical.

Il en résulte que la tige *a* ne peut varier d'aucune façon de la marche parfaitement rectiligne et verticale qu'elle doit avoir.

L'axe *m* porte une roue d'angle *g* que commande une roue semblable *g'*, calée sur l'arbre transversal *n*, qui reçoit le mouvement d'un moteur quelconque, par les poulies fixe et folle *P* et *P'* ; ces poulies peuvent être remplacées par une manivelle, pour la commande à la main. La commande doit se faire le plus généralement pour marcher au moteur, en plaçant les poulies directement sur l'arbre *m*, comme l'indiquent les lignes bleues (fig. 1). Dans ce cas, les roues d'angle *g* et *g'* sont supprimées. En plaçant les manivelles *M* à angle droit, on obtient un vent très-régulier. *S* et *S'* sont les caisses à soufflets, munies chacune de deux soupapes d'aspiration *s' s'* ; et *R* est le réservoir dont la partie supérieure est enlevée fig. 1, qui emmagasine l'air et l'envoie par la tubulure ou tube *r* partout où il est nécessaire.

Cet appareil, que nous venons de décrire, peut être appliqué aux hauts-fourneaux, aux cubilots pour fonderies de fer, de cuivre, etc.

Les fig. 3 et 4 montrent, en vue de côté et en vue de face, un genre de commande qu'on peut appliquer indifféremment aux soufflets à deux et à quatre vents, en remplacement des branloires.

Chaque tige *a* qui commande le soufflet est reliée par le lien *l* au levier *L* qui oscille en *l'*; le levier *L* est à coulisse pour recevoir le goujon *o* qui appartient au plateau rainé *O*. Ce goujon peut être ajusté dans la rainure *x* du plateau, de manière à ce qu'en le rapprochant plus ou moins du centre du plateau, on puisse faire varier la course de la tige *a*.

Chaque plateau *O* est calé à l'extrémité de l'arbre de commande *n* qui porte les poulies fixe et folle *P* et *P'*.

Dans le cas où il se produirait un dérangement dans le mécanisme, on pourrait adapter un levier à l'extrémité de la coulisse du levier *L*, ce qui permettrait de commander à la main.

On peut remplacer le levier ou bielle *L* par un secteur et une chaîne et faire usage, à la place de la coulisse, d'une bielle et d'une chape.

La fig. 5 représente, en vue extérieure longitudinale, l'ensemble d'une forge portative qui peut être employée en campagne pour l'armée, ou être appliquée à tous les travaux de chemins de fer, de ponts et chaussées, etc.

En *S* se trouve le soufflet proprement dit, qui alimente d'air le foyer *F*, au-dessous duquel est disposée une caisse à outils *R*, dont la porte peut être fermée à clef; sur le devant, et appuyée directement sur l'avant-train, se trouve la caisse à charbon *J*.

En *V*, il y a un autre compartiment pour les outils.

Derrière le cylindre qui renferme le soufflet, nous avons installé un étau à pied *U*, le soufflet est commandé à la main par le levier à secteur *T*, qu'on met en mouvement par l'intermédiaire de la chaîne *t*.

La fig. 6 montre, en section longitudinale, un petit four qu'on peut facilement appliquer aux forges portatives et à tous genres de souffleries.

La fig. 7 est une section transversale faite suivant la ligne 1-2.

Ce four qui permet de recuire, de braser ou de souder de grandes longueurs, se compose d'une sorte de caisse

N garnie en terre réfractaire et sur la sole de laquelle se place le demi-tube en fonte q , fendu longitudinalement, comme on le voit sur les figures, et aux deux extrémités duquel débouchent deux tuyères T et T'.

Le vent, amené par ces tuyères, se répand régulièrement dans toute la longueur de la boîte par la fente.

DESCRIPTION DE LA FORGE N° 2 (PL. 59).

La capacité cylindrique renferme le mécanisme intérieur, et est divisée en deux compartiments ; A' soufflet, A réservoir, séparés par une cloison en fonte B, sur laquelle est fixé le piston en cuir C, formant soufflet fermé à son extrémité par un plateau en fonte H, sur lequel est vissée la tringle G.

Le piston C' est fixé sur le plateau F, formant réservoir avec l'intérieur du cylindre A servant à régulariser le volume d'air à l'aide d'un ressort conique E fixé dans la capacité intérieure du piston C', qui le maintient élevé, lorsque l'air pénètre dans le réservoir A par les ouvertures $f f'$ des conduits à soupapes $b b'$, force celui-ci à se baisser.

C'est à la partie inférieure du compartiment A' et AB que se trouve l'entrée des orifices des soupapes d'aspiration $a a'$, qui sont disposées comme on le voit dans la coupe ; il en résulte que, lorsqu'on abaisse le levier L, le piston C, en se développant, monte, et l'air pénètre dans la capacité AB par la soupape a .

L'air qui se trouve dans la capacité A' pénètre dans la capacité A par le conduit f de la soupape b . Lorsque le levier L remonte, le piston C redescend, et l'air pénètre dans la capacité A' par la soupape a' .

L'air compris dans la capacité AB pénètre dans la capacité A par le conduit f , et l'air du réservoir, refoulé continuellement, montant et descendant du piston C, pénètre par le conduit D à la tuyère D'.

DESCRIPTION DE LA FORGE N^o 3^{bis} ET DU SOUFFLET
DE FORGE N^o 5^{bis} (PL. 59).

Le soufflet se compose de deux plateaux en fonte, dont l'un inférieur et l'autre supérieur, divisés en deux compartiments par les cylindres. A' soufflet et A réservoir, le piston en cuir C, formant soufflet, est fixé sur le plateau inférieur de la capacité A'; la partie supérieure du piston est fermée par un plateau en fonte, sur lequel est vissée la tringle G.

Dans la capacité A est fixé, à la partie supérieure du plateau, un piston C' fermé à son extrémité par un plateau en tôle, formant réservoir avec l'intérieur du cylindre, et servant à régulariser le volume d'air à l'aide d'un ressort conique E fixé dans la capacité intérieure du piston C, qui le maintient allongé, lorsque l'air pénètre dans le réservoir A par les ouvertures $f f'$ conduisant aux soupapes $b b$, force celui-ci à se plier sur lui-même.

C'est sur le plateau inférieur des capacités A' et AB, que se trouvent les orifices f et f' .

Les sièges d'aspiration a et a' sont disposés comme on le voit dans la coupe.

Il en résulte que, lorsqu'on abaisse le levier L, le piston C, en se développant, monte, et l'air pénètre dans la capacité AB par la soupape a . L'air qui se trouve dans la capacité A' pénètre dans la capacité A par le conduit f' et la soupape b' .

Lorsque le levier remonte, le piston redescend, et l'air pénètre dans la capacité A' par la soupape a' . L'air compris dans la capacité AB pénètre dans la capacité A par le conduit f de la soupape b' . L'air du réservoir, refoulé continuellement par le mouvement montant et descendant, pénètre à la tuyère D par le conduit D' fixé sur le plateau du soufflet.

Les pistons en cuir sont de forme cylindrique et sans

frottements, étant isolés des cylindres en tôle formant la partie extérieure des soufflets et réservoirs.

Ces pistons sont de forme régulière et maintenus à l'intérieur par des cercles ou disques en fil de fer.

Ces combinaisons intérieures nous permettent d'en diminuer les volumes, de conserver leur puissance de la régularité, et d'en faciliter le démontage et les réparations sans le secours d'ouvriers spéciaux.

Les pistons en cuir, étant placés à l'intérieur des cylindres, sont à l'abri des avaries extérieures.



INDUSTRIES CHIMIQUES

AGRICOLES, OU ANNEXES DE L'AGRICULTURE



AVANT-PROPOS.

Les industries chimiques dont nous avons à rendre compte sont, pour la plupart, des industries agricoles : elles empruntent au sol les matières premières sur lesquelles elles s'exercent, et lui restituent à l'état de résidus la plus grande somme des produits élaborés. Pour un petit nombre d'entr'elles, l'agriculture intervient indirectement, mais la chimie et la mécanique y ont une part non moins grande dans la préparation des substances animales et végétales, et, à ce titre, elles veulent être étudiées indistinctement par l'ingénieur et le cultivateur.

S'il n'y a d'agriculture prospère qu'autant que quelque industrie est annexée à l'exploitation du sol, il faut reconnaître qu'à l'exception des vins, des alcools, des huiles, des farines, il y a peu de produits que l'on extrait de toutes pièces et sous leur forme commerciale, à l'intérieur de la ferme. La sucrerie de betteraves, malgré tous les efforts tentés, n'a pu s'établir encore dans le domaine rural et rivaliser avec les usines installées sur les errements des autres manufactures. Les brasseries, les distilleries, les huileries, les moulins à vapeur, etc., se sont placés à portée des grands centres pour y profiter des meilleures conditions d'approvisionnement, de transport, de débouchés, d'outillage et de main-d'œuvre.

Si l'on considère, d'autre part, que les principales sources des revenus de l'État sont tirées des produits des arts agricoles les plus utiles, on se convaincra des difficultés que présente aujourd'hui, sous la pression de la

concurrence étrangère créée par les traités de commerce, la dissémination des fabriques de matières de grande consommation. Aussi, constate-t-on partout, pour obéir aux mêmes lois économiques, les mêmes tendances à concentrer le travail avec l'intervention des gros capitaux, dans le but de diminuer la main-d'œuvre, de suivre pas à pas les nouvelles applications de la science et d'abaisser les prix de revient.

Les Expositions universelles de 1862 et de 1867 ont révélé un certain nombre de procédés et d'appareils nouveaux que nous décrirons, en nous rappelant les services réels qu'ont rendus à l'industrie des produits chimiques proprement dits, les rapports remarquables de MM. Hoffmann, Stas, Chandelon, etc.

Nous divisons notre travail en deux parties; la première, qui traite des arts chimiques alimentaires; la seconde, qui embrasse les arts chimiques spécialement appliqués aux matières animales et végétales. Pour chacune des industries décrites, nous embrassons les progrès réalisés depuis une dizaine d'années, bien qu'imparfaitement rendus par les dernières expositions.



PREMIÈRE PARTIE

MATIÈRES ALIMENTAIRES

CHAPITRE PREMIER.

SUCRERIE.

La fabrication du sucre indigène a pris un développement considérable, surtout en Allemagne, en France et en Belgique. Le nombre des sucreries augmentant, la surface cultivée en betteraves s'est étendue, de manière à enrichir les contrées de production, à y créer le bien-être et à donner une puissante impulsion au commerce général. Ces résultats qui font de la culture de la betterave la base de tout un système d'agriculture améliorante, s'expliquent naturellement par l'emploi rémunérateur des résidus de sucreries et de distilleries à l'alimentation du bétail et à la fumure du sol, ainsi que par les façons répétées de la terre qui permettent d'élever le rendement moyen des autres récoltes.

En se reportant aux chiffres que renferme une pétition des agriculteurs et industriels du nord de la France, récemment adressée à l'Empereur par le syndicat des distillateurs, un hectare de betteraves donne :

- 50,000 kil. de racines,
- 1,000 fr. à la culture,
- 120 journées à l'ouvrier,
- 22 hectol. et 50 litres d'alcool au commerce,
- 35,000 kil. de pulpe à la ferme,
- 500 rations au bétail de l'espèce bovine,

500 kil. de viande à la boucherie,
 35 hectol. de blé à la consommation,
 2,250 fr. à l'État, sans compter les impôts et autres
 charges.

« Il n'est aucun produit de l'industrie agricole capable d'offrir de tels résultats. »

Dans le cas de la fabrication du sucre, 50,000 kilog. de racines par hectare représentent, pour un rendement de 7 p. 0/0, 3,500 kilog. de sucre.

« L'expérience, continuent les auteurs de la pétition, a démontré que la culture de la betterave accroît notablement la production du blé et celle de la viande. Le nombre des animaux de rente décuple dans les usines agricoles travaillant cette racine ; il augmente considérablement dans les fermes voisines qui reçoivent pour le bétail d'abondantes nourritures ; de là naturellement, un accroissement dans la production des matières fertilisantes et un rendement plus élevé de la terre. »

Au point de vue mécanique, l'industrie sucrière actuelle a réalisé des améliorations du même genre que celles des industries où la vapeur s'est substituée au travail de l'homme.

Au point de vue chimique, on a successivement essayé des procédés suggérés par la connaissance plus intime des éléments nuisibles à l'extraction du sucre, de façon à réduire les déchets, à améliorer la qualité, etc.

Au point de vue agricole, les fabricants ont favorisé la culture de racines plus riches en sucre, soit par des semis de graines meilleures, soit par l'adoption de nouveaux modes de culture ou de nouveaux engrais, soit enfin, en intéressant les cultivateurs à la teneur des betteraves.

Au point de vue économique, la fabrication est encore en voie de transformation. L'abaissement des prix de vente, sous l'influence de la plus grande production, forçait à diminuer les prix de revient ; on y est parvenu en

partie par la division du travail, par l'économie du combustible, du noir animal, etc. ; seulement, les appareils sont coûteux. L'intérêt, l'amortissement, l'entretien de l'outillage augmentent les frais généraux, et il faut à tout prix traiter des masses de plus en plus importantes de racines pour profiter de l'augmentation des rendements.

1. Méthodes de fabrication.

Dans le système de fabrication le plus généralement pratiqué, on râpe la betterave, on comprime la pulpe dans des sacs au moyen de presses hydrauliques et l'on fait passer le jus exprimé par une série d'opérations qui ont pour but de le débarrasser des impuretés par l'addition de chaux et par le filtrage sur du noir animal. Le jus est ensuite concentré par évaporation et cuit jusqu'à consistance sirupeuse ; enfin, le sucre est séparé de la mélasse à l'aide de turbines.

Malgré les perfectionnements mécaniques qui ont permis d'élever le produit de la fabrication ainsi succinctement exposée, les industriels et les savants ont porté tous leurs efforts sur la recherche des moyens d'améliorer la défécation des jus. Parmi les nombreux procédés plus ou moins brevetés auxquels ont conduit ces tentatives, quelques-uns n'ont donné lieu qu'à des essais ou à des applications restreintes ; d'autres sont entrés dans la pratique journalière ; nous ne citerons que les plus importants.

PROCÉDÉ ROUSSEAU. — Dès 1849, M. Émile Rousseau établissait le procédé de fabrication connu sous son nom, ou sous celui de *saturation*, mais qui remonte à Barruel et à M. Kuhlmann. Ce procédé était uniquement basé sur l'emploi d'une défécation méthodique, opérée par une quantité de chaux proportionnelle à celle des matières étrangères au sucre, contenues dans les jus, et comme conséquence, sur la neutralisation de la chaux à l'aide de

l'acide carbonique. Ce procédé qui exige l'emploi de 25 kilog. de chaux pour 1,000 litres de jus, a créé une véritable révolution dans la sucrerie; il a été appliqué depuis 24 ans dans toute l'Europe et a donné lieu à une série d'innovations et de perfectionnements de détail. Parmi les innovations, nous devons signaler celles de M. E. Rousseau lui-même. Ainsi, en 1861, il proposait de chauffer le jus sucré en chaudière avec quelques millièmes de sulfate de chaux, afin de réunir toutes les matières albuminoïdes coagulées en une écume compacte. Le jus clair, ainsi dépouillé, est ensuite agité avec du peroxyde de fer hydraté à une température inférieure à celle de l'ébullition qui fixe la matière colorable. Après la séparation de l'oxyde, il ne reste plus qu'à concentrer. Cette variante, bien que reposant sur des relations chimiques déterminées, n'a pas mérité grande application. C'est seulement en 1866, que M. E. Rousseau proposait de remplacer le peroxyde de fer par le sucrate de calcium, c'est-à-dire par une nouvelle combinaison de sucre et de chaux, solide, insoluble à froid, permettant de conserver sous cette forme et indéfiniment le sucre des jus ou sirops des fabriques et d'en rendre le transport ainsi que la production faciles dans les fermes. Comme conséquence de ce perfectionnement, M. Rousseau a inventé un nouveau noir décolorant dont le bas prix permet de l'envoyer comme engrais à l'agriculture, au lieu de le revivifier. Le travail des sucreries pour la revivification des noirs serait ainsi supprimé.

Tel qu'il est indiqué, le procédé Rousseau comprend donc le traitement des jus de betteraves bouillants par le plâtre en poudre qui détermine la précipitation des matières étrangères, sans provoquer l'altération du sucre et la formation d'une écume abondante. Dans le liquide soutiré à l'état limpide, on ajoute du sucrate de calcium provenant du traitement par la chaux des résidus d'une opération précédente. Le sucrate de calcium offre l'avantage sur le sucrate de chaux, d'enri-

chir les jus et de débarrasser la fabrication des mélasses. Cette seconde défécation n'exige, d'ailleurs, qu'un temps assez court et une température peu élevée. Après ce traitement, on reprend, par l'acide carbonique provenant de la calcination du sulfate de calcium, en présence du charbon. Il reste du sulfure de calcium qu'un grillage transforme de nouveau en sulfate.

PROCÉDÉ LEPLAY. — M. Leplay a pris beaucoup de brevets : un entr'autres consiste à déféquer avec excès de chaux, à ajouter ensuite une solution de chlorure de calcium, préparée en traitant le carbonate de chaux provenant de la carbonatation des jus par l'acide chlorhydrique sans excès, afin que le liquide ne soit pas acide. Dans le mélange obtenu, on fait barboter de la vapeur, et quand un léger trouble se forme, on verse, en quantité fixée à l'avance, de la soude caustique qui détermine la précipitation de la *totalité* du sucre à l'état de *sucrate de chaux* insoluble. Ce produit lavé à l'eau bouillante, puis égoutté, est carbonaté avec l'acide carbonique provenant de la préparation du chlorure de calcium. Le sucre mis en liberté est enfin traité comme à l'ordinaire.

Ce procédé appliqué au traitement des mélasses ne semble pas offrir des avantages économiques suffisants.

PROCÉDÉ PÉRIER, POSSOZ, CAIL ET C^{ie}. — MM. Périer, Possoz et C^{ie} ont modifié le procédé Rousseau primitif en introduisant la chaux dans le jus de betteraves avant son arrivée dans la chaudière à déféquer, et lorsqu'il est froid; en ne décantant pas le liquide trouble qui se forme dans la chaudière à déféquer, avant d'y faire passer l'acide carbonique; en répétant plusieurs fois le traitement du jus de betteraves par la chaux et l'acide carbonique.

Le but proposé, grâce au mode d'emploi plus méthodique de la chaux, est d'éliminer plus complètement les matières organiques étrangères dans le jus, de faire économie du noir animal dans le filtrage et de faciliter la cuite des sucres en grains qui peuvent être livrés presque

purs à des prix inférieurs à ceux des sucres raffinés.

Le jus étant chauffé de 50 à 60 degrés par la vapeur, on y ajoute 0,005 de chaux préalablement hydratée, puis on porte à l'ébullition, et après avoir interrompu la communication de la chaleur, on soutire au clair le liquide compris entre l'écume et le dépôt qui sont graduellement pressés, afin d'en extraire le plus de jus possible. Le jus limpide s'écoule directement dans les chaudières de *carbonation* où il est réchauffé au-dessous de 100° par la vapeur. On ajoute de nouveau dans ce liquide 0,01 de chaux et dès que le mélange est opéré, on sature à l'acide carbonique, fourni, soit par les gaz perdus des cheminées, soit par la décomposition du carbonate calcaire qui laisse, comme résidu, de la chaux parfaitement appropriée au traitement. Le gaz acide carbonique aspiré et refoulé par une pompe américaine est refroidi, puis épuré à l'aide de lavages, dans une cuve à diaphragmes horizontaux, d'une construction spéciale et, grâce à une circulation dans un tube vertical à chicanes, débouche dans l'une des chaudières couvertes d'une hotte surbaissée, jusqu'au moment où le jus ne contient plus que 0,001 à 0,002 de chaux.

La fig. *a* indique en croquis la disposition adoptée par les inventeurs pour le refroidissement et l'épuration du gaz acide carbonique (1) :

- E pompe aspirante et foulante, système américain rotatif ;
- BD colonne ou cuve laveuse ;
- CCC diaphragmes horizontaux couverts de 0,10 d'eau et percés de trous de 0^m,01 dont la section totale équivaut à celle des tubes B et D ;
- B tube d'arrivée du gaz dans la colonne ;
- D tube de sortie du gaz dans la colonne ;
- mm* tube d'arrivée de l'eau destinée au refroidissement ;
- nn* cuvettes des diaphragmes CC ;

(1) Rapport sur le procédé Possoz et Périer, par MM. Morin et Payen (*Annales du Conservatoire* 1860-61).

OO tubes trop-pleins pour l'eau qui s'écoule de chaque diaphragme ;

P tube trop plein en siphon renversé ;

FE' tube vertical à chicanes qui arrêtent les poussières, etc.

GG tube de sortie du gaz refroidi et épuré.

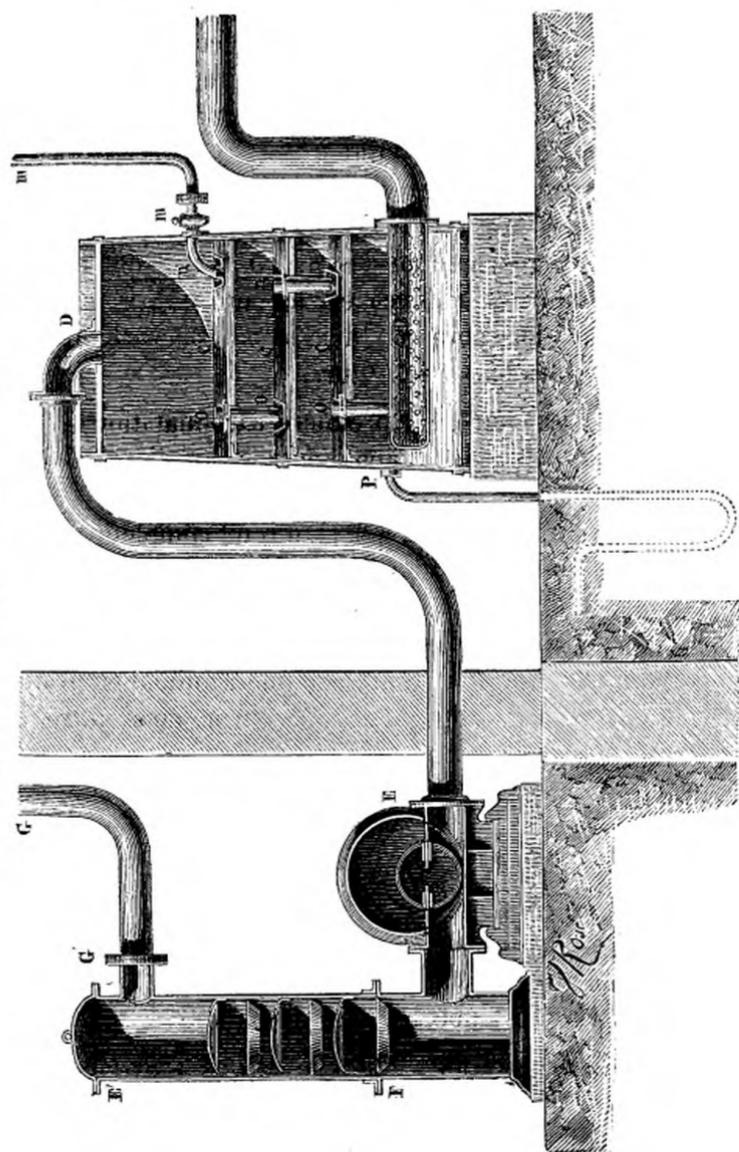


Fig. a. — Appareil à acide carbonique de MM. Possoz et Périer.

Celle des chaudières dans laquelle la première carbonatation s'opère ainsi à la température de 60 à 65 degrés, se vide directement dans des bacs et le dépôt est mis dans des sacs pour donner du jus qui est réuni au jus décanté.

Cette chaudière se compose d'une bassine en tôle à fond bombé, d'une contenance de 10 hectolitres environ. Un tuyau contourné en serpentín, mis en communication avec le générateur à vapeur et muni d'un robinet, permet de chauffer le liquide à la température convenable, tandis qu'un tuyau spécial amène le gaz acide carbonique au centre de la chaudière, par les trous du diaphragme superposé au-dessus du fond bombé; une grosse tubulure à robinet est appliquée à la base de chaque chaudière pour conduire le jus et le carbonate de chaux dans des bacs décanteurs.

Tout le jus clair de la première carbonatation est envoyé par un monte-jus dans d'autres chaudières servant à une troisième addition de chaux (0,005) et à une deuxième carbonatation, que l'on rend complète en portant le liquide à l'ébullition. Devant ces chaudières placées au même niveau que les précédentes, se trouvent des bacs de dépôt, d'où le jus est écoulé directement, après clarification, sur des filtres chargés de noir animal en grains, ayant servi aux sirops à 25°. Le sirop ainsi filtré est envoyé aux évaporateurs à triple effet, où il se concentre jusqu'à 25°, puis on le dirige sur des filtres à noir neuf ou revivifié qui peuvent servir pendant 18 heures pour les sirops à 25° et ensuite pour les jus deux fois décarbonatés.

Le noir est renouvelé après 36 heures; six filtres chargés de 15 hectolitres suffisent pour une fabrication correspondant à 1,000 hectolitres par jour.

Après concentration à 25°, les sirops sont envoyés à la chaudière à cuire dans le vide, où ils sont portés pendant 45 minutes à l'ébullition, puis grainés dans le ré-

chauffoir et déversés dans des cristallisoirs pour fournir des sucres de premier jet, passés aux centrifuges.

Les sirops extraits de ce premier passage aux appareils centrifuges sont cuits diversement et mis dans le cristallisoir dont les étuves, comme les précédentes, sont maintenues à 35° c.

Les sucres de deuxième jet qui en proviennent sont soumis au turbinage et les sirops sont recuits, sans être clarifiés ni filtrés, puis versés dans des cristallisoirs.

Les sirops fournis par l'égouttage des sucres de troisième jet, sont recuits et mis à cristalliser dans des citernes de 1,000 hectolitres, pendant 4 à 5 mois.

Les sucres de 2° et de 3° jets, après turbinage, sont refondus en un sirop de 25° et recuits avec les jus à 25° de premier jet, afin de ne donner que les sucres de premier jet.

Quant aux sirops de quatrième jet, ils donnent des sucres bruns servant à la fabrication des alcools.

Dans l'égouttage à la turbine, les sucres reçoivent une clairce à 3 p. 0/0 Baumé, faite avec du sucre de premier jet; cette opération dure 8 à 10 minutes pour une charge de 20 kil.

Une variante du procédé de MM. Possoz et Périer consiste, pour la concentration des sirops, à charger successivement dans la chaudière à cuire et sans interrompre le vide ni le chauffage; ce qui donne, pour une température de 45 à 50° centigrades, une cristallisation continue pendant l'évaporation, sous une égale pression, sans que la densité augmente. Le sucre ainsi obtenu est en cristaux grenus, transparents, nets, faciles à égoutter et que l'on cherche à faire entrer dans la consommation.

La chaux permet de conserver longtemps inaltérés les jus sucrés extraits de la betterave ou de la canne; mais quand on veut décomposer plus tard le sucrate de calcium, les matières étrangères préexistantes ayant subi des altérations plus ou moins profondes, viennent entraver l'extraction et la cristallisation du sucre.

MM. Périer, Possoz, Cail et C^{ie} ont pensé traiter par la chaux les jus débarrassés des matières étrangères, soit en les fixant avant ou pendant l'extraction, soit en dépurant après l'extraction; mais en augmentant dans des proportions plus considérables la dose de chaux pour la conservation. Il ne faudrait pas employer moins de 10 millièmes de chaux, même pour des jus déféqués et 20 millièmes pour les conserver pendant des mois.

Les usines, entr'autres, de Barbery et de Beaurain, où s'appliquent les procédés de purification des jus sucrés de MM. Périer, Possoz et Cail ont été récemment visitées par MM. Dailly et Heuzé au nom de la Société d'Encouragement. On y traitait par jour 400,000 kil. de betteraves avec 400 ouvriers.

L'usine de Beaurain, qui a coûté 700,000 francs à établir, mérite d'être citée pour la perfection de son outillage. Les chaudières y sont tubulaires, la chaux et l'acide carbonique sont obtenus dans le même four; le refroidisseur qui abaisse la température des eaux de condensation et les fait constamment servir aux besoins de l'usine, est composé de plusieurs étages de fagots; les betteraves sont montées à la râpe par l'élévateur Joly; enfin, les appareils à triple effet pour le rapprochement et la cuite des jus, ainsi que les turbines servant au clairçage, ne laissent rien à désirer.

Les terres calcaires des environs de Senlis sont éminemment propres à fournir des betteraves riches en sucre. M. Lalouette, qui dirige les usines de Barbery et de Beaurain, obtenait en 1865 jusqu'à 7 1/2 de sucre p. 0/0 de betteraves. Le rendement moyen des quatre exercices précédents 1861 à 1865, avait été seulement de 6,43 p. 0/0 de sucre, dont 4,37 en sucre grain de premier jet; 1,55 en sucre de second jet, et 0,51 en sucre de troisième jet; les betteraves avaient fourni en plus 3,51 p. 0/0 de mélasse et 19,89 de pulpe.

Pour 1,000 kil. de betteraves, la moyenne de la consommation de noir animal avait été de 0^{hect.},0068 et celle

de la houille dans le générateur de 113^k,93 ; soit environ 1^k,78 de houille par kilogramme de sucre.

Dans l'usine seule de Beaurain, où l'on traite 200,000^k de betteraves environ, on consommait en 1865-1866, 5 mètres cubes de chaux et 30 hectolitres de noir animal par 24 heures pour la purification, et l'on brûlait 30 hect. de coke de gaz pour la cuisson de la chaux.

TRAITEMENT DES PULPES DE MM. MASSY ET DU RIEUX. — Comme la plupart des inventeurs qui se sont proposé d'éviter la production du sucre incristallisable, MM. Robert de Massy, du Rieux et Roettger ont imaginé, chacun de leur côté, de traiter la pulpe de betterave par la chaux éteinte, avant de la soumettre à l'action de la presse. Soit que l'addition de chaux facilite la rupture des cellules, soit qu'elle sature les acides organiques, toujours est-il que les jus ainsi obtenus sont indiqués comme plus riches en sucre et moins altérables. Ils exigent une défécation moins importante et, par conséquent, ils offrent moins de causes de formation de glucose et de coloration des jus. Les jus plus riches en sucre cristallisable consommeraient, assure-t-on, moins de noir animal.

Après la défécation, on sature par l'acide carbonique et on poursuit le traitement comme d'habitude; mais les pulpes pressées, étant chargées de chaux, ne sont plus propres qu'à l'engrais.

NOIR ÉPURANT DE MM. CUISINIER ET LEPLAY. — Le procédé de MM. Cuisinier et Leplay (1865) peut se résumer ainsi : après la défécation ordinaire par la chaux, le jus déféqué est réduit à moitié par l'ébullition, puis traité par du noir fin épurant. En présence de ce noir, le jus est évaporé jusqu'à l'état de sirop marquant 25° Baumé, puis clarifié à la manière ordinaire et filtré mécaniquement à travers un filtre en coton. La cuite et la cristallisation se font par les procédés ordinaires ; seulement, une disposition spéciale permet de recueillir l'ammoniaque dégagée pendant les premiers temps de l'évapo-

ration. En résumé, les principes nouveaux de ce procédé consisteraient dans l'emploi d'un noir fin épurant et dans l'ammoniaque du jus que l'on recueille.

Le noir épurant aurait surtout pour effet, ajouté à la chaudière d'évaporation, de rendre la cuite facile et rapide et d'empêcher la fermentation, comme aussi d'épurer plus complètement que par les moyens généralement usités; cette épuration se manifesterait immédiatement dans le cristalliseur par une plus grande quantité de sucre et par un grain plus sec, plus dur et plus nerveux; de plus, ce noir, employé à une dose suffisante et dans certaines conditions, permettrait de supprimer la filtration des jus et des sirops sur le noir en grain et, par suite, l'emploi du noir en grain lui-même dans la fabrication du sucre de betteraves. Or, ce noir ne se distinguerait, paraît-il, du noir ordinaire, que par l'incorporation d'une certaine quantité de soude.

Quant à l'ammoniaque dégagée en présence du noir épurant, surtout dans les premiers temps de l'évaporation, elle pourrait fournir jusqu'à 300 kilog. de sulfate d'ammoniaque par jour, pour une fabrique produisant 1,000 hectolitres de jus.

Suivant les inventeurs, les matières azotées qui donnent lieu, par leur décomposition spontanée, à la fermentation des jus, sont décomposées, en présence des alcalis, par l'ébullition des jus de betteraves avant toute épuration. Si les alcalis ne sont pas en quantité suffisante dans les jus déféqués, il conviendrait, pour augmenter l'effet épurant de l'ébullition, d'en ajouter.

Les carbonates et les phosphates de soude et de potasse, unis au noir animal en poudre, facilitent la cuite des sirops et rendent la fermentation impossible; car c'est à la présence de sels de chaux neutres et non pas à la chaux libre que serait due, selon les inventeurs, la difficulté de cuite dans la fabrication du sucre de betteraves. Les sels alcalins solubles proposés auraient enfin la propriété de décomposer les sels neutres de chaux et

de former avec la chaux des combinaisons insolubles.

Nous ne pousserons pas plus loin l'examen de cette doctrine, à l'appui d'un procédé dont les résultats excellents au début, tiennent, comme pour beaucoup d'autres, au soin avec lequel le travail est suivi, en vue d'essais spéciaux et que la pratique générale n'a pas sanctionnés.

EMPLOI DES SELS ALUMINEUX ET DU FROID. — Depuis longtemps, les chimistes s'étaient préoccupés des avantages qui résulteraient de l'emploi des composés alumineux dans la fabrication sucrière. Les aluns, le sulfate d'alumine, l'alumine elle-même, ont été successivement appliqués. Evans a décrit avec détail l'usage des aluns et du sulfate d'alumine et rapporté les bons effets qui ont été obtenus par ces composés, dans les colonies anglaises.

Le phosphate acide de chaux a été mis en usage à Cuba, depuis 1860, et M. Reynoso a fait connaître la méthode suivie, en 1863, dans les usines de M. de Aldama, par M. Swift.

M. Reynoso traite directement le jus de canne par le phosphate acide d'alumine et par la chaux, il se forme de l'alumine libre et du phosphate de chaux. Les réactions propres de ces corps et de la chaux ajoutée en léger excès, déterminent l'élimination des matières colorantes, des corps azotés, etc., de telle sorte qu'il ne reste plus dans la liqueur que quelques-uns des sels qui accompagnent le sucre dans le vesou.

Pour séparer l'eau que renferme le jus purifié, M. Reynoso emploie le froid, au lieu de la chaleur.

En profitant des moyens nouveaux et faciles que l'on possède pour produire du froid et notamment des appareils Carré, on soumet, à une très-basse température, un jus sucré et ensuite on turbine, ou l'on place sous une presse hydraulique, la masse qui s'est partiellement congelée. Un jus concentré à 35 ou 36 degrés Baumé se sépare de la glace pure, sans qu'aucune parcelle de sucre soit altérée; on peut alors procéder à la cristallisation.

M. Reynoso, s'appuyant sur ce fait que dans les appareils usuels, 1 kilog. de houille évapore 7 à 8 kilog. d'eau, tandis que la même quantité de combustible peut fournir 12 kilog. de glace, conclut que théoriquement la concentration du jus par voie de congélation serait plus économique que par évaporation, outre qu'elle préviendrait les fermentations qui causent des pertes notables.

Le jus de betteraves marquant 6° Baumé, soumis également à la congélation, puis à un rapide égouttage dans la turbine Seyrig, peut donner un sirop marquant 25° Baumé et, les cristaux de glace, soumis aussitôt à une forte pression sous la presse hydraulique, s'agglomèrent en masse solide. Nous ne sachions pas que ces essais de congélation aient eu une solution pratique.

M. Kessler a réclamé la priorité de l'emploi des biphosphates de magnésie et d'alumine aussi bien que du biphosphate de chaux pour la défécation ; ces sels pouvant indistinctement préserver les jus de la fermentation muqueuse, les épurer et les décolorer. Outre leur action déféquante et antiseptique, les sels d'alumine et de magnésie, d'après les brevets de M. Kessler (1861, 1862 et 1864) permettent de réaliser facilement à chaud une défécation neutre, c'est-à-dire avec un milieu peu alcalin, que l'on ne peut pas produire avec la chaux. Suivant M. Reynoso, au contraire, le phosphate acide d'alumine agit comme le phosphate de chaux et non pas comme l'acétate de plomb.

TRAITEMENT PAR LES ACIDES A FROID. — M. Kessler (1) a étudié, en outre, les moyens de se passer de l'excès de chaux employé pour la défécation complète des jus, de telle sorte qu'on pût immédiatement évaporer et cuire les jus, sans recourir à la saturation et au passage sur le noir. C'est ainsi qu'il a reconnu que les acides, employés à froid, n'intervertissaient nullement le sucre

(1) *Comptes-rendus*, t. 63, p. 863 (1866).

des jus, et qu'il suffisait de les saturer par une base avant de les chauffer. Les acides agissent comme des antiseptiques puissants qui offrent sur la chaux le grand avantage de pouvoir être ajoutés à la pulpe sans danger pour les animaux, et permettent, aussitôt la betterave râpée, de retirer des jus, en une seule opération au lieu de deux, une liqueur toute déféquée. L'opération suivante, qui consiste dans l'addition d'un simple lait de chaux et qui correspond, dans le procédé ordinaire, à la saturation par l'acide carbonique, donne de suite un jus suffisamment pur pour abandonner autant de sucre que la cristallisation des jus filtrés sur du noir. Enfin, on évite, par un choix bien entendu des acides sulfurique, phosphorique, etc., les inconvénients du cal.

EMPLOI DES SULFITES. — L'acide sulfureux avait été essayé en grand avec le concours de la chaux, il y a une cinquantaine d'années, par Ed. Stollé, pour le traitement du jus de betteraves. En 1849, M. Melsens avait proposé d'ajouter au jus de betteraves $\frac{3}{100}$ de bisulfite de chaux, et dans le jus de canne $\frac{1}{100}$, avant de déféquer. En 1863, M. Alvaro Reynoso adressait à l'Académie des Sciences de Paris une note relative à l'emploi du bisulfite de chaux dans un jus alcalin, soit que ce sel fût introduit séparément, soit qu'il fût préparé dans le sein même du vesou, en y faisant passer, après saturation par la chaux, un courant d'acide sulfureux. En présence d'un excès de chaux, il n'y a pas à craindre que le bisulfite intervertisse le sucre pendant l'ébullition et produise des composés ulmiques; c'est-à-dire qu'il rende une partie du sucre incristallisable et déprécie le reste par une coloration brune plus intense.

L'emploi du gaz sulfureux, dans l'élaboration du sucre de canne et le travail des mélasses à l'île de Cuba, aurait permis d'obtenir 10 p. 0/0 en plus sur le rendement moyen des chaudières.

Dans les sucreries coloniales qui évaporent à l'air libre, on introduit 4 grammes de sulfite par 100 litres de vesou

à froid, et on évapore à l'ébullition en ayant soin d'écumer jusque vers 18° à 20° Baumé. Le jus, devenu limpide, reste tel, bien que légèrement coloré en jaune, jusqu'à cristallisation. Dans les usines qui opèrent en vase clos, l'écumage n'étant pas possible, on clarifie le jus avant d'évaporer, en ajoutant de 1 à 4 d'argile calcaire pour 2 de sulfite neutre de soude, dans 5,000 litres de jus.

Les applications, dans les sucreries coloniales, du bisulfite de chaux ne se sont pas notablement développées. Toutefois, MM. Possoz et Périer étaient conduits, à la même époque, à appliquer un procédé de défécation des jus de canne, basé sur l'emploi du sulfite neutre de soude, en vue d'éviter les incrustations.

Le procédé d'épuration de MM. Possoz et Périer consiste dans l'action des hyposulfites et sulfites neutres en doses excessivement faibles : 3 à 5 dix-millièmes de sulfite neutre de soude, et de 1 à 3 dix-millièmes de carbonate de soude ou de chaux, d'ammoniaque ou d'alumine, etc., pour neutraliser les acides libres du jus. Ce procédé est notamment applicable aux jus de canne. Les sels sont choisis et dosés selon les différentes qualités de cannes; ils décolorent, neutralisent et épurent le vesou sans l'altérer, ainsi que le fait la chaux caustique ou le sulfate acide de chaux. Dès 1862, il avait fonctionné industriellement aux colonies et à Motrel (près de Malaga) sans aucun filtrage sur le noir animal, et en supprimant la défécation par la chaux.

L'emploi des sulfites a été étendu par MM. Périer et Possoz, au traitement des jus de betteraves après défécation par la chaux, carbonatation et filtrage. Voici comment ils opèrent :

On neutralise du jus limpide de betteraves par une solution aqueuse d'acide sulfureux; les sulfites provenant des carbonates alcalins (de potasse, de soude et d'ammoniaque) se changent en sulfates en décolorant les jus. Comme il pourrait rester des sulfites non transformés

qui donneraient aux sucres un goût désagréable, MM. Possoz et Périer saturent avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide sulfureux, ce qui diminue d'autant la proportion de sulfites produits. Après l'épuration et la saturation des jus, il ne reste qu'à les évaporer dans les appareils tubulaires à triple effet, sans crainte d'incrustation. Lorsque le jus atteint de 25 à 26 degrés Baumé, on filtre sur le noir animal dont la dose est réduite des trois quarts; enfin, on termine l'opération au degré de cuite dans une chaudière close, où la pression atmosphérique peut être réduite à volonté au dixième de la pression normale.

Le sulfite d'aluminium forme la base d'un autre procédé de défécation breveté par MM. Jacquemart et Le Chatelier, mais qui n'a été soumis, jusqu'ici, qu'à des essais préliminaires. M. Jacquemart paraît avoir résolu une des difficultés de cette méthode, c'est la préparation industrielle et économique du sulfite, en faisant réagir l'acide sulfureux sur des sous-sels d'aluminium, et notamment sur les sous-sulfites et les sous-sulfates.

EMPLOI DE LA STRONTIANE. — MM. Junemann, du Rieux et Roettger, ont breveté un procédé qui supprime complètement la défécation. Ils extraient directement le sucre des jus en le combinant à une substance avec laquelle ils forment un composé insoluble, la strontiane.

Les jus sucrés sont traités par une solution d'hydrate de strontium, jusqu'à ce qu'ils ne précipitent plus. Le sucrate de strontium est recueilli, lavé avec soin, puis mis en magasin ou décomposé immédiatement par l'acide carbonique.

Le carbonate de strontium, calciné, régénère la strontiane. Quant au sucrate, il est si complètement inaltérable, qu'il peut être préparé en grandes masses dès la récolte des betteraves, pour être traité ultérieurement pendant la morte saison.

MÉTHODE DE DIFFUSION DE J. ROBERT. — Les moyens usuels pratiqués jusqu'ici pour l'extraction du jus des

betteraves, donnent, en moyenne, une perte de 1,2 pour 100 de sucre qui se trouve dans les 18 pour 100 de résidu.

Pour la canne, l'emploi du moulin offre, en moyenne, une perte de vesou que l'on peut évaluer de 18 à 22 pour 100, dans les 30 à 35 pour 100 de bagasse ou résidu qui sert de combustible pour l'évaporation. En admettant 15 pour 100 de sucre dans le vesou, on constate une perte de 4 pour 100 de sucre.

On ne s'est, en effet, appliqué, pour obtenir le maximum de jus sucré, qu'à la destruction des cellules par des machines plus puissantes, par des pressions répétées, par des quantités d'eau plus considérables coulant sur la râpe ou mélangées avec la pulpe, par un second râpage, enfin, par le lessivage des pulpes pressées. En cherchant à obtenir une pulpe aussi fine que possible par des râpes perfectionnées, on a voulu également faciliter ces divers modes d'extraction.

M. Jules Robert, fabricant de sucre à Seelowitz (Moravie), par un nouveau procédé qui a reçu le nom de *diffusion*, s'est appliqué, au contraire, à laisser les cellules aussi intactes que possible, et à ne diviser la matière qu'autant que cela convient pour extraire le sucre cristallisable de la canne ou de la betterave.

Ce procédé est basé théoriquement sur la méthode d'analyse inventée par M. Graham et désignée sous le nom de *dialyse*. Une dissolution aqueuse de plusieurs corps étant placée au fond d'un vase, de manière à ce que les liquides ne se mélangent pas et que la dissolution supérieure soit recouverte d'une colonne d'eau, les substances dissoutes ne tardent pas à se *diffuser* dans toute la masse liquide. Cette diffusion moléculaire très-développée chez les corps cristallisables, tels que le sucre, l'est au contraire à peine dans les corps incristallisables, comme la gomme, l'albumine, etc. Les premiers corps sont désignés sous le nom de *cristalloïdes* et les seconds de *colloïdes*. D'autre part, si deux dissolutions

de nature différente sont séparées par une membrane cellulaire, animale ou végétale, ils se mettent en équilibre de densité, au bout d'un certain temps, en traversant ladite membrane, d'après le phénomène physique connu depuis les belles recherches de Dutrochet sous le nom *d'osmose*. Or, les cristalloïdes ont la propriété de passer plus vite que les colloïdes à travers la membrane cellulaire, de telle sorte que, si une cellule de betteraves ou de cannes est plongée dans l'eau, les cristalloïdes passeront avant les colloïdes, et l'eau contiendra la plupart des cristalloïdes, tandis que la cellule renfermera encore les colloïdes.

Dombasle (1842) avait songé à faire macérer les betteraves coupées après coction, dessiccation ou congélation dans l'eau, en indiquant que « les forces de l'affinité « s'exerçant sans obstacle, la matière sucrée se met en « équilibre dans toute la masse formée par le liquide de « macération et par le liquide dans les fragments de « racines. » Cette opération avait lieu dans des vases non fermés et les lamelles étaient transportées d'un récipient à l'autre.

En 1846, Schützenbach, au moyen d'une pression exercée par l'eau pour faire circuler le jus dans des vases fermés et communiquant entre eux, opérait la lixiviation des cossettes. Seulement, les composés pectiques, en se mêlant aux jus, rendaient l'égouttage extrêmement difficile, et la proportion des mélasses s'augmentait considérablement aux dépens du sucre. Ces mêmes inconvénients se retrouvaient dans le procédé Dombasle, à la haute température nécessaire pour le traitement.

Introduit en 1847 à Seelowitz, le procédé Schützenbach fut appliqué, jusqu'en 1863, sans que les essais, pour combattre l'influence nuisible des combinaisons pectiques, signalée en 1848 par M. Fremy, eussent réussi. Les filtres-presses employés dès 1863 refusaient le service sous l'influence des matières pectiques qui se trouvaient dans les jus carbonatés, et la macération des

betteraves vertes allait être abandonnée, lorsque M. Robert, d'après l'étude des phénomènes de diffusion exposés dans le traité du D^r Schumacher, reprit de nouvelles expériences qui eurent un résultat satisfaisant. La campagne de 1864-65 confirma ce résultat pour un travail quotidien de 50,000 kil. de betteraves, et, à la suite d'une réunion des principaux fabricants de sucre de l'Allemagne, cinq établissements se décidèrent à l'appliquer la campagne suivante, pendant laquelle le travail à Seelowitz fut doublé. On compte actuellement, sur les 28 sucreries Robert en activité, sept sucreries ayant marché depuis trois années par la diffusion :

1. Seelowitz (Robert et C^{ie}), Moravie (Autriche).
2. Czakowitz (A. Schœller), Bohême id.
3. Ober-Schau (C^{ie} Larisch), Silésie id.
4. Althausen (Compagnie), près d'Ulm (Wurtemberg).
5. Erdeborn (Compagnie), près de Halle (Prusse).
6. Wulferstedt (Kücken et Schmid), près Brunswick, id.
7. Jozefov (J. Janasz), près de Varsovie (Russie).

L'appareil, tel qu'il est représenté (fig. *b* et *c*), comprend une série de 16 vases AA mis en communication entre eux, de bas en haut, par des tuyaux et des soupapes. Une quantité de betteraves (ou de cannes) divisées en tranches, est mêlée à un certain volume d'eau portée à un degré de chaleur déterminé (60 degrés c.), sous la pression d'une atmosphère et remplit le premier vase. On y laisse le mélange pendant un temps plus ou moins long, soumis à l'action de la diffusion que l'on accélère par la température moyenne établie entre les deux corps. Les vases n^o 2 et n^o 3 sont chargés de même. Le n^o 4 subit la même opération que les trois premiers, avec cette différence que le liquide de macération provient de la diffusion du n^o 1; ce liquide n'est qu'un jus encore faible chassé du n^o 1 par la pression qu'exerce l'eau d'un réservoir supérieur B et reprend, dans un réchauffoir supérieur, le degré de température qu'avait l'eau ayant primitivement servi au n^o 1. Pour le n^o 5, on

Fig. b. — Sucrerie Robert, de Seelowitz. — Élévation des appareils.

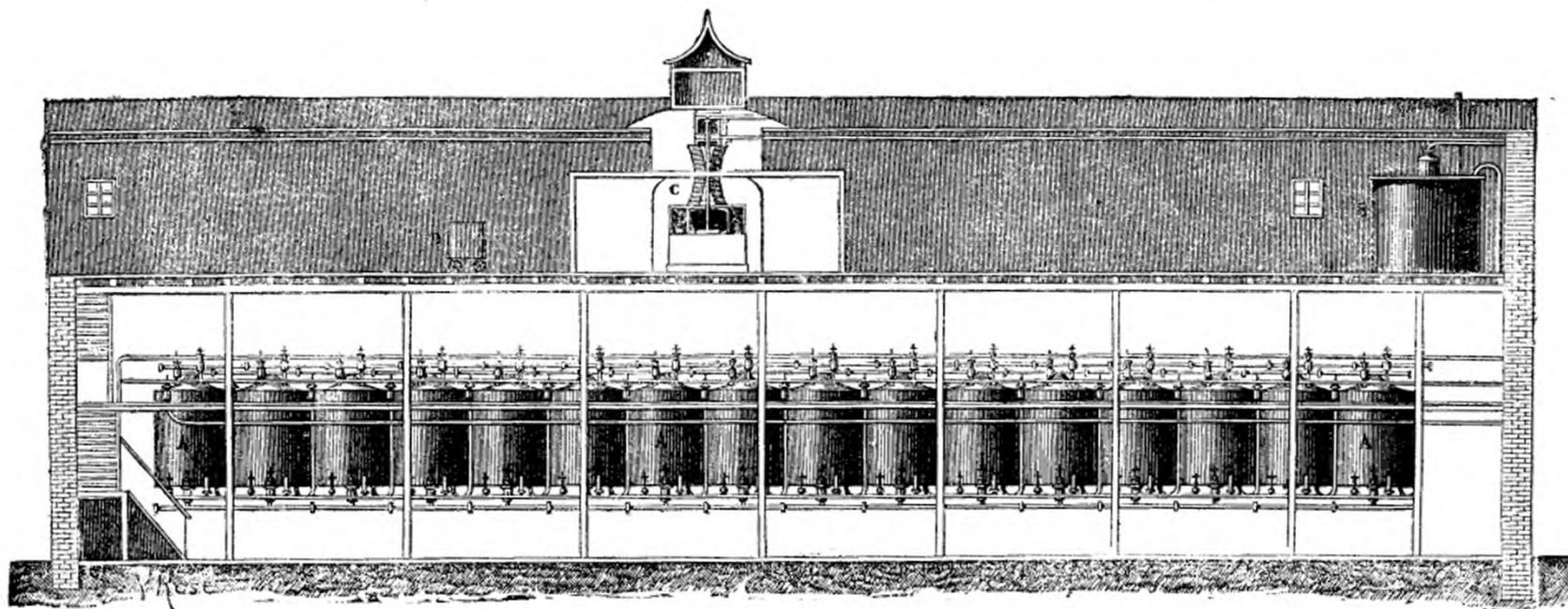
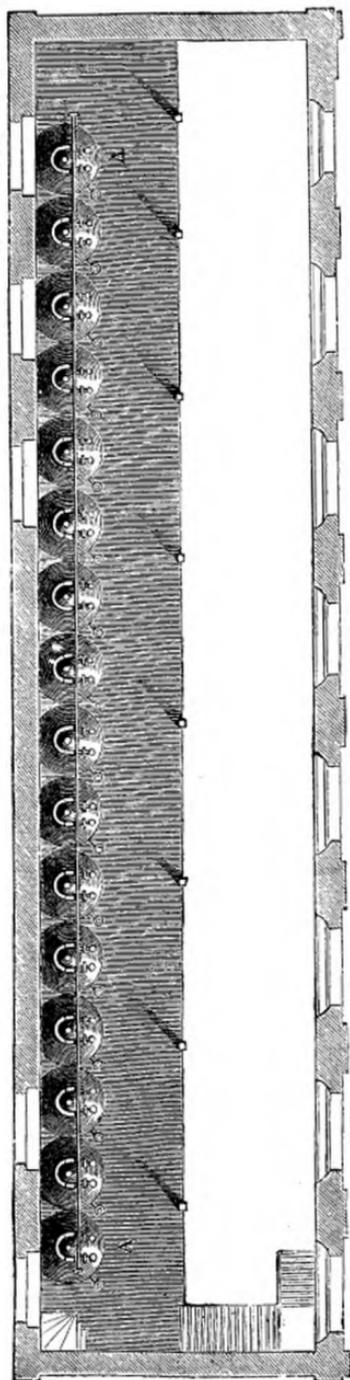


Fig. c. — Sucrerie Robert, de Seelowitz. — Plan des appareils.



procède de même en employant le liquide de macération du n° 2, dont le mélange reposait, pendant qu'on chargeait le n° 3, et ainsi de suite.

La pression a lieu à volonté sur un seul vase ou sur les 16 vases à la fois, de manière à opérer un déplacement des jus pour les diriger dans les réchauffoirs ou les chaudières de défécation.

Une seule pompe à vapeur C fournit l'eau au réservoir B. Quant à la température, elle est maintenue au degré voulu par l'admission de la vapeur dans les vases AA ou dans le réservoir B. Le service des deux plates-formes, pour le chargement et le déchargement des cossettes, s'opère à l'aide de wagonnets D, circulant sur rails.

Les avantages constatés par la diffusion pour la betterave se résument ainsi :

1° Le jus produit est de qualité supérieure ;

2° Le rendement moyen est de un demi pour 100 plus considérable en sucre brut que celui provenant du jus des presses ;

3° L'économie de main-d'œuvre est de plus de 5 pour cent ;

4° Les frais d'achat de toiles, de nettoyages, etc., sont supprimés ;

5° La force motrice est réduite de moitié ;

6° Le personnel est considérablement réduit ;

7° Enfin, les frais d'installation sont minimes, par rapport à ceux des presses, tout en opérant sur la même quantité de betteraves.

Les résidus de la diffusion, qui ne sont plus actuellement que de 45 p. 0/0, sont réduits par une machine fort simple, exigeant une force motrice minime, en un aliment reconnu très-sain pour les bœufs et les moutons. On peut les conserver en silos pendant plus d'une année ; ils acquièrent une légère acidité qui en rend le bétail très-friand.

D'après des essais tentés en Russie, la diffusion présenterait aussi des inconvénients sérieux qui engagent à la réflexion avant de l'adopter. Ainsi, les jus descendus de 10 degrés Baumé à 5 degrés, correspondant à une addition de 50 p. 0/0 d'eau, exigent pour leur évaporation une dépense plus forte de combustible ; avec des betteraves riches en principes salins, l'eau les dissout et la masse sucrée est d'une qualité inférieure. Enfin, la diffusion réclame de l'eau très-pure, des ouvriers expérimentés et un certain temps pour que l'opération s'accomplisse. Ainsi, dans les pays qui manquent de combustible et où l'on est exposé à accélérer la marche des appareils, le procédé serait loin d'offrir une économie réelle.

Pour la canne à sucre, les avantages sont mieux constatés que pour la betterave. Il ne faut pas oublier, en effet, que plus la pression est forte dans le but d'atteindre le rendement maximum en sucre, plus la qualité du

vesou laisse à désirer, et plus le sucre cristallisable est mélangé de corps étrangers. C'est ainsi que, par les procédés ordinaires, le rendement de 10 à 12 p. 0/0 de la canne est réduit de 4 à 5. Avec la diffusion essayée à Aska Concern, appartenant à MM. Baring frères, dans le gouvernement de Madras (Indes Orientales), on a atteint 7 p. 0/0 de rendement.

La sucrerie et la distillerie de MM. Robert et C^{ie}, de Gross-Seelowitz, près de Brünn (Moravie), ont été construites en 1837; elles comprenaient, en 1862, 18 chaudières de la force totale de 1,800 chevaux; 16 presses hydrauliques, 16 vases à lessiver pour la macération de betteraves vertes et sèches, permettant de traiter 30 millions de kilog. de betteraves pendant les six mois d'hiver, de raffiner environ 5 millions de kilog. de sucre brut par an, et d'extraire des mélasses une quantité moyenne de 6,000 hectolitres d'alcool à 95 p. 0/0, entièrement sans goût. Les alcoomètres y sont en usage depuis 1856.

Les appareils d'évaporation, généralement connus en Allemagne sous le nom d'appareils Robert, y fonctionnent sans interruption depuis la campagne de 1851-52; ces appareils n'ont pas été brevetés. La fabrique occupe de 600 à 800 ouvriers en hiver et 300 en été, sans compter ceux employés à la culture de la betterave.

MÉTHODE DE L'OSMOSE DE M. DUBRUNFAUT. — Le principe de l'endosmose qui sert dans le procédé Robert à séparer le sucre cristallisable par son passage à travers la membrane cellulaire, a inspiré également à M. Dubrunfaut un nouveau mode de travail des sucres et des mélasses, connu sous le nom d'*osmose*, où la membrane naturelle est remplacée par des diaphragmes en parchemin végétal que l'on prépare, d'après la recette de M. Graham, en plongeant pendant un instant du papier non collé dans un mélange de 2 parties d'acide sulfurique et d'une partie d'eau; on le lave ensuite à grande eau et on le sèche. Les appareils dits *osmogènes*, de l'invention de M. Dubrunfaut et appliqués, depuis 1864, chez

MM. Camichel et C^{ie}, fabricants de sucre à la Tour-du-Pin (Isère), occupent un espace de 1^m,35 de hauteur sur 1^m,32 de largeur et 1^m,12 de longueur. Ils renferment chacun 50 à 60 cadres formant diaphragmes de 0^m,01 d'épaisseur, munis de barettes et de ficelles pour supporter les feuilles de papier-parchemin destinées à opérer l'endosmose. Les cadres à eau alternent avec les cadres à sirop ou à mélasse. Chaque cadre est pourvu d'une ouverture inférieure formant conduit pour le passage de l'eau chaude et d'une autre ouverture pour le sirop ; de telle sorte que chaque cloison reçoit, l'une de l'eau et l'autre du sirop. Les deux liquides partent d'une hauteur de 1 mètre, arrivent au bas de l'appareil et remontent jusqu'en haut à la température de 70 à 80° centigrades ; ils peuvent également circuler en sens inverse.

L'admission de l'eau est réglée suivant le degré d'épuration qu'on veut obtenir.

Dans l'usine Saint-Clair, l'osmogène a été appliqué au traitement direct des jus pour claircer les sucres bruts, des sirops de deuxième et de troisième jet et des mélasses. Voici les résultats constatés par MM. Camichel et C^{ie} :

1° Les jus de betteraves traités par ces appareils ont donné des produits qui ont été reconnus assez purs pour être employés en place d'eau pour la fonte des sucres bruts destinés au raffinage ; on comprend l'économie d'une pareille substitution : économie de combustible et conversion directe du sucre en raffiné pour une notable partie du produit de la betterave ;

2° Les sirops de 2^e jet, pendant la durée de la dernière campagne, ont subi l'opération de l'osmose ; l'amélioration a été des plus extraordinaires ; on en a obtenu constamment de 8 à 10 p. 0/0 de très-beau et très-bon sucre de plus, que de celui qui, par comparaison, était cuit sans osmose ; de plus, les cuites ont été des plus faciles ;

3° Les sirops des 2^{mes} jets ont été cuits directement

sans être ni filtrés ni réosmosés, puis mis en citernes de 3^{me} jet ; les produits du turbinage sont de première qualité et vont à la chaudière des raffinés ;

4° Les sirops de ces 3^{mes} jets étant osmosés, donnent 25 p. 0/0 de leur poids au turbinage en sucre excellent, tandis que ces mêmes sirops non osmosés ne rendaient autrefois que 10 à 12 p. 0/0 de sucre noir et pâteux ;

5° Enfin, les mélasses sortant de ces 4^{mes} jets allaient autrefois à la distillation ou à la fabrication du cirage ; aujourd'hui elles sont traitées par l'osmose et elles rendent ainsi 16 à 18 p. 0/0 de leur poids en sucre n° 10 ; et, si on les réosmose pour les mettre en citernes et leur donner le temps utile, on peut encore retirer 10 à 12 p. 0/0 de bon sucre, résultats qui ont été obtenus sur les mélasses normales.

Le travail osmotique de la Tour-du-Pin a lieu à l'aide de quatre appareils ; on arrête le travail tous les deux jours pour laver l'intérieur des appareils, premièrement avec de l'eau acidulée à l'acide chlorhydrique, puis avec un jet de vapeur qui a été appliqué, pour la première fois à la Tour-du-Pin, sur les conseils de M. Dubrunfaut ; cette opération prend environ 4 à 5 heures.

Un homme et un enfant suffisent à la marche d'un groupe d'appareils composé de 4 ou de 8 osmogènes et règlent l'arrivée des liquides à l'aide de robinets ; on chauffe l'eau à 100° et les sirops qui arrivent dans les osmogènes.

A la Tour-du-Pin, on produit 33 hectolitres de sirop cuit par 24 heures, soit un poids de 4,800 kilog., en comptant l'hectolitre, masse cuite, pour un poids de 146 kilogrammes.

La dépense en main-d'œuvre, charbon, papier-parchemin, noir animal, façon pour monter et démonter les appareils quand on change les papiers, est de 67 fr. par 24 heures, soit 2 fr. par hectolitre, ou 1^f,40 par 100 kilog.

Les 4,800 kilog. ci-dessus mentionnés donnant 25

p. 0/0 ou 1,200 kilog. de sucre n° 15 au moins, reviennent à 5^f,58 cent. de dépense pour un sac, ce qui est bien peu de chose par rapport au produit qui vaut 56 à 57 fr. le sac à un cours bien peu rémunérateur pour le fabricant; celui-ci aura donc un puissant auxiliaire dans l'osmose, pour lutter contre les bas prix qui affectent la sucrerie indigène.

D'autres fabriques que celles de MM. Camichel et C^{ie} pratiquent industriellement le procédé de l'osmose. Nous citerons entr'autres M. Stiévenart, à Valenciennes; MM. Hette et C^{ie}, à Bresles; MM. Brabant frères, à Onaing; MM. Dorvaux et C^{ie}, à Wargnies; MM. Beaupère et C^{ie}, à Chalons-sur-Saône, etc. Nous croyons savoir que, dans toutes les applications faites jusqu'ici de cet ingénieux procédé, on a constaté un travail plus facile des mélasses par l'abaissement de leur titre salin et une grande amélioration dans la qualité des produits.

D'après M. Dubrunfaut, l'osmose appliquée indépendamment des mélasses pures au deuxième jet, élimine les sels alcalins, quel que soit le système de travail adopté et peut accroître de 20 p. 0/0, calculés sur le poids de la mélasse, soit environ 1/2 p. 0/0 du poids des racines, le rendement en sucre. On gagne de 20 à 25 kilog. de sucre en sacrifiant 50 kilog. de mélasse. Deux osmogènes exigeant quelques frais de main-d'œuvre, de papier et de combustible, suffisent aux besoins d'une fabrique qui traite 100,000 kilog. de betteraves par 24 heures. En outre, l'osmose, en accélérant et en augmentant la cristallisation, diminue le volume des bas produits et n'apporte aucune modification au travail des usines.

En raffinerie, si l'on applique méthodiquement l'osmose dès le travail des sirops de turbine ou au produit suivant, on peut retirer de 2 à 3 p. 0/0 de sucre en sacrifiant de 5 à 8 p. 0/0 de mélasse. Dix osmogènes coûtant, avec l'installation 10,000 francs, suffisent au travail d'une raffinerie qui fond 100,000 kilog. de sucre par jour, moyennant une dépense de 0^f,10 à 0^f,12 par 100 kilog. de sucre raffiné.

L'osmose devient le complément forcé du turbinage, puisqu'elle permet d'éliminer instantanément les impuretés rencontrées sous un petit volume par la turbine ; elle supprime en totalité ou en partie la mélasse et elle exclut le noir animal.

Sous le rapport des distilleries auxquelles l'osmose devait porter atteinte par le travail des mélasses, M. Dubrunfaut s'exprime ainsi :

« Quant à la mélasse, résidu d'osmose, elle contient
« sous le même poids autant de sucre que la mélasse
« normale ; elle fermente mieux, parce qu'elle est séparée
« des sels minéraux et du nitre qui gênent la fermenta-
« tion alcoolique. Les vinasses qui en proviennent se tra-
« vaillent aussi utilement et fournissent autant de sels de
« potasse que la mélasse normale ; à ces divers titres, la
« mélasse, résidu d'osmose, vaut mieux que la mélasse
« normale pour la distillation. L'osmose laissera donc
« libre pour la distillerie la moitié de la quantité de mé-
« lasse qui lui est attribuée aujourd'hui (1).

2. Traitement des mélasses.

La mélasse, résidu des sucreries et des raffineries, paraît être en grande partie un mélange ou une combinaison de sucre et de sels alcalins avec des matières organiques qui empêchent le sucre de cristalliser. Comme elle contient à peu près moitié de sucre cristallisable en poids, on voit que, pour la fabrication française seulement, elle représente une perte à la consommation de 80 à 100 millions de kilog. de sucre, sur lesquels on compte de 10 à 15 millions pour les mélasses de raffineries.

On conçoit, d'après cela, toute l'importance qu'offre le traitement des mélasses et les tentatives nombreuses

(1) Dubrunfaut, *Journal des fabricants de sucre*, 1^{er} août 1867.

faites pour les supprimer ou pour en tirer parti. Nous ne reviendrons pas à ce sujet sur l'application ingénieuse de l'osmose faite par M. Dubrunfaut.

TRAITEMENT AU SULFATE DE BARYTE DE M. DE MASSY. — Dès 1838, M. Peligot indiquait, dans son travail sur la composition des sucres, les résultats de ses recherches sur leurs combinaisons avec les bases : chaux, baryte, etc. M. Dubrunfaut fut le premier à mettre en pratique une de ces combinaisons, le sulfate de baryte, pour extraire la presque totalité du sucre contenu dans les mélasses. Plus tard, M. Robert de Massy reprenait le principe du procédé Dubrunfaut et l'appliquait, avec des modifications, dans son usine de Busigny.

Le sulfate de baryte, qu'on rencontre abondamment dans la nature, est calciné à une haute température avec du charbon et transformé en sulfure de barium que l'on dissout dans l'eau. Les mélasses étendues d'eau sont traitées à une température convenable par la dissolution de sulfure, et la totalité du sucre de la mélasse se précipite aussitôt sous forme de sucrate de baryte presque insoluble. Le précipité, lavé avec une dissolution de sulfure de barium, puis avec de l'eau, qui enlèvent les impuretés et la matière colorante, est mélangé avec de l'eau, puis traité en vase clos par de l'acide carbonique, (M. Dubrunfaut avait indiqué l'acide sulfureux). Il se forme du carbonate de baryte qui se dépose rapidement, et le sucre, mis en liberté, se dissout dans l'eau que l'on envoie directement aux chaudières. Le dépôt de carbonate de baryte est pressé, puis mélangé avec une dissolution de sulfate de soude et traité, à son tour, en vase clos par un courant d'acide carbonique, à une pression convenable. De la double décomposition qui s'opère, on retire du sulfate de baryte insoluble et du carbonate de soude qui est évaporé à sec et livré au commerce. Les eaux-mères de sulfure de barium qui ont servi à combiner le sucre sous forme de saccharate de baryte, et les eaux de lavage, traitées également par l'acide carboni-

que, régénèrent du sulfate de baryte et donnent de l'hydrogène sulfuré que l'on utilise en le dirigeant dans des carnaux où l'on dégage de l'acide sulfureux par la combustion du soufre ou des pyrites; il en résulte de l'eau et du soufre à l'état pulvérulent. Enfin, le liquide renfermant les sels alcalins de la betterave, concentrés dans les mélasses, est évaporé comme dans les distilleries de mélasses.

Au résumé, pour extraire les 45 pour 100 de sucre cristallisable contenus dans les mélasses, le procédé complexe de M. de Massy permettrait de fabriquer du carbonate de soude, du soufre, des alcalis, et de régénérer, en partie, le sulfate de baryte sur lequel on a d'abord opéré.

PROCÉDÉ PÉRIER ET POSSOZ. — La méthode de MM. Périer et Possoz consiste à éliminer, à l'aide de l'oxyde de fer, quelques matières organiques des mélasses (le sulfate de fer est saturé par les bases alcalines de la mélasse), et en ajoutant ensuite au liquide 20 volumes d'alcool à 80°, on verse dans le liquide clair (déposé ou saturé) une dose d'hydrate de chaux exactement suffisante pour précipiter la glucose à l'état de glucosate de chaux.

Dans la solution limpide, on jette un excès de chaux vive en poudre délayée dans l'alcool, et l'on a ainsi un troisième précipité, formé de sucrate de chaux qui se dépose, qu'on recueille et dont on extrait l'alcool par un courant d'air circulant entre un réfrigérant et un réchauffeur. Le sucrate de chaux rentre aussitôt dans le traitement du jus déféqué qui utilise la chaux pour la deuxième carbonatation et enrichit le jus de tout le sucre mis en liberté par l'acide carbonique. De son côté, le glucosate de chaux, privé de l'alcool qu'on recueille, est redissous dans l'eau, et la glucose mise en liberté par le gaz acide carbonique s'emploie dans les fermentations alcooliques. Enfin, le précipité primitif, dû au sulfate de fer, est incinéré et fournit des sels alcalins.

Les mélasses sont ainsi fractionnées en trois produits : sels alcalins, glucose en faible quantité et sucre cristal-

lisable qui forme 30 ou 40 centièmes du poids total.

PROCÉDÉ PESIER. — L'alcool jouit de la propriété de ne dissoudre à froid que la mélasse contenue dans le sucre brut et de ne pas agir sur le sucre cristallisé.

En 1811, Ch. Derosne décrivait un procédé pour l'extraction du sucre de betterave de la moscouade, à l'aide de l'alcool, et en 1826, il appliquait cet agent pour purifier le sucre brut et raffiner toute espèce de sucre. Sur une quantité donnée de sucre brut, il versait une quantité d'alcool rectifié à 32 ou 34° Baumé, agitait par mélange de temps en temps, décantait l'alcool et répétait l'opération jusqu'à ce que les dernières portions d'alcool fussent sensiblement incolores. Le sucre bien égoutté et desséché au bain-marie ou à l'air libre, avait l'aspect et le goût des belles cassonades du sucre de canne. Ce procédé, d'après Derosne, était plus expéditif, plus économique, puisqu'il diminuait l'emploi du combustible et de la main-d'œuvre. L'alcool chargé de mélasse était distillé et donnait une mélasse préférable; l'alcool moins coloré servait jusqu'à sa saturation. Derosne étendait l'emploi de l'alcool au terrage des pains de sucre retiré des cassonades, et à la purification des vergeoises bâtardes. Schutzenbach a, depuis Derosne, indiqué l'emploi de l'alcool pour extraire le sucre de la betterave préalablement desséchée et réduite en poudre, puis chargée de chaux.

En 1852, M. Pesier expérimentait un procédé dans le but d'extraire le sucre de la betterave réduite en cossettes par la macération et par des lavages méthodiques avec l'alcool. L'impossibilité d'arriver à l'épuisement complet de la cossette a fait abandonner les premières tentatives de ce traitement et M. Pesier s'est borné à traiter par l'alcool à 90 degrés, les sirops préalablement déféqués et concentrés. Le jus de betterave sortant de la presse est déféqué avec la dose de chaux seulement nécessaire à la saturation; l'excès de cette base devant nuire au travail ultérieur. Il est ensuite soutiré

clair, maintenu à l'ébullition pendant 10 à 15 minutes et en partie saturé par l'acide carbonique. L'ébullition a pour but de prévenir l'acidité des jus, de recueillir les écumes, de diminuer la quantité de chaux, de précipiter les matières gommeuses et azotées, etc. On décante après saturation et immédiatement on concentre jusqu'à 27° ou 28° Baumé, sans filtration au noir animal, dans des vases cylindriques qui reçoivent de l'alcool dans la proportion de trois volumes à 90°, pour un volume de sirop. Le mélange des liquides produit aussitôt un dépôt noirâtre d'aspect glutineux. Le sucre reste en solution dans la liqueur qui est limpide et peu colorée. En chauffant cette liqueur dans un appareil distillatoire, on volatilise l'alcool qui se condense pour une opération suivante dans l'alambic. Le sirop laissé comme résidu est envoyé dans les appareils à cuire, soit directement, soit après avoir traversé une petite quantité de noir animal en grains.

Nous n'insisterons pas sur ce procédé, quelque ingénieux qu'il soit et bien qu'il promît, à l'exclusion absolue du noir animal, de traiter 10 millions de kilog. de betteraves au prix de 75 hectolitres d'alcool mauvais goût; mais il n'a pas tenu tout ce qu'on en attendait au point de vue de la qualité du produit et de l'économie dans les dépenses de fabrication comparées à celles du procédé ordinaire. Ce qui mérite une attention spéciale, c'est l'appareil Pesier à gaz acide carbonique obtenu par la calcination du carbonate calcaire, au lieu de la combustion du charbon. On peut ainsi réduire au dixième environ le volume de la pompe à gaz et opérer en vase clos, c'est-à-dire, satisfaire aux exigences de la salubrité et à l'économie de l'outillage. Aussi, les dispositions de M. Pesier pour la carbonatation n'ont-elles pas tardé à être adoptées dans un grand nombre de fabriques du nord de la France. Un autre fait non moins important qui résulte de ce procédé, c'est la possibilité de conserver en parfait état des sirops provenant de jus

simplement déféqués, saturés et concentrés à 32°, suivant les prescriptions indiquées, et d'augmenter considérablement la durée des campagnes des sucreries, c'est-à-dire, d'abaisser les frais généraux, d'intérêt, de main-d'œuvre, etc., à l'avantage du prix de revient du sucre.

Les travaux de M. Pesier ont amené, d'ailleurs, encore d'autres améliorations que celles-ci. C'est ainsi qu'il a démontré l'inutilité d'un excès de chaux à la défécation et qu'il a conseillé d'en saturer les jus, tant qu'un trouble ne se manifestait pas dans les premières portions soutirées de la chaudière ; la prise du titre alcalimétrique des jus clairs permettant de s'assurer si le maximum est dissous. La pratique de l'ébullition des jus alcalins était condamnée ; M. Pesier a contribué à la faire rétablir afin d'enlever par les écumes l'ammoniaque et de diminuer la dose de chaux libre ; il supprimait en même temps, pour accélérer le travail et éviter les altérations, la filtration des jus d'écumes. Enfin, il réglait avec la liqueur alcalimétrique le terme de la réaction de l'acide carbonique qu'il importe de ne pas saturer entièrement, les jus devant conserver de l'alcalinité due à un léger excès de chaux.

Nous avons énuméré les divers procédés qui se sont fait jour dans ces dernières années, en négligeant des méthodes qui n'ont eu d'autre mérite que celui de servir de prétexte à des prises de brevets. Parmi les procédés mêmes qui ont été appliqués, un certain nombre ont disparu dès leur début par le fait de circonstances fatales, après avoir causé des remaniements onéreux de l'outillage et des pertes considérables en argent. Il nous reste à décrire brièvement les appareils qui ont modifié plus profondément les procédés actuellement pratiqués.

3. Appareils des sucreries.

RAPERIE. — Dans les râpes ordinaires, les racines, betteraves, pommes de terre, sont amenées avec une certaine quantité d'eau, par un plan incliné, sur la surface

extérieure d'un tambour cylindrique, tournant avec une grande vitesse autour de son axe horizontal et armé de dents ou lames d'acier qui déchirent les cellules et mettent en liberté la fécule. Celle-ci, entraînée par l'eau, coule sur la pièce de rencontre qui fait suite au plan incliné et emboîte le cylindre, pour tomber dans le canal récepteur.

L'action de la force centrifuge tend à écarter du tambour l'eau et les racines elles-mêmes non désagrégées; elles ne sont maintenues au contact de la râpe que par la pression de la pièce de rencontre qui demeure fixe et sur laquelle coulent l'eau et la fécule. Or, cette pièce de rencontre ne peut être absolument fixe par suite de la nécessité de l'ajustage par rapport au tambour tournant à mesure que les dents s'usent, et de son écart accidentel pour laisser le passage libre à quelque corps dur. Il en résulte que des fragments de racines non déchirés, plus ou moins gros, échappent à l'action de la râpe. Ainsi, la finesse de la pulpe varie comme l'écartement entre les lames et la pièce de rencontre; or, cet écartement changeant presque d'un instant à l'autre, soit par l'usure de la pièce de rencontre, soit par celle des coussinets qui portent l'arbre de l'instrument, il faut, pour parer à cet inconvénient, avoir le soin de rapprocher plusieurs fois dans la même journée la pièce de rencontre de la râpe.

Râpe Champonnois. Dans la râpe Champonnois (fig. d), l'organe principal est aussi un tambour cylindrique garni de lames d'acier, mais dont la denture fait saillie à l'intérieur, dans la concavité de la surface. Le tambour, au lieu d'être fixé à un arbre tournant qui l'entraîne, est assujéti sur un fond immobile. L'arbre de rotation pénétrant dans l'intérieur du tambour est muni à son extrémité d'une pièce en fer dont la section offre la forme d'une palette rectangulaire fourchue qui soulève et entraîne, à mesure qu'elles arrivent, les racines qui restent appliquées et pressées contre la surface râpante du tam-

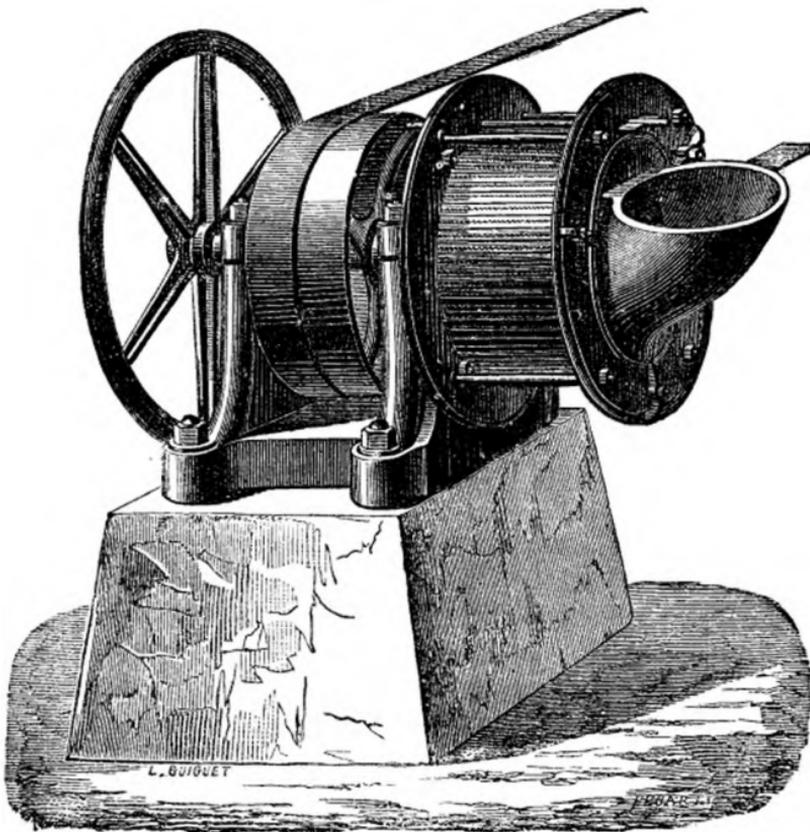


Fig. d. — Râpe Champonnois.

bour par l'action de la force centrifuge. Cette surface est en même temps mouillée d'eau qui coule sur elle, en vertu de la vitesse de la palette, et qui s'échappe avec la fécule qu'elle entraîne par les intervalles libres entre deux lames dentées consécutives.

Les dispositions de cette râpe font ainsi disparaître les inconvénients de la râpe cylindrique ordinaire. La pression des racines contre la surface râpante ne dépend plus de contre-poids ni de l'ajustement plus ou moins parfait des pièces de l'appareil, mais uniquement de l'action de la force centrifuge. L'introduction accidentelle des pier-

res peut détériorer des dents, mais elle ne donne pas lieu à des avaries graves comme dans les râpes ordinaires. Dans la râpe Champonnois employée pour les betteraves, le tambour est plus grand que pour les pommes de terre et la palette tournante est munie, aux extrémités de son plus petit diamètre, de deux fortes lames de couteau à deux tranchants qui coupent les betteraves trop grandes.

Pour débarrasser la râpe des matières incrustantes qui finissent par obstruer les lumières, on sort le tambour et on le chauffe intérieurement à l'aide d'une plaque de tôle et de quelques charbons incandescents ; la matière se fendille et se détache d'elle-même.

Appareils Joly. — M. Joly, de Compiègne, a également perfectionné la râpe ordinaire et a complété l'installation des râperies de betteraves par une série d'appareils dont nous donnons la description sommaire, d'après un rapport adressé par M. Boursier à la Société de Compiègne.

La râpe Joly repose sur un principe complètement neuf.

Jusqu'alors, on croyait qu'il fallait augmenter le nombre des lames jusqu'à 250 et 300, distantes de 1 centimètre environ, pour râper vite et bien. La râpe Joly ne porte que 24 lames espacées de 90 millimètres seulement ; cependant elle donne, à dimension égale, un travail supérieur aux anciennes râpes et des pulpes plus uniformes et de meilleure qualité. Elle comporte aussi l'application du volet employé pour les râpes de féculerie ; plusieurs mécaniciens essayèrent sans succès de l'appliquer à la fabrication de la betterave. Mais le volet muni d'un contre-poids qui permet d'en régler la pression, remplace les pousseurs, donne un travail continu, et se meut par la présence seule des betteraves dans la râpe.

Cette râpe est complétée par l'application d'une pièce de rencontre ou table d'approche de 40 centimètres d'épaisseur au lieu de 1 à 2 centimètres que l'on donne ordinairement. Cette pièce en bois s'égalise facilement ; par son épaisseur, elle empêche qu'il se produise des semelles si préjudiciables à une bonne pression.

Le *porteur de betteraves* est un bâti horizontal de 15 à 20 mètres de long qui pivote facilement dans toute l'étendue du magasin à betteraves situé à l'extérieur de l'usine. Une courroie portée par des galets sert à charrier la betterave que l'on y dépose.

L'*élévateur* est un autre bâti allant de l'extrémité du porteur au bord supérieur du laveur; une courroie armée de palettes, qui se meut sur le bâti, fait les fonctions d'élévateur.

Le laveur, dans le système Joly, est commandé par une courroie en gutta-percha qui le prend au milieu; cette courroie, par sa tension, diminue d'autant le frottement; elle est en même temps bien moins dispendieuse qu'une transmission par engrenage.

L'*épierreur-engreneur* est fondé sur la différence de densité des betteraves et des pierres dans l'eau; il se compose de bras en fonte qui prennent la betterave surnageant dans un bac, rempli d'eau à moitié, et l'engrènent dans la râpe.

La *pompe à pulpes* qui sert aussi dans les féculeries à refouler vers les fosses les pulpes des pommes de terre, se compose d'un fort corps de pompe en fonte monté dans un bac au-dessous de la râpe. La course du piston est calculée pour donner la valeur d'un sac à chaque coup.

Avant l'introduction de ces machines dans les sucreries, il fallait, pour un travail de 50,000 kil. par 24 heures, 6 hommes pour porter les corbeilles au lavoir et 6 femmes ou garçons pour les remplir. Deux hommes et 8 ouvriers, toujours mouillés, faisaient glisser les betteraves dans le bac à la portée des râpeurs; enfin, la pulpe, au sortir de la râpe, était mise en sacs par quatre pelleteurs. Avec les appareils Joly, la betterave étant déposée sur le porteur, est conduite dans une trémie où un élévateur la reprend pour la jeter dans le laveur. Au sortir de celui-ci, elle tombe dans le bac à l'épierreur, qui la rejette dans la râpe. La matière pâteuse qui dé-

coule de la râpe est prise à son tour par la pompe dont chaque coup de piston emplit un sac. Cette manœuvre n'exige que six garçons.

Les avantages des installations Joly sont donc : 1° l'accélération du travail par la facilité que donne l'accès des presses; 2° la circulation libre autour des presses; 3° la simplification dans la transmission; 4° l'économie de tuyautage; 5° l'économie de main-d'œuvre; 6° la propreté dans la râperie, à cause de l'éloignement du laveur.

Indépendamment des appareils de M. Joly, de Compiègne, nous mentionnerons le pelleteur Thiéry et le pelleteur ou ensacheur mécanique construit par la maison J.-F. Cail et C^{ie}. Ce dernier appareil, composé d'une sorte de pelle qui puise à chaque coup dans le bassin de la râpe la quantité de pulpe nécessaire pour remplir un sac de laine tenu ouvert par l'ouvrier, remplace économiquement le travail de pelles à la main. Le *bonnet* distributeur de Ferdinand Louis sert également à régler la dose autrefois chargée à bras dans les presses.

PRESSES. — La pulpe ensachée est soumise à deux pressions : la première s'opère à l'aide d'un appareil spécial, et la seconde par des presses hydrauliques.

L'appareil spécial ou *presse préparatoire* fait rendre aux sacs environ 50 pour 100 de leur jus, et permet d'en charger un plus grand nombre sous les presses hydrauliques qui terminent l'extraction.

La presse préparatoire, construite par MM. Cail et C^{ie}, se compose d'un plateau presseur portant en son milieu, l'extrémité inférieure d'une vis à deux filets qui monte et descend avec lui. L'écrou en bronze est engagé dans le moyeu d'une roue horizontale avec laquelle engrènent les filets d'une vis sans fin horizontale. Un système d'embrayage et de débrayage sert à faire passer l'une des courroies de commande sur la poulie fixe et l'autre sur la poulie folle, ou les deux courroies sur leurs poulies folles, afin d'arrêter le mouvement de la vis et du plateau, lorsque le haut de la course est atteint.

En Allemagne, on presse deux fois la pulpe ; une première fois un peu moins qu'en France ; une seconde fois, après avoir humecté la pulpe de 40 pour 100 d'eau environ ; la pression est alors aussi énergique que possible.

Les sacs de pulpe, qui ont reçu une première pression sur les plateaux à vis, sont soumis à la pression hydraulique qui doit être beaucoup plus puissante, mais en même temps beaucoup plus lente afin de ne pas déchirer les tissus.

Les presses hydrauliques des divers constructeurs sont suffisamment connues. Elles ont été récemment perfectionnées, en rendant la pression constante sur la pulpe à l'aide d'un double jeu de pistons dans les pompes qui envoient l'eau sous les pistons de la presse.

PRESSE DE M. DE MASSY. — M. Robert de Massy a construit un appareil hydraulique dans lequel il a substitué la pression directe à la pression indirecte de la presse hydraulique ordinaire, en supprimant les claires métalliques ou en osier, les cuirs des pistons, etc. Un cône renversé de 2^m,60 de hauteur sur 1^m,20 de diamètre, percé de trous sur sa surface, est muni haut et bas d'un rebord qui laisse libre une grande ouverture circulaire par laquelle tombe et s'extrait la pulpe pressée. La surface interne du cône est revêtue d'une toile ordinaire. Dans l'intérieur de ce cône fixe, pénètre une partie mobile, composée d'une toile rendue imperméable par du caoutchouc, et d'un cône intérieur en fonte. La pulpe placée dans l'intervalle des deux toiles, on ferme l'appareil en serrant les rebords des deux cônes par des boulons. La toile imperméable qui enveloppe la pulpe ferme exactement l'ouverture circulaire du bas de l'appareil, en s'appliquant sur le rebord intérieur du cône en toile ordinaire. Si l'on fait alors arriver l'eau à une pression de 10 atmosphères pendant quelques minutes entre le cône intérieur en fonte et la toile imperméable, celle-ci se distend, comprime la pulpe et fait sortir les jus à

travers la toile ordinaire et les orifices percés dans la surface du cône extérieur. Pour éviter la projection du jus, l'appareil est enveloppé de zinc. Quand les jus ont cessé de couler, on relève la partie mobile et la pulpe, à l'état sec, est enlevée par l'ouverture circulaire de la partie inférieure de la presse.

On obtient ainsi à la sucrerie de Busigny un rendement régulier de 80 pour 0/0 de jus de la pulpe préalablement déféquée, d'après le procédé de M. Robert de Massy déjà décrit. La presse nouvelle produit en 12 heures de 90,000 à 100,000 litres de jus (1).

FILTRES-PRESSES. — Les filtres-presses ont remplacé, avec de grands avantages, les presses à vis et les presses hydrauliques dans la plupart des industries qui ont des matières semi-fluides à traiter. Ce que nous en dirons ici, au point de vue de la fabrication du sucre, s'applique donc également aux distilleries, aux crayeries, aux stéarineries, aux papeteries, aux féculeries, aux huileries, etc., en modifiant, suivant les matières à traiter, la capacité des chambres destinées à recueillir les substances solides en suspension. D'une manière générale, on peut dire que ces appareils exigent moins de main-d'œuvre et d'outils accessoires, tels que sacs, paillassons, et qu'ils font le travail automatiquement sans aucune perte.

Les procédés de double défécation à la chaux et de double saturation par l'acide carbonique, de MM. Périer, Possoz et Cail, ont réalisé entre autres simplifications, celle due à l'emploi du filtre-presse Daneck pour le traitement des écumes calcaires, autrefois si difficile et si encombrant. Howard avait indiqué, dès 1834, le principe de ces filtres; Needham les perfectionnait en 1853 (voir le chapitre consacré à la brasserie) et James Kite en 1856.

(1) *Annuaire des cinq départements de la Normandie pour 1868.*
Rapport de M. Souplet à la Société académique de St-Quentin.

Les filtres-presses Daneck permettent, en effet, d'opérer le transport et la pression des carbonates par la vapeur, d'une manière très-expéditive, dans des cadres en fer séparés entre eux par des toiles que l'on peut très-facilement, par un tour de manivelle, rapprocher ou écarter les uns des autres, lorsqu'on veut vider ou remplir.

Ces filtres-presses, modifiés par la maison Cail, en ont inspiré d'autres, parmi lesquels nous signalerons le filtre Trinks perfectionné et construit par MM. Farineau, Baudet et Boire; le filtre Quillacq; enfin, celui de Heckner et Roettger, modifié et exploité par MM. du Rieux et C^{ie}, de Lille. En décrivant ce dernier en détail, nous aurons suffisamment indiqué le rôle de ces appareils.

FILTRES-PRESSES CYLINDRIQUES ET TAMISEUR DE MM. DU RIEUX ET ROETTGER. — Chaque appareil (pl. I, fig. 1, 2, 3 et 4) se compose d'une série de plateaux circulaires ou cadres disposés verticalement les uns auprès des autres et qui sont munis de talons, s'appuyant sur des arbres latéraux destinés à les contenir, en même temps qu'ils les laissent glisser ou enlever, quand cela est nécessaire. A l'une des extrémités, est disposé un fort plateau fixe contre lequel s'appuient tous les cadres mobiles, et qui reçoit les bouts des arbres latéraux. Un plateau de même force occupe l'autre extrémité, mais il est mobile. Au moyen d'une vis qui relie l'extrémité des deux arbres latéraux traversant ce plateau mobile, on le serre aussi fortement que l'on veut contre les cadres, et les cadres contre le plateau fixe.

Chacun des cadres constitue un filtre qui extrait le liquide des matières semi-fluides; il est en fonte et pourvu de barreaux sur chaque face desquels est placée une tôle perforée, recouverte d'une toile en tissu métallique ou en étoffe, suivant les matières. En serrant les cadres, le creux ménagé sur chacune des faces, forme un espace vide compris entre deux tôles perforées et deux toiles filtrantes où arrive la matière soumise à la filtration et à la pression simultanées. Elle y est distribuée, soit par un

réservoir supérieur, soit au moyen d'une pompe foulante, soit par la vapeur agissant dans un monte-jus, soit, enfin, par l'air comprimé ; elle passe par un conduit ovale qui traverse tous les cadres et que l'on a eu soin de ménager dans la partie supérieure des cadres afin de ne pas entailler les toiles ou les tissus métalliques, et se répand dans les espaces vides. Par l'effet de la pression, la matière filtre entre les barreaux derrière ces tôles perforées, où il existe un trou communiquant avec un conduit dans la partie inférieure du cadre et se rend dans un conduit général qui entraîne tout le liquide.

L'appareil reste en pression avec envoi de matière fluide, jusqu'à ce que le coulage ne sorte plus par le conduit de chacun des cadres. On desserre alors la vis et on retire de chaque cadre le tourteau ou galette de matière solide.

MM. du Rieux et Roettger ont imaginé, pour rendre continue l'action des filtres-presses en éliminant tous les débris organiques de nature à obstruer les pompes, les tuyaux et les mailles des tissus filtrants, un appareil tamiseur capable de supporter toute pression et qui consiste en un récipient en tôle perforée, soutenu dans un vase de fonte, par un rebord dont celui-ci est pourvu intérieurement et autour duquel est ménagé un espace libre pour l'écoulement du demi-fluide épuré.

Nous représentons, pl. I, fig. 1, 2, 3 et 4, le filtre-presse cylindrique de ces constructeurs et fig. 5, le tamiseur.

Pl. I, fig. 1. — Coupe longitudinale en AB, fig. 3, du filtre-presse.

Fig. 2. — Élévation du filtre-presse vu par devant, montrant le plateau mobile et la vis de serrement ;

Fig. 3. — Élévation du filtre-presse vu par derrière, montrant le plateau fixe inséré dans l'armature en fer ;

Fig. 4. — Vue d'un cadre retiré de l'appareil.

A, plaque de serrement fixe.

A', plaque de serrement mobile.

BB, cadres creux de filtration formant chambres par leur juxtaposition.

- CC¹, arbres en fer emmanchés par un de leurs bouts dans la traverse en fer battu D, et serrés par l'autre bout dans une autre traverse D¹, au moyen de clavettes.
- D², vis d'étau pour serrer les cadres les uns contre les autres.
- D³, entretoise en fonte placée entre la vis D² et la plaque A, pour obtenir un serrage uniforme.
- E, support portant l'écrou de la vis D².
- H, robinet d'introduction de la matière dans l'appareil.
- J, communication pour l'introduction de la matière.
- J¹, conduit pour le passage d'un cadre à l'autre, fondu dans l'épaisseur du rebord du cadre.
- S, introduction de vapeur ou d'eau pour déboucher le conduit JJ¹, ou nettoyer les toiles au moyen des robinets S¹, S², placés sur la fourche.
- M, robinet de vidange de la matière non pressée se trouvant dans le conduit JJ¹.
- B¹, cadre de filtration représenté à grande échelle.
- V, barres du cadre, en retraite sur les bords.
- U, intervalles entre les barres, dans lesquels coule le liquide filtré.
- P, rainure ménagée dans le bord du cadre pour recevoir l'anneau destiné à tendre la toile.
- N, conduit d'écoulement du jus hors de l'appareil.
- GG¹, robinets pour interrompre cet écoulement. Ils sont remplacés avec avantage par des vis à filet rapide, telles que G², G⁴.
- F, rigole de jus pour l'écoulement des robinets GG¹.
- ab*, partie cylindrique, mais non polie ; le fond de la rainure est arrondi par un cercle de 0^m,006 de rayon.
- mn*, tôle perforée de 0^m,002 d'épaisseur, placée de chaque côté des cadres sur les barreaux V, un peu bombée en dehors.
- cd*, toile tendue par le cercle *o*, et appliquée sur la tôle.
- o*, cercle en fer rond de 0^m,01 de diamètre, destiné à tendre la toile.
- kk¹*, petits boulons pour tenir les tôles appliquées sur les cadres, de sorte que le bord de la tôle ne dépasse nulle part le bord du cadre, ce qui couperait la toile.
- h*, garniture en caoutchouc pour former le joint entre les cadres.
- Pl. I, fig. 5. — Appareil tamiseur ayant pour but de retenir toutes les matières qui se trouvent mélangées dans les dépôts de sucrerie, tels que morceaux de balais, chiffons, scories, etc., qui entravent le travail lorsqu'ils sont entraînés dans les tuyaux, les robinets ou les compartiments des filtres-presses.

- A, seau en tôle perforée, suspendu par son bord dans un vase
 F fermé hermétiquement par le couvercle B et le
 fond E.
- G, tuyau d'arrivée de la matière semi-fluide.
- D, tuyau de départ de la matière tamisée.
- C, vis de pression pour serrer le couvercle B. Cet appareil se
 place entre le bac d'attente et le monte-jus ou entre le
 monte-jus et le filtre-presse.

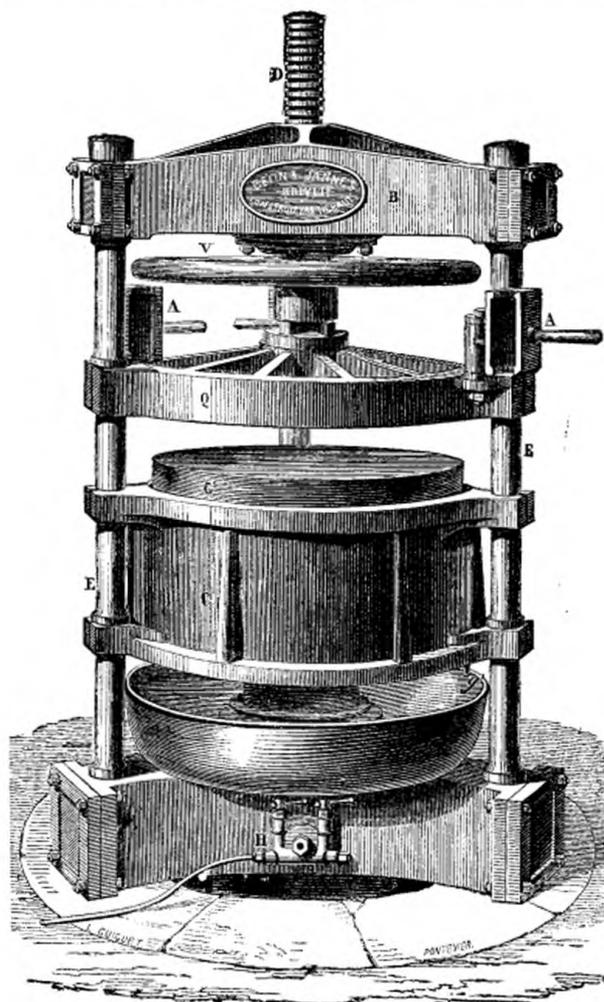
La marche des filtres-presses de ce système varie évidemment selon le mode de travail adopté en fabrication. Ainsi, pour la défécation ordinaire sans saturation, le travail se fait simplement en soutirant le jus clair et en envoyant les écumes dans un bac d'attente où on les maintient à une haute température par un tuyau de vapeur ou un barboteur. Les écumes obtenues ainsi sont extrêmement grasses et difficiles à passer aux filtres-presses. Les écumes provenant de la saturation simple peuvent être préalablement saturées pour passer plus facilement.

PRESSE A ÉCUMES DE BELIN ET JEANNEZ. — Une des difficultés éprouvées dans le pressurage des écumes, celle des sacs rapidement attaqués par la chaux et d'un manie-ment dangereux pour les ouvriers, a été surmontée par divers appareils, entr'autres par les presses hydrauliques.

MM. Belin et Jeannez ont combiné une presse hydraulique à écumer qui supprime les inconvénients signalés et permet un excédant de plus de un demi pour 0/0 en sucre relativement au pressurage en sacs, tout en économisant l'emploi de sacs. Le jus est versé dans un cylindre vertical dont les fonds sont mobiles ; le fond inférieur est porté par le piston de la presse et monte à l'intérieur du cylindre ; le fond supérieur ou couvercle est porté par une presse à vis qui permet de l'élever, pour dégager le tourteau, ou de l'abaisser au moment de la pression. Le jus s'échappe par des trous ménagés dans l'épaisseur du plateau inférieur et se rend dans un réservoir. Les plateaux haut et bas sont garnis d'un disque en tôle perforée, recouvert d'un tissu que maintient le cercle extérieur.

La pression s'exerce sur une hauteur de liquide de 0^m,40 environ correspondant pour la dimension du cylindre à 300 litres environ ; après la compression, ce tourteau solide a une épaisseur de 0^m,08 à 0^m,12. Le travail de chaque pression dure environ une demi-heure.

Fig. e. Vue perspective de la presse aux écumes de défécation de MM. Belin et Jeannez.

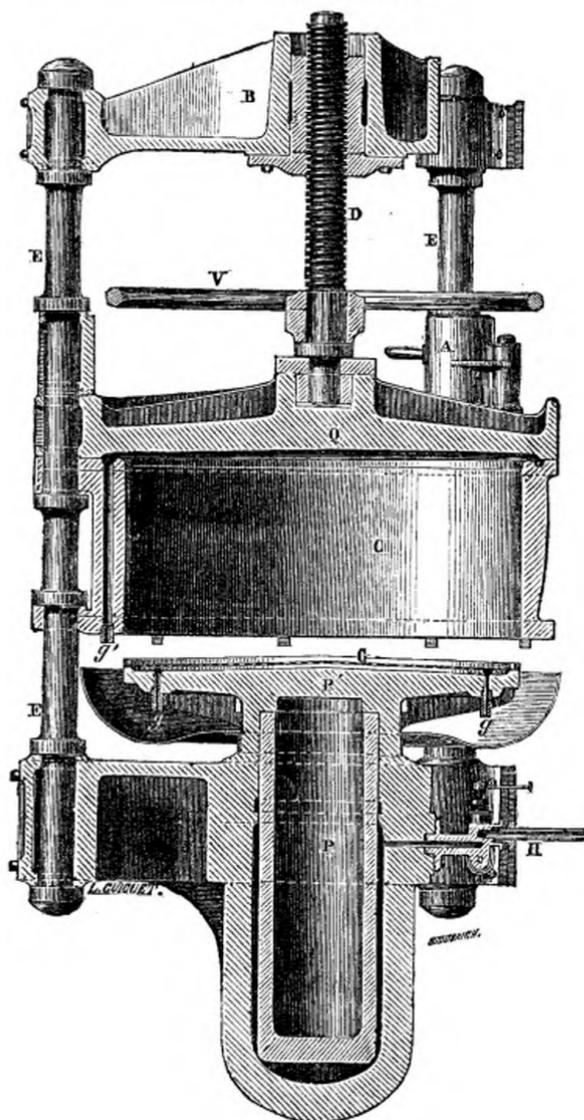


Les fig. e et f représentent, en perspective et en coupe, la presse à écumer de MM. Belin et Jeannez dont voici la légende :

AA, manchettes pour maintenir le couvercle pendant la pression.

B, chapiteau de la presse portant l'écrou de la vis.

Fig. f. Coupe de la presse aux écumes de défécation de MM. Belin et Jeannez.



C, cylindre contenant les écumes.

D, vis avec volant.

EE, colonnes supportant l'appareil.

GG, disques interposés entre les plateaux et la matière.

H, retour d'eau ordinaire faisant jouer la presse.

P, piston de la presse hydraulique.

P', plateau inférieur montant dans le cylindre C.

Q, plateau supérieur ou couvercle.

V, volant de la vis du couvercle.

g, décharge du jus du plateau inférieur qui coule dans le réservoir en cuvette, placé au-dessous du cylindre.

g', décharge du jus du plateau supérieur.

CHAUDIÈRES D'ÉVAPORATION. — Dans la fabrication du sucre, l'évaporation des jus et des sirops constitue l'opération la plus coûteuse, surtout quand elle a lieu à l'air libre, comme cela se pratique encore dans un grand nombre d'usines.

L'appareil d'évaporation à basse température connu sous le nom de *triple effet*, permet, par une judicieuse application des principes du calorique latent, d'obtenir un vide gradué en progression croissante et une évaporation continue, à des températures successivement plus basses, utilisant en quelque sorte trois fois la même vapeur et réalisant une économie de combustible sur laquelle on n'est pas toujours d'accord, mais qui semble établie à environ 40 p. 0/0. On conçoit la place importante que cet appareil occupe aujourd'hui dans la fabrication. Il comprend trois chaudières tubulaires verticales, deux vases de sûreté, un condenseur à injection; un monte-jus, une pompe à air et un récipient de vapeur. Chacune des chaudières est traversée dans une partie de sa hauteur par des tubes entre lesquels circule la vapeur et dans lesquels se trouvent les jus à évaporer.

Toutes les vapeurs perdues de l'usine étant réunies dans un récipient commun en tôle, sont admises entre les tubes de la première chaudière, où elles déterminent l'évaporation des jus. Les vapeurs des jus contenus dans ces tubes circulent à leur tour entre les tubes de la deuxième chaudière, et les vapeurs des jus de cette deuxième chaudière se rendent dans la troisième. L'éva-

poration ne s'établit ainsi successivement que sous une pression qui va en diminuant de la première à la troisième chaudière. Une pompe à air entretient le vide dans ces trois chaudières, en même temps qu'elle extrait les vapeurs condensées et l'eau ayant servi à la condensation. Par suite du vide, la température d'ébullition des jus est toujours inférieure à 100°, et elle descend à 60° dans la troisième chaudière. Il résulte de cet abaissement de température une amélioration de rendement, par suite de la diminution de la proportion des mélasses et une coloration moindre des produits.

Dans l'appareil à triple effet de la maison Cail, la vapeur d'échappement des machines motrices de la sucrerie, quoique détendue, pénètre dans le tambour tubulaire de la première chaudière, où un vide de 15 à 20 centimètres de mercure existe préalablement; ce qui permet aux jus contenus dans les tuyaux verticaux de s'évaporer au-dessous de 100°. En admettant que 5/6 de la chaleur de la vapeur d'eau soient absorbés par le jus, et que 1/6 reste dans l'eau qui provient de la condensation, la vapeur des jus se rend à son tour dans le tambour de la deuxième chaudière qui est d'un diamètre plus grand, afin d'offrir une plus grande surface de chauffe. Le vide y étant porté à 45 ou 50 centimètres, l'ébullition et la vaporisation s'y opèrent, et on obtient une quantité de vapeur correspondant aux 5/6 de la vapeur provenant de la première chaudière. La troisième chaudière, qui a un diamètre plus grand que la deuxième, se met de même en ébullition à une très-basse température sous l'action de la vapeur provenant de la deuxième. Enfin, la vapeur de la dernière chaudière est envoyée dans un condenseur à injection destiné à maintenir le vide dans toutes les chaudières et à extraire l'eau de condensation et les gaz fournis par les jus en évaporation. Ce condenseur qui forme vase de sûreté à la partie supérieure, reçoit une injection d'eau froide à la partie inférieure, de façon à aspirer directement l'eau pour la condensation, sans qu'il y ait lieu de la remonter par une pompe.

Dans l'appareil à triple effet de Zambaux, construit par MM. Nillus, la surface de chauffe des trois chaudières est de 130 mètres carrés. Les tubes en laiton, au nombre de 669, ont 1^m,20 de longueur sur 0^m,05 de diamètre extérieur. Chaque chaudière repose sur une cuve circulaire en fonte, divisée en deux compartiments. Aux deux tiers de la hauteur de cette cuve est fixée, par un joint hermétique, une plaque en tôle de fer recevant une première série de tubes en cuivre, ouverts aux deux bouts et ayant 0^m,036 de diamètre extérieur; une seconde plaque portant une deuxième série de tubes de 0^m,05 de diamètre, s'adapte à la partie supérieure; ces tubes sont fermés par le haut et enveloppent chacun des tubes de la première série, de telle sorte que l'espace annulaire compris entre les tubes concentriques, offre une section égale à celle des plus petits tubes: le jus circule autour des gros tubes.

Les vapeurs détendues de l'usine se rendent du récipient dans la cuve de la première chaudière, se distribuent dans les petits tubes, rencontrent la calotte sphérique supérieure qui ferme les gros tubes, redescendent le long des parois de ces gros tubes et passent dans une chambre formée par les deux plaques à tubes. Pour éviter les projections de liquide dans chaque chaudière, un cylindre de cuivre enveloppe le faisceau de tubes et les dépasse en hauteur, et un autre cylindre concentrique part du couvercle et descend jusqu'à la partie supérieure du gros tube. Ce cylindre est percé vers le haut d'un grand nombre de trous offrant une section suffisante pour la sortie des vapeurs, après qu'elles ont circulé finalement dans l'espace annulaire, formé entre le cylindre extérieur et le corps même de la chaudière. On évite ainsi également les vases de sûreté.

Les parties extérieures de l'appareil sont garnies de feutre recouvert de bois. Le vide se fait au moyen d'une pompe à air.

L'appareil Zambaux exposé pouvait évaporer 850 hec-

tolitres de jus par 24 heures de travail continu. Ses dispositions simples et pratiques le recommandent à l'expérience des industriels.

Dans le triple effet construit par M. Piedbœuf, d'Aix-la-Chapelle, pour MM. Farinaux, Baudet et Boire,

1° Chacune des caisses tubulaires est entourée à la partie supérieure d'une couronne en tôle dans laquelle circule la vapeur ; la paroi intérieure de cette couronne, formée par la tôle de la caisse tubulaire, distribue la vapeur par les trous dont elle est perforée et la répartit plus également sur la surface des tubes ;

2° Un tuyau venant de la soupape de prise de vapeur, permet d'injecter au besoin de la vapeur non détendue dans la couronne ;

3° Un ou plusieurs gros tubes en cuivre de chaque caisse est isolé dans un autre tube en fer étiré, afin de faciliter la circulation du jus dans les tubes et d'éviter les projections et les incrustations ;

4° Le fond des chaudières est en tôle légère, d'un démontage facile, et ces chaudières sont pourvues de deux trous d'homme, l'un au-dessous de la plaque inférieure, et l'autre au-dessus de la plaque tubulaire supérieure ;

5° Les vases de sûreté sont munis d'un diaphragme qui force la vapeur à déposer le liquide entraîné avant de se rendre à la pompe à air.

Enfin, dans l'appareil d'évaporation à deux chaudières horizontales de MM. Aders de Neustadt - Magdebourg (Prusse), la vapeur circule dans les tubes et le jus autour. Les deux chambres de vapeur, celle d'arrivée et celle de sortie, sont fermées par deux plaques d'un démontage facile, permettant le nettoyage et la réparation des tubes. La surface de chauffe est de 150 mètres carrés et fait évaporer à 24° B., le jus de 75,000 kilog. de betteraves.

CHAUDIÈRES DE CUITE. — L'appareil à triple serpentin, construit par la maison Cail, est destiné à la cuite en grains qui prend, comme nous l'avons dit, plus d'extension depuis quelques années dans les départements du

Nord. Cet appareil est construit en vue de cuites très-lentes, durant 8 à 10 heures, ce qui donne plus de rendement total, surtout en premier jet. Le sucre obtenu est non-seulement en cristaux plus purs et plus volumineux, mais en le purgeant à la vapeur, on obtient un produit directement propre à la consommation et ayant l'aspect de gros sable très-blanc.

La chaudière Cail, munie de trois serpentins superposés dans chacun desquels on peut introduire séparément et successivement la vapeur à partir du fond, permet de produire 60 hectolitres de sucre cuit en grains, dans une opération qui dure en moyenne 8 heures avec les jus épurés par le procédé Périer et Possoz. Le sirop ayant reçu une première cuisson en présence d'un vide de 60 à 65 centimètres de mercure, jusqu'à consistance de cuite ordinaire, on introduit successivement de petites quantités de sirop qui déterminent par leur différence de température, une cristallisation des sirops déjà cuits. Le grain formé ayant une tendance à se précipiter au fond de la chaudière, l'ébullition des sirops qui surnagent s'achève par les serpentins supérieurs, sans que les grains du fond puissent se caraméliser. Des lunettes-fenêtres qui existent dans toute la hauteur de la chaudière, facilitent l'observation de la cuite à l'intérieur.

TURBINES. — Le perfectionnement du travail des sucres tend, comme nous l'avons remarqué, à augmenter la proportion du sucre extractible et à diminuer ainsi la proportion des mélasses. Cette dernière proportion qui, en raffinerie, était de 0,4 il y a 40 ans, n'est plus aujourd'hui que de 0,1.

La turbine a été, à ce point de vue, la cause de l'un des plus grands progrès qui aient été réalisés, parce qu'en accélérant la concentration des impuretés des sucres, elle a remédié aux altérations que produisaient les épurations lentes dans les formes.

A côté des turbines Cail et C^{ie}, qui sont trop connues pour nous arrêter, il convient de citer celles de MM. Buf-

faud frères, de Lyon, et de MM. Brisonneau, de Nantes. Les turbines Buffaud reçoivent leur mouvement de la machine de l'usine par courroies et cône de friction, ou bien, elles portent sur leur cuve le cylindre à vapeur qui donne le mouvement et ne dépendent plus des machines souvent surchargées. Le débrayage s'y opère instantanément par l'isolement du cône moteur.

MM. Brisonneau, pour faciliter le dégagement du sirop tenu plus ou moins longtemps en suspension dans les turbines ordinaires par l'effet de la force centrifuge avant de s'évacuer, ont modifié la forme de la cuve et ménagé l'ouverture de sortie de haut en bas, de telle sorte que les sirops s'échappent tangentiellement par la gouttière en forme d'hélice. Les sirops de clairce peuvent ainsi se séparer des sirops d'égouttage, dans le clairçage.

DISTRIBUTION DES JUS ET EMBLI LEGAL. — M. Legal, mécanicien, à Nantes, a adopté, dans l'établissement des sucreries-raffineries, plusieurs dispositions de détail, de nature à économiser la manutention dans les usines.

Ainsi, les appareils à cuire dans le vide sont installés à la partie supérieure des raffineries, pour permettre l'empli par l'écoulement naturel, à travers des conduits aboutissant à chaque étage. On arrive ainsi, en chauffant ces conduits par la vapeur, en évitant toute pression supérieure à celle de l'atmosphère et tout vide, à distribuer par des valves les jus cuits et les sirops dans les cristallisoirs, les formes et les lits de pains.

Les formes et les lits de pains sont placés dans les raffineries sur deux ou plusieurs rangs et fixes. M. Legal a imaginé un bassin métallique de la largeur des lits de pains et mobile sur 4 roues à gorges. Dans ce chariot, muni d'une ouverture pour charger le sucre fondu et d'un double fond pour l'introduction de la vapeur, sont ménagées autant d'ouvertures à la face antérieure qu'il y a de formes en largeur, et chaque ouverture est munie d'une vanne que commande une roue à manettes. On promène le bassin, préalablement rempli de sucre fondu,

jusqu'à ce qu'il se trouve au-dessus de la première rangée de formes, on ouvre les vannes et on remplit cette première rangée. On ferme ensuite les vannes, on passe à la rangée suivante et ainsi de suite.

L'empli locomobile de M. Legal est destiné à éviter une main-d'œuvre pénible et la perte des matières.

INSTALLATION LINARD POUR LES SUCRERIES DE BETTERAVES.

— Nous avons indiqué que la tendance de la sucrerie, par suite de la nécessité d'abaisser le prix de revient, était de développer ses établissements. La conséquence de ce développement est de traiter des masses de plus en plus considérables de betteraves sur des points donnés. Or, la betterave est une matière encombrante dont le transport est difficile. De plus, la livraison se faisant par les cultivateurs au moment des labours et des semailles d'automne, le temps et les moyens manquent pour conduire à de grandes distances, surtout par des chemins mauvais en cette saison. On obvie dans une certaine mesure à cette difficulté en créant des dépôts de betteraves que l'on transporte aux usines lorsque les travaux sont terminés. Mais ce système, qui a pris de grands développements dans ces derniers temps, a de sérieux inconvénients. Le transport, outre qu'il est très-coûteux, est soumis aux intempéries, et les betteraves livrées lorsque la température est encore élevée, en septembre et octobre, sont exposées à des altérations rapides. Enfin, le cultivateur est obligé d'aller chercher à l'usine, souvent fort éloignée, la pulpe pour la nourriture des bestiaux.

M. Linard a pensé remédier à ces inconvénients en établissant des appareils pour l'extraction des jus sur les points où se déposent les betteraves loin des usines, et à y envoyer ces jus par des pompes et des conduits souterrains. Pour éviter l'altération, on chaule les jus au départ avec 1 p. 0/0 de chaux environ. Si les appareils de l'usine centrale venaient à s'arrêter par une cause quelconque, on aurait dans l'atelier d'extraction des citernes de trop plein où les jus seraient chaulés à 3 p. 0/0

environ pour les conserver par le système Maumené ou Périer.

Les avantages de cette installation, pour laquelle M. Linard exposait un plan, sont les suivants :

1° Les usines seraient alimentées par des ateliers d'extraction rayonnant autour d'elles, et pourraient, au besoin, augmenter leur rayon d'approvisionnement à l'aide de conduits communs à deux ou plusieurs ateliers ;

2° Des usines centrales pourraient s'établir près des gares ou des cours d'eau, et faciliter leurs transports de combustible, de sucre, de mélasse, etc. ;

3° Les chemins n'exigeraient plus des réparations aussi considérables ;

4° L'extraction du jus étant l'opération qui exige le plus de main-d'œuvre, il deviendrait plus facile de trouver cette main-d'œuvre en disséminant l'extraction ;

5° On pourrait arriver à acheter les jus selon leur richesse aux cultivateurs ;

6° Le système de la macération, actuellement inapplicable à cause de la quantité de pulpe produite, serait facilement étendu.

M. Linard a fait installer dans l'usine qu'il dirige un tuyau qui a servi, en 1867, à transporter le jus de plus de 5 millions de kilogrammes de betteraves, et qui, dans un avenir prochain, pourra transporter trois fois cette quantité.

MOULINS ET CHAUDIÈRES DES SUCRERIES DE CANNE. — La sucrerie coloniale emploie la plupart des appareils perfectionnés que nous venons de décrire, du moins pour la pression, l'évaporation et la cuite.

Les râpes y sont remplacées par des moulins à écraser les cannes. Aux appareils grossiers composés de cylindres en pierre, avec engrenages en pierre, ont été substitués des presses à cylindres verticaux en fonte, puis des appareils perfectionnés construits en Angleterre, par MM. Mirlees et Tait, de Glasgow, MM. Mac Onie, de Glasgow, MM. Fawcett, Peston et C^{ie}, de Liverpool ; et en France, par MM. Cail et C^{ie}.

Le moulin à écraser les cannes à sucre construit par ces derniers, se compose de trois cylindres horizontaux de 0^m,60 de diamètre et de 1^m,30 de longueur ; il est desservi par une machine horizontale de la force de 20 chevaux, et peut broyer en 24 heures environ 150 tonnes de cannes. La vitesse de rotation y est amenée à un tour et demi ou deux tours par minute. Les entretoises en fer, encastrées de chaque côté des bâtis pour fermer les ouvertures de sortie des cylindres inférieurs, sont une garantie contre les ruptures. Les roues d'engrenages sont à segments rapportés, afin de faciliter le remplacement des dents. La machine horizontale de ce moulin est à changement de marche et sans condensation ; elle commande outre le moulin, une pompe alimentaire, une pompe à eau et, par l'autre intermédiaire de transmission, une pompe à vesou ainsi qu'un conducteur de cannes et un conducteur de bagasse.

Pour les sucreries coloniales qui ne peuvent, à cause du prix ou de la faible importance de leur fabrication, aborder les appareils à triple effet ou à cuire dans le vide, la maison Cail construit un appareil spécial d'évaporation et de cuite, connu sous le nom de système Wetzell.

Cet appareil se compose de deux plateaux lenticulaires réunis par une série de tubes et montés sur des axes creux qui, en tournant, font plonger les tubes dans un bassin circulaire rempli de sirop. La vapeur débouchant par l'axe creux dans l'une des lentilles, traverse tous les tubes horizontaux pour se rendre dans l'autre lentille. L'appareil fait de sept à huit tours par minute, et en plongeant dans le sirop enlève une portion de liquide qui se concentre au contact des tubes chauffés par la vapeur. L'eau de condensation réunie dans la seconde lentille est rejetée par des tubes recourbés, montés sur l'axe creux.

4. Noir animal.

Le noir animal joue un rôle très-important dans la fabrication du sucre indigène, du sucre de canne et surtout

dans le raffinage, tel qu'il est pratiqué en France, en Angleterre et en Allemagne. Aussi, s'est-on efforcé, par des appareils perfectionnés, de rendre au noir ses propriétés décolorantes.

M. Beanes, pour priver le noir animal de toute la chaux et des autres matières dont il s'empare, sans attaquer ni détruire aucune partie de la substance dont il est formé, a proposé l'emploi du gaz acide chlorhydrique, où on le laisse séjourner jusqu'à ce que la chaux et les autres matières terreuses et alcalines soient converties en chlorures doubles.

D'après M. Monnier, les noirs neufs qui, au commencement du travail ne renferment que 4 à 5 p. 0/0 de carbonate de chaux, en renferment jusqu'à 16 0/0 à la fin de la fabrication. A cette limite, le charbon d'os a perdu en grande partie ses propriétés décolorantes. De même, le noir neuf qui renferme 10 p. 0/0 de charbon azoté au début, après plusieurs revivifications n'en tient plus que 4 à 5 0/0. Le dosage du carbonate de chaux fournit un moyen d'essai des noirs au point de vue de leur pureté.

En Allemagne, où l'on emploie généralement 15 p. 0/0 de noir du poids de la betterave, on le fait régulièrement fermenter dans une étuve, à une température invariable de 35°; on le lave à l'eau chaude et on le passe par un courant de vapeur ou pression, afin d'en éliminer l'eau du premier lavage, puis on le revivifie dans des fours continus.

C'est en apportant dans le travail de régénération du noir tous les soins désirables, que l'on parvient à fabriquer d'une manière plus sûre et à augmenter le rendement en sucre.

Les appareils primitifs pour la revivification du noir ou fours à marmites, semblables à ceux employés pour la carbonisation des os, grevés de frais d'entretien, de main-d'œuvre, de combustible, etc., ont été remplacés par des appareils continus beaucoup plus économiques. Outre que la moindre économie pour des fabriques qui emploient de 60 à 150 hectolitres de noir par 24 heures, se traduit

par des chiffres importants à la fin d'une campagne; il y a un très-grand intérêt pour les fabricants à faire leur noir eux-mêmes, afin d'éviter toute falsification.

FOUR A NOIR GITS ET DU RIEUX. — Parmi les fours à réverbère continus pour carboniser les os et revivifier le noir, nous décrirons celui du système Gits et du Rieux, qui utilise les gaz de la combustion des os dans le foyer et offre une économie de 60 pour 0/0 par hectolitre de noir revivifié, relativement aux anciens procédés des fours à marmites, tout en assurant un travail régulier et facile, et en supprimant les émanations.

Ces fours sont exécutés de diverses grandeurs et en plusieurs séries : 1^{re} série, pour la calcination, en utilisant les gaz ou en les décomposant pour en retirer les sous-produits; 2^e série, pour la calcination et la revivification simultanément, en utilisant les gaz; 3^e série, pour la revivification des noirs; 4^e série, four mixte pour la calcination et la revivification séparées; 5^e série, four à un seul foyer pour revivifier le noir et produire en même temps le gaz nécessaire à l'éclairage de l'usine.

Les appareils du Rieux et C^{ie}, pour revivifier, comprennent une série de cornues ou de tuyaux en fonte disposés verticalement, qui s'adaptent par un rebord supérieur à une plaque en fonte, et par le bas à des tubes en tôle descendant sous la voûte des fourneaux et hermétiquement fermés par des tiroirs. Le noir à revivifier est monté sur le four et étendu sur les larges dalles en fonte qui occupent le dessus entre la plaque de support et la cheminée. La manœuvre consiste à remuer le noir pour faciliter l'évaporation et à le pousser à des intervalles déterminés dans les cornues, au fur et à mesure que le cuiseur les vide dans un petit wagon garni de deux compartiments, correspondant chacun à l'un des tubes refroidisseurs, dont il ouvre le tiroir pour le refermer aussitôt.

Dans les appareils à carboniser les os, les cornues sont d'un plus grand diamètre et établies de manière à brûler tous les gaz produits par la carbonisation; c'est-à-dire

qu'une seconde paque en fonte, placée au-dessus et à quelques centimètres de celle dans laquelle s'emboîtent les cornues, présente au-dessus de chaque orifice de cornue un entonnoir lissant un vide de quelques millimètres, et donnant passage aux gaz qui sont dirigés par le tirage du foyer au-dessus de la grille par des orifices latéraux. Ces gaz, en se brûlant complètement, procurent une économie notable de combustible. La manœuvre est la même que dans le four à revivifier; les os concassés sont montés et desséchés sur le haut du four et introduits en même temps que le noir à régénérer dans les cornues; une dernière pelletée de noir sert d'obturateur. On opère, au moyen d'une toile métallique, la séparation du noir neuf d'avec le noir revivifié.

La planche I, fig. 6 à 9, représente un four simple continu, composé de 48 cornues pouvant revivifier de 90 à 100 hectolitres par 24 heures.

Fig. 6. Coupe horizontale du four suivant C D (fig. 7); vue prise par-dessus le four et le séchoir, et suivant E F (fig. 7) indiquant la disposition de la voûte à réverbère et du foyer;

Fig. 7. Coupe verticale en long suivant A B (fig. 6) dans l'axe du foyer, indiquant la forme de la voûte, les tubes à revivification, les plaques de support, les entonnoirs, leur emboîement avec les tubes à refroidir, le séchoir;

Fig. 8. Élévation en façade, du côté de la porte du foyer, montrant la disposition des armatures de l'ancrage;

Fig. 9. Coupe transversale suivant G H (fig. 7) montrant les tubes refroidisseurs disposés par étage, et le wagon de vidange

Les mêmes lettres, dans ces figures, désignent les mêmes pièces du four.

a. Devanture du foyer.

b. b. b. Armatures en fonte, recevant tous les boulons qui traversent le four dans tous les sens.

c. c. c. Boulons traversant le four et serrés avec les armatures *b. b. b.*

- d.* Grille du foyer.
- e.* Voûte à réverbère.
- f. f. f.* Piliers angulaires destinés à recevoir les coups de feu et à préserver les tubes.
- g.* Plaque supérieure du four, dans laquelle sont emboîtés et suspendus tous les tubes revivificateurs *h. h. h.*, au nombre de 48.
- h. h. h.*, etc. 48 tubes revivificateurs supportés par la plaque *g.*
- i.* Plaque inférieure fermant le dessous du four et supportant les tubes refroidisseurs par leur collet, placé à 0^m,25 plus bas que leur extrémité supérieure.
- j. j. j.*, etc. Joints ou emboîtages des tubes revivificateurs *h. h. h. h.*, etc., dans les tubes *k. k. k. k.*, etc.
- k. k. k.*, etc. 48 tubes refroidisseurs disposés de chaque côté du four, par partie qui se compose chacune de 24 tubes, divisés en quatre rangées de hauteurs différentes, afin de faciliter le tirage de chaque tube séparément.
- l.* Wagon plat, destiné à recevoir un ou deux casiers servant de jauge, et indiquant la quantité de noir à tirer.
- m.* Casier mobile se posant sur le wagon, divisé par carrés correspondant à chacun des tubes refroidisseurs.
- n.* Plaque à entonnoirs, posée au-dessus de la plaque recevant les tubes revivifiants.
- o.* Séchoir ou plancher en fonte à surface unie pour recevoir le noir, et à nervures par-dessous, pour présenter plus de solidité.
- p.* Sortie de la chaleur.
- q. q. q.* Regards d'inspection dans le four, pour contrôler le chauffage des tubes revivifiants.
- r. r. r. r.* Carnaux conducteurs d'air froid sur les tubes refroidisseurs.
- s. s. s. s.* Carnaux de tirage dans le foyer, par le four lui-même, de l'air froid qui a circulé autour des tubes refroidisseurs.
- t.* Registre.
- x.* Cheminée.

FOUR BLAISE. — Le four Blaise, perfectionné par M^{lle} Blaise, de Signy-le-Petit (Ardennes), a précédé celui de MM. du Rieux et Roettger que nous venons de décrire, et n'a pas peu contribué à son installation au point de vue de l'économie du combustible.

Il se compose :

1° D'une touraille pour le séchage du noir ; cette touraille consiste en un petit four annexe, chauffé par la chaleur perdue du four à revivifier dont il reçoit directe-

ment les fumées par de nombreux tubes en fonte, reliés à la cheminée d'appel. Le noir sortant du lavoir est versé dans la caisse qui renferme ces tubes et se sèche extérieurement à ces tubes. En tirant des plaques à coulisse qui forment le fond des caisses, le noir sec tombe sur le dessus du conduit d'où il est poussé sur le four ;

2° D'un plancher formant le dessus du four et qui est établi, sans voûtes, avec des briques ou manchons carrés en terre réfractaire supportés par les tuyaux verticaux à cuire. Le noir séjourne sans inconvénient sur ce plancher, au sortir de la touraille ;

3° De tuyaux cuiseurs en terre réfractaire, émaillée, afin d'empêcher l'accès de l'air ;

4° De tuyaux refroidisseurs en fonte, au même nombre que les tuyaux cuiseurs dont ils forment le prolongement. Les capacités renfermant ces deux séries de tuyaux sont séparées par un second plancher formé également de manchons en terre réfractaire qui reçoivent par moitié les deux bouts des tubes ;

5° De tuyaux pour l'échappement de la vapeur et des gaz ; ces tuyaux en fonte, percés de trous, sont disposés à l'intérieur des tuyaux cuiseurs et se réunissent par le haut pour chaque rangée parallèle, dans un conduit horizontal affleurant le plancher et communiquant avec la cheminée. On évite ainsi que les gaz donnent de l'odeur au noir, et, par conséquent, aux sirops, et que la vapeur d'eau ne brise les enveloppes réfractaires ;

6° De tiroirs pour recevoir le noir ; ces tiroirs ajustés dans des boîtes en fonte sur lesquelles reposent les tuyaux refroidisseurs, correspondent chacun à une rangée de quatre tuyaux. Toutes les 20 minutes, on tire la plaque de tôle au-dessus de chaque tiroir, afin que les trous de cette plaque se rencontrent pour donner passage au noir dans chaque tiroir. La revivification s'opère ainsi par petites parties, et le noir, depuis sa sortie de la touraille, passe par tous les degrés de cuisson et par tous les degrés de refroidissement avec régularité.

Des fosses sont ménagées afin de permettre la manœuvre des tiroirs et l'enlèvement des noirs revivifiés.

Avec un four Blaise comprenant 60 tuyaux, 2 foyers, etc., on peut revivifier 120 hectolitres de noir en 24 heures.

APPAREIL BRINJES. — En Angleterre, on fait usage d'appareils qui sont réellement à travail continu, car le noir y arrive et en sort après revivification sans interruption. Ces appareils reposent sur le principe des cylindres animés d'un mouvement lent de rotation qui agite et retourne le noir au contact de la paroi chauffée. C'est également le principe du torrificateur mécanique de M. Rolland, directeur général des tabacs. Le mouvement des cornues horizontales a été supprimé dans l'appareil Brinjes et Collins, et remplacé par celui d'une vis d'Archimède, à l'intérieur de cornues fixes. L'appareil perfectionné de Brinjes comprend deux cornues tournantes superposées; la cornue supérieure est utilisée comme chambre de séchage, et la cornue inférieure sert à la revivification. Le noir arrivant parfaitement sec à l'extrémité de la cornue supérieure, traverse le fond ouvert et pénètre dans la cornue inférieure exposée à l'action directe du foyer. A l'extrémité, il descend par un conduit dans un récipient ou étouffoir, d'où il est distribué dans des tubes longs et étroits, fermés au bas par des registres. L'air circulant entre ces tubes refroidisseurs, permet, après un certain séjour du noir, de l'exposer à l'air ambiant, c'est-à-dire de le décharger.

Les vapeurs dégagées pendant la revivification sont entraînées par un tuyau dans une chambre construite sur le four et communiquant avec la cheminée.

Un appareil Brinjes à deux cornues horizontales, avec mouvement rotatif, alternant en sens inverse, et des cloisons à surfaces gauches interrompues, au lieu de vis d'Archimède, revivifie, dans les conditions ordinaires, 90 tonnes de noir animal par semaine, avec une consommation de seulement 10 tonnes de charbon.

5° Sucreries agricoles.

La culture de la betterave présente pour l'agriculture un intérêt assez considérable pour que l'on se soit préoccupé, à bien des reprises, d'annexer les sucreries aux fermes, comme on l'avait fait pour les distilleries. Les essais tentés dans cette direction ont malheureusement échoué; la question pratique, économique, n'étant pas encore résolue. Si la sucrerie agricole laisse autant de résidus pour les animaux que la distillerie; si elle rend, en outre, au sol les phosphates que la distillerie enlève et exporte, elle ne peut lutter pour le prix de revient ni pour la qualité, avec des usines dont les frais d'installation, de combustible, de main-d'œuvre sont combinés de manière à assurer une vaste production à prix réduits.

La question de l'extraction du jus a, dans la sucrerie agricole, une grande importance sous le rapport de l'économie de l'outillage, de la valeur des résidus, etc. On a successivement remplacé les presses, par la macération à l'eau chaude, système Dombasle ou système Champonnois; par la macération à l'eau froide, système Pelletan et Schutzenbach; par le lessivage en couches minces, par la cuisson de la betterave, etc. L'eau chaude altère le sucre; l'eau froide épuise les résidus trop complètement,

L'épuration des jus n'a pas moins préoccupé les promoteurs de la sucrerie dans la ferme, sans qu'on ait pu trouver un agent chimique, accessible et maniable par des ouvriers ruraux et donnant des jus assez purs pour que la concentration et la cuite puissent s'opérer dans des appareils simples ou que le sucre cristallise librement.

D'ailleurs, M. Champonnois a parfaitement établi, par l'analyse des dépenses de combustible, etc., que dans les fabriques à *aire libre*, avec les meilleures conditions de production et d'utilisation de la vapeur, les frais de combustible pour l'ensemble des opérations atteignaient de 6 à 7 kilog. de charbon par kilog. de sucre produit. Dans les fabriques avec appareils à triple effet, chaudières

tubulaires, utilisateurs de la vapeur motrice, etc., ces frais ne sont que de 1 à 2 kilog. Or, en admettant le travail à feu nu ou même à la vapeur, dans la sucrerie rurale, la différence par 1,000 kilog. de betteraves se chiffre en faveur de la grande fabrique par 7^f,50 ou 15 francs sur 100 kilog. de sucre. Pour la main-d'œuvre, l'avantage de la grande industrie est dans le même rapport.

SUCRERIE KESSLER. — Les tentatives n'en continuent pas moins, et nous devons rappeler particulièrement ici celles de M. Kessler qui présentait en 1864-65 son procédé de fabrication, basé sur l'emploi du biphosphate de chaux et des acides, comme applicable aux sucreries agricoles, indépendamment des presses et du noir animal.

Dans le procédé agricole Kessler, la pulpe immédiatement arrosée, au sortir de la râpe, avec la dissolution de phosphate acide de chaux, est traitée par *déplacement*, c'est-à-dire qu'elle est soumise dans des tables de déplacement à plusieurs lavages à l'eau froide qui expulsent le jus dont le degré diminue finalement jusqu'à 1,5. Le degré moyen du jus obtenu est d'environ 3°,8. Dans les chaudières à déféquer, le jus est mêlé d'abord à froid avec la chaux nécessaire pour neutraliser l'acide sulfurique libre et ramener le phosphate acide de chaux à l'état de phosphate basique insoluble. On ajoute alors une nouvelle quantité de chaux, pour obtenir un léger excès alcalin et on élève la température à 80° sans crainte de former du glucose. Pour compléter la défécation, et débarrasser le jus de la chaux combinée avec les matières organiques et solubles, on a recours à environ 250 grammes de sulfate de magnésie par 12 hectolitres de jus. La chaux remplace la magnésie pour former du sulfate presque insoluble, et la magnésie mise en liberté se précipite avec les matières organiques en dissolution. Le jus déféqué est filtré dans des sacs en coton que l'on comprime, après égouttage, sous une presse à écume. L'évaporation et la cuite du jus ont lieu dans des chaudières à air libre ; on turbine dans des

toupies et on obtient des sucres de 1^{er}, 2^e et 3^e jets, d'une nuance peu élevée et d'un grain bien sec.

Les essais de M. Kessler sur la ferme de M. Belin, à Brie-Comte-Robert, malgré les éloges dont ils ont été l'objet, ont été suspendus après une première campagne. L'application dans les usines, lorsque l'on emploie même les presses hydrauliques, au lieu de la méthode de déplacement, ne semble pas plus heureuse pour démontrer l'économie de la nouvelle fabrication.

SUCRERIE CHAMPONNOIS. — M. Champonnois, en appliquant à l'extraction du jus de betteraves, en vue de la fabrication du sucre, les mêmes principes que pour les vinasses dans la distillerie, est sur le point d'arriver à la solution de la sucrerie agricole. En effet, dans les conditions que nous avons signalées, le jus enlève en albumine et en sels, le double environ de la quantité retenue par la pulpe. Ces matières sont séparées par la défécation ou restent dans les mélasses et sont, par conséquent, perdues comme aliment ou comme engrais. Plus la sucrerie industrielle se perfectionne, plus la valeur de la pulpe diminue. On conçoit que l'agriculture se préoccupe d'une telle situation et cherche avant tout à conserver au sol les éléments que la culture de la betterave lui enlève.

Le procédé de M. Champonnois, expérimenté jusqu'ici dans le laboratoire seulement, consisterait à traiter ces betteraves râpées par un mélange de 30 p. 0/0 d'eau, à les presser, à déféquer les jus et à les filtrer sur noir. Le sirop concentré à 22°, filtré et cuit à 115°, est purgé, après cristallisation, de son sirop d'égout. C'est ce sirop qui sert au traitement de la pulpe, après avoir été additionné de 60 p. 0/0 d'eau environ; la solution chauffée et mélangée à la pulpe est entretenue pendant 10 à 15 minutes à une température de 70 à 80° degrés, puis pressée et traitée par les mêmes méthodes de défécation, de carbonatation, de concentration et de cuite que dans la première opération. En traitant de nouveau la pulpe

par les sirops d'égout, on améliore assez sensiblement leur cristallisation pour qu'il n'y ait pas lieu de douter de la fixation des sels dans la pulpe; d'ailleurs, celle-ci est non-seulement moins altérable, mais encore elle laisse facilement écouler son jus, devenu plus fluide par suite de la coagulation de la presque totalité de l'albumine, à la température à laquelle elle a été soumise.

En rechargeant des sirops d'une manière continue, on arriverait à supprimer le travail industriel des bas produits, qui entraîne des frais et un outillage dispendieux, en bacs, citernes et purgeries très-spacieuses, exigeant un chauffage continu pour être maintenues à une température élevée. Les mélasses seraient supprimées et la pulpe se pressant mieux donnerait plus de jus que par le travail ordinaire; seulement la quantité d'eau employée et qu'il faut évaporer est double environ de celle employée jusqu'ici. La pratique seule décidera.

6. Sucreries coloniales.

Nous terminons le chapitre de la sucrerie par une description d'un des vastes établissements consacrés au traitement de la canne et qui attestent les progrès réalisés dans les colonies. Comme pour les métropoles, la loi économique pousse les colonies à créer des usines dont la production n'est plus limitée que par la possibilité des approvisionnements. Au lieu des petites sucreries, des habitations dont les moteurs sont animés par les animaux, par le vent ou par de petites machines à vapeur, on concentre la culture de diverses habitations pour opérer le traitement dans des usines centrales. C'est ainsi que la Martinique possède 4 grandes usines, que la Guadeloupe en compte 10, outre celle de l'Arbouzier, près de la Pointe-à-Pitre, que MM. Cail et C^{ie} organisent et outillent pour écraser 100 millions de kilogrammes de canne et produire environ 10 millions de kilogrammes de sucre par campagne, ou 20,000 barriques, c'est-à-dire plus du tiers de la fabrication actuelle de la colonie. L'alimenta-

tion de cet établissement, qui doit comprendre 3 moulins, 3 appareils à triple effet et 20 générateurs, se fera par la mer à l'aide de chaloupes à vapeur. Cet exemple sera bientôt suivi à la Martinique, pour la ville de Saint-Pierre. Grâce à ces usines, la fabrication s'améliore à un tel point qu'au lieu de sucres de qualité très-inférieure, les colonies françaises livrent déjà annuellement de 14 à 15 millions de sucres blancs assimilés aux raffinés, et l'on peut prévoir la transformation complète de l'industrie coloniale dans un proche délai.

LAS CANNAS. — Le domaine de Juan Poey, connu sous le nom de Las Cannas, est situé à 32 kilom. au sud de Matanzas et forme partie de l'immense vallée qui côtoie l'île de Cuba au sud, depuis la baie de Cienfuegos jusqu'au cap Saint-Antoine. Son élévation au-dessus du niveau de la mer est de 13 mètres environ; la température ordinaire de 14° centig. en hiver et de 29° en été; elle ne s'abaisse jamais au-dessous de 1°,5 et ne s'élève pas au-dessus de 33°. Les brises d'été sont faibles et peu efficaces pour tempérer la chaleur accompagnée d'une grande sécheresse dans cette région.

L'exploitation occupe une surface de 1,370 hectares répartis de la manière suivante :

En cannes prêtes pour la fabrication ..	496	54
Id. de plantation récente	67	10
A drainer	40	26
En bâtiments (<i>Batey</i>) et en chemins . . .	53	68
En bois et taillis	134	20
En culture pour la consommation du personnel et en pâturages pour les animaux	578	29
TOTAL	1,370	hect. 07

Le personnel comprend 584 individus des deux sexes et de tous âges; soit 482 esclaves et 102 coolies libres. Des bœufs, des vaches, des chevaux, des mulets, etc., servent aux transports ou à l'alimentation de la population.

La production annuelle de Las Cannas peut atteindre 14,000 caisses de sucre de 212^k,50 chacune, soit près de 3,000 tonnes de sucre.

Les bâtiments principaux comprennent :

1° L'usine proprement dite (*ingenio*) où se trouvent les appareils suivants :

- 2 machines à vapeur pour les cylindres ;
- 3 appareils à vide du système de Rillieux pour l'évaporation ;
- 1 atelier de 1,266 moules pour le sucre de premier jet, et de 1,020 cristalliseurs en fer pour le sucre de mélasses ;
- 1 machine à vapeur verticale pour les pompes à jus et les appareils pneumatiques ;
- 1 appareil pour la fabrication du gaz acide sulfureux ;
- 3 gazomètres pour le traitement des jus ;
- 10 chaudières en cuivre à défécation ;
- 24 filtres à noir ;
- 1 chaudière en fer, à double fond, pour le sucre de premier jet ;
- 9 filtres Taylor ;
- 2 chaudières de défécation à air libre ;
- 1 laverie de noir ;

Des fours pour la fabrication et la revivification du noir ;

Des appareils à gaz acide chlorhydrique et à gaz d'éclairage ;

Des chaudières et réservoirs pour les jus et les mélasses ;

Un grand nombre d'appareils, de chaudières, etc., sont mus par des machines à vapeur dont la force totale est de 585 chevaux ;

2° L'usine de purgerie (*purga*) qui contient :

Des étuves à dessécher le bois ;

Des cristalliseurs en fer ;

Des étuves à sucre ;

Un moulin broyeur mu à la vapeur ;

- Un réservoir à mélasse;
15 turbines mues à la vapeur, avec deux générateurs;
3° Un moulin de maïs, à la vapeur, pour l'alimentation du personnel;
4° Un hôpital avec sa pharmacie et sa maison de bains;
5° Un baraquement d'ouvriers;
6° Les maisons du directeur et des coolies;
7° Les magasins;
8° Un réfrigérant pour les eaux des appareils à vide;
9° Une écurie et étable;
10° Une fosse à fumier et engrais;
11° Une tuilerie;
12° Maison de maître avec jardin et dépendances.

Nous avons indiqué la production maximum de l'exploitation de Las Cannas, mais bien que les appareils suffisent à cette production, le manque de bras, dans l'état actuel, la réduit à 12,000 caisses de 194^k,95, soit 2,340 tonnes, en y comprenant les sucres de mélasses. Les mélasses de cinquième sont seules employées comme engrais.

Les cannes coupées dans la journée sont immédiatement broyées; le travail des cylindres commençant à 5 heures du matin se termine à 6 heures du soir. Les trois réservoirs de l'usine (*ingenio*) sont utilisés pour l'emmagasinage du jus qui n'a pu être traité le jour même. Pour l'y conserver, on emploie trois fois, et même quatre fois autant de chaux, afin de coaguler à froid les matières albumineuses. Cet excès de chaux est neutralisé ensuite par l'acide sulfureux produit dans un appareil Beanes. On conserve ainsi les jus en parfait état jusqu'au moment où on doit les déféquer.

Au sortir des chaudières de défécation à vapeur, les jus passent sur les filtres à noir, et, de là, dans les appareils à vide. Lorsque le degré de concentration à chaud atteint 27° Baumé, on les fait arriver dans une série de filtres à sac, puis dans des filtres à noir; de là, dans la plus petite des trois chaudières à vide. Le sirop ayant

atteint le degré voulu de cuite au crochet, tombe dans le réchauffoir à double fond, puis dans les formes, pour être terré et turbiné.

Pour chacun des quatre produits consécutifs, à chaque fois moins considérables, que donnent les sirops, on emploie des bassins quadrangulaires de plus en plus grands. On fait cristalliser les cinquièmes produits dans des bassins de $8^m,20 \times 1^m,80 \times 0^m,45$ et deux réservoirs cylindriques de $7^m,60$ de diamètre $\times 1^m,80$ de hauteur.

Les écumes (*cachazas*) passent d'abord par une seconde défécation, puis par une filtration sur sacs. Les résidus de ces sacs et ceux de sirops sont portés chaque jour sur les terrains que l'on laboure pendant la fabrication.

C'est par l'ensemble de ces moyens perfectionnés qu'on est arrivé, à Las Cannas, à obtenir 35,88 de sucre purgé et sec sur $47^k,71$ de *matière versée* ou sucre brut que contiennent les formes, et qui correspond à $9 \frac{1}{2}$ pour 100 du poids de la canne. On espère améliorer ce rendement d'année en année.

En fumant les terres avec des matières fécales, des cendres de bagasse et de bois, des écumes et des résidus du traitement des derniers sirops, ainsi qu'une grande quantité de fumier des bœufs, chevaux et porcs, on lutte très-difficilement; mais la compensation est fournie par un rendement moyen de $5^k,127$ de sucre claircé sec, par hectare, au lieu de $1^k,529$ qui représente le rendement moyen de l'île de Cuba.

Bien que le sucre de Las Cannas ne soit pas raffiné, il diffère bien peu du sucre deux fois raffiné, au point de vue de la pureté chimique. Les meilleurs produits de Las Cannas se vendaient, en 1866, à $0^f,46$ le kilogramme en poudre, et à $0^f,62$ en morceaux.

L'usine de Poey a été administrée et dirigée de 1849 à 1866, par D. Lucien Casamayor y Bruno; c'est à lui que sont dus les progrès de la production. L'addition d'un train Pecqueur pour 5,000 caisses a donné à cette an-

cienne usine un tel développement, qu'il n'est guère possible de la comparer avec ce qu'elle avait été. Le directeur actuel, D. Jules Deprez, a monté les filtres à sac et les autres appareils qui doivent contribuer à améliorer la fabrication.

CHAPITRE II.

DISTILLERIE.

Les sources principales de l'approvisionnement de l'alcool sont les suivantes :

- 1° La distillation des vins et des marcs de raisin ;
- 2° Celle des grains et pommes de terre ;
- 3° Celle des mélasses et des betteraves dans les annexes des sucreries ;
- 4° Celle des betteraves dans les fermes.

1. Distillation des vins.

La distillation des vins a été longtemps, dans certains pays, l'unique source des spiritueux consommés à l'intérieur ou exportés à l'étranger.

Elle comprend, en France, deux branches distinctes : la fabrication directe des eaux-de-vie dans les Charentes et l'Armagnac, et la fabrication des trois-six, dits de Montpellier. La première de ces fabrications, celle des eaux-de-vie, est restée florissante et en pleine possession du marché intérieur et étranger, par suite de l'impossibilité d'opposer aux eaux-de-vie de ces provenances, un produit de qualité égale.

Eaux-de-vie de Cognac. — Il n'y a dans l'arrondissement de Cognac aucune distillerie ; ce sont les propriétaires eux-mêmes qui convertissent le vin en alcool, mais à un degré beaucoup moins élevé que dans le Midi et dans les autres parties de la France. La limite des transactions est généralement de 60 degrés centésimaux.

La supériorité des eaux-de-vie de Cognac tient non-seulement au sol, mais encore aux procédés suivis par les propriétaires, c'est-à-dire, à des distillations réduites à de très-petites quantités. Le premier produit de la distillation est une sorte d'intermédiaire entre le vin et l'eau-de-vie, qui marque 20° environ et qui passe une seconde fois dans l'alambic, où il atteint le degré de 59, 60 et 65 au plus. On conserve ainsi tout l'arôme, toute l'huile essentielle du vin.

Dans la Charente-Inférieure, on ne fabrique plus d'esprit trois-six, la fabrication annuelle y absorbe environ deux millions d'hectolitres de vin et produit de 250,000 à 300,000 hectolitres d'eau-de-vie de 60 à 62°.

Les chaudières à distiller sont de deux sortes : elles sont combinées de manière à faire l'eau-de-vie par deux opérations successives, comme il a été dit plus haut, ou bien les deux opérations se font simultanément ; c'est-à-dire que le vin placé dans une chaudière se vaporise ; sa vapeur condensée se rend dans des chaudières intérieures, les unes plongées dans le vin, les autres dans la vapeur. Là, ce produit est distillé de nouveau et condensé sous forme d'eau-de-vie. Quelques localités peu nombreuses continuent à se servir de chaudières qui sont des modifications des systèmes d'Adam ou de Derosne. Le commerce reproche généralement à l'eau-de-vie de premier jet de présenter une séve moins agréable à la dégustation et de perdre quelque chose au rendement.

PROCÉDÉ PETIT ET ROBERT. — Par le procédé de fabrication suivi jusqu'à ces derniers temps, il reste dans les marcs ou résidus des raisins à eau-de-vie, de telles quantités de glucose, qu'après leur fermentation on en retire, en moyenne, de 6 à 10 litres d'eau-de-vie à 60° par 100 kilog. de marc. Or, cette eau-de-vie, malgré tous les soins, est tellement mauvaise que souvent on ne peut l'écouler que comme alcool destiné à l'industrie ; ce qui cause des pertes d'une grande importance.

MM. Petit et Robert, de Saintes, pour désinfecter les

eaux-de-vie de marcs de raisins, en leur conservant le bouquet des eaux-de-vie fines, ont imaginé de faire macérer avec une petite quantité d'eau la vendange, après qu'elle a été jetée dans les macérateurs, afin de la soustraire à l'action de l'air. L'opération du pressurage est réduite de 24 heures à 2 heures après cette macération, et le jus, bien qu'allongé d'eau, n'ayant pas été modifié comme teneur en principes sucrés et vineux, donne même un peu plus d'eau-de-vie qu'une quantité égale de vin pur. On aurait reconnu dans ce procédé une économie de fabrication et une augmentation de rendement en eau-de-vie fine de 16 à 17 p. 0/0, au lieu de 6 à 9 p. 0/0 d'eau-de-vie de marc que donnaient les anciens procédés.

Le matériel de MM. Petit et Robert consiste, outre le moulin à écraser la vendange de l'ancien système, en un réservoir d'eau accompagné de cuiviers plus ou moins nombreux, communiquant entr'eux par un tuyau qui va du fond du premier au sommet du second et ainsi de suite, jusqu'au dernier qui revient communiquer avec le premier. Au fond de chaque cuvier, et pour faciliter l'écoulement des liquides, se trouve un faux fond qui s'enlève avec un treuil lorsque le marc est épuisé; un robinet laisse écouler le liquide saturé.

On voit, fig. *g*, l'élévation des macérateurs et fig. *h* la coupe.

Trois cuiviers $A_1 A_2 A_3$ sont reliés entr'eux par des tuyaux EE de communication allant de bas en haut. Chaque cuvier est muni de deux faux fonds, l'un F' pour le bas, l'autre F pour le haut; celui du bas est relié par une tige centrale à une corde à crochet B mue par le treuil T dont le levier est en L. Le faux fond supérieur empêche le marc de remonter pendant la macération. Les robinets $R_{10} R_{11} R_{12}$ servent à écouler le moût de goutte après chargement de la vendange foulée ou écrasée. La pompe P' sert à soutirer le liquide de chaque cuvier après épuisement du marc, pour l'envoyer sur le cuvier suivant.

Fig. g. Macérateur Petit et Robert. — Élévation.

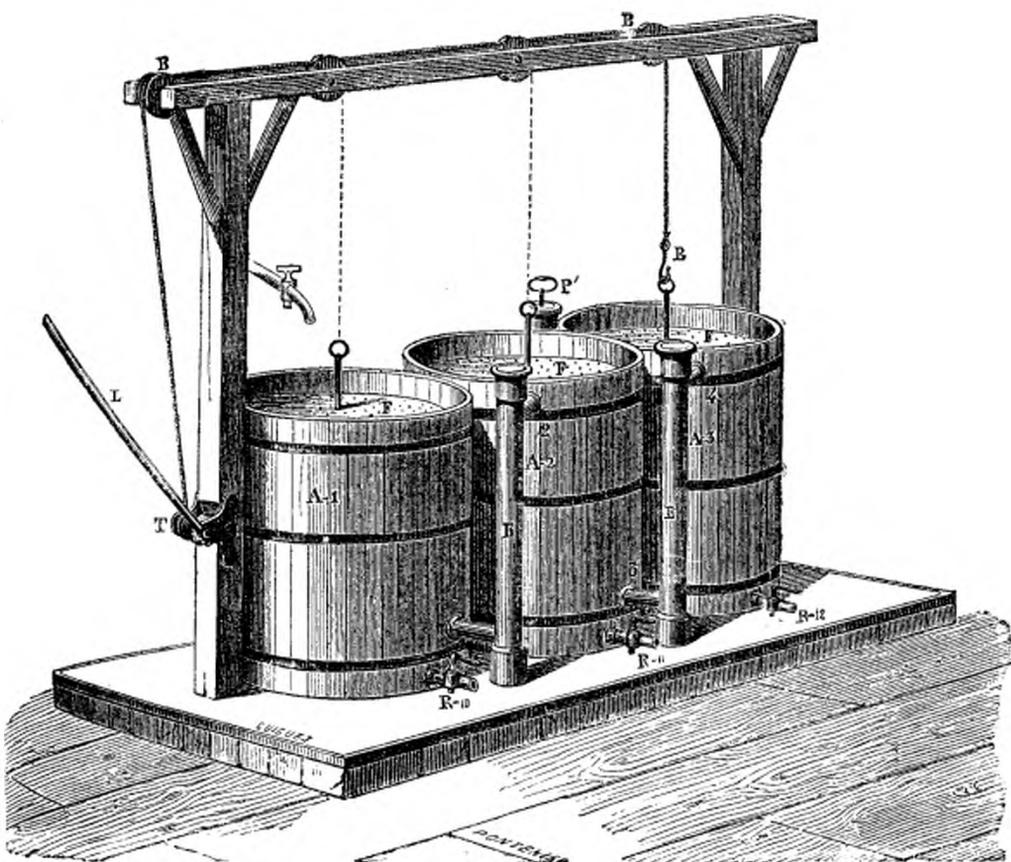


Fig. h. Macérateur Petit et Robert. — Coupe.

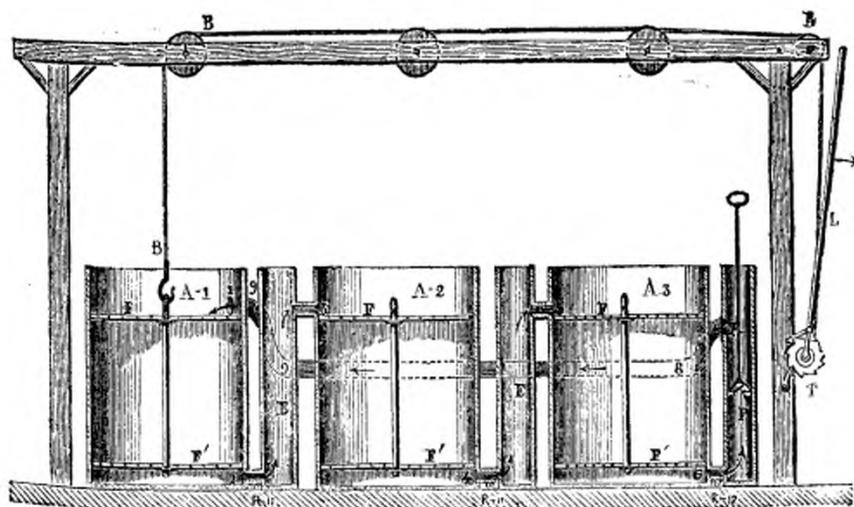
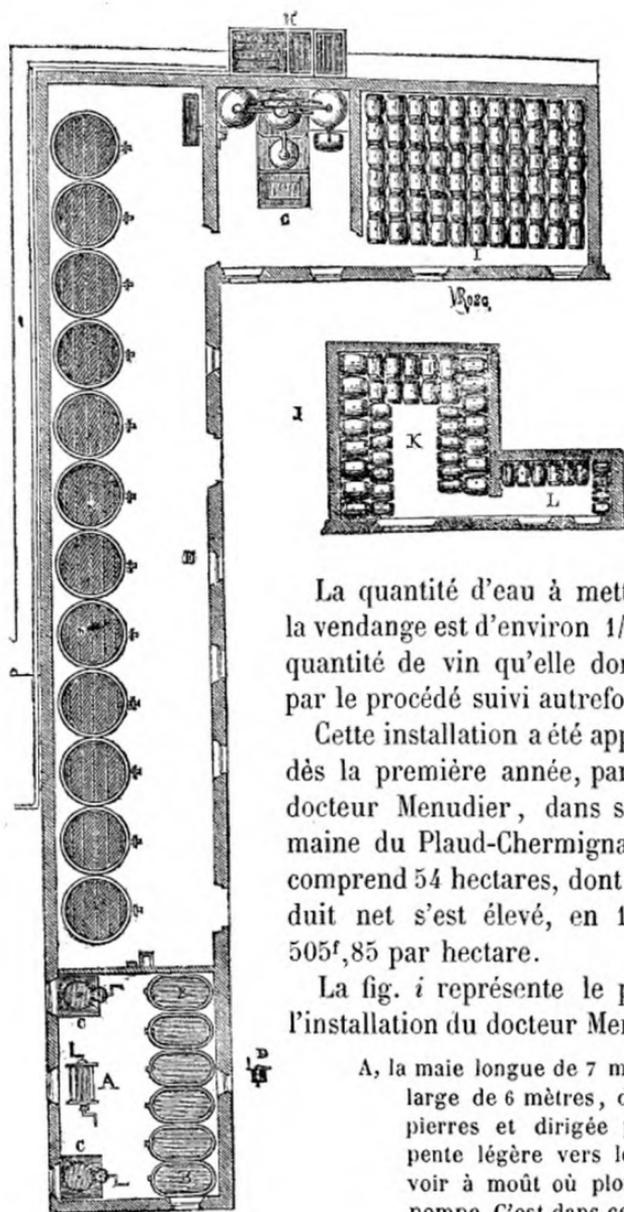


Fig. i. Installation du Plaud-Chermignac. — Plan.



La quantité d'eau à mettre sur la vendange est d'environ $\frac{1}{8}$ de la quantité de vin qu'elle donnerait par le procédé suivi autrefois.

Cette installation a été appliquée dès la première année, par M. le docteur Menudier, dans son domaine du Plaud-Chermignac, qui comprend 54 hectares, dont le produit net s'est élevé, en 1865, à 505^f,85 par hectare.

La fig. i représente le plan de l'installation du docteur Menudier.

A, la maie longue de 7 mètres et large de 6 mètres, dallée en pierres et dirigée par une pente légère vers le réservoir à moût où plonge une pompe. C'est dans cette maie qu'est placé le moulin à fou-

ler les raisins, composé de deux cylindres en bois, à chevilles en fer, avec double manivelle et trémie.

BB, etc., macérateurs au nombre de six. Ce sont des cuiviers en sapin, longs de deux mètres, hauts et larges de un mètre, d'une contenance de 18 à 20 hectolitres. Une cage mobile, à l'extrémité de chaque cuvier, du côté qui regarde le moulin, permet le nettoyage.

CC, pressoirs verticaux, avec cage ronde pour contenir le marc, d'une capacité de 16 à 17 hectolitres.

D, réservoir à eau, alimentant par une pompe un cuvier de 8 hectolitres qui surplombe et alimente les macérateurs.

E, cellier à vins.

FF, foudres au nombre de douze, composés de douves en chêne, cerclés en fer, d'un diamètre de 3 mètres à la base et d'une hauteur de 2^m,30, supportés sur des traverses en chêne avec dés en pierre. Leur contenance est de 123 hectolitres. A la partie inférieure est placé un robinet coudé qui est mis en communication, à l'aide d'un coude en cuivre et de manches en toiles, avec le réservoir à vin placé à l'extrémité du bâtiment E près de l'alambic.

G, appareil distillatoire double.

H, réfrigérants.

JKL, magasins à eaux-de-vie faisant suite aux réfrigérants.

J, couloir.

Voici comment on opère au Plaud-Chermignac (1) :

Les raisins apportés de la vigne dans des cuves, au nombre de trois, pareilles aux macérateurs et montées sur des charrettes, sont déchargés sur la dalle inclinée qui mène à la trémie, puis pressés et mis en tas au sortir du fouloir.

L'opération dure de 12 à 15 minutes. Les raisins passés au moulin et ayant abandonné 50 p. 0/0 de moût, sont pressés une seconde fois et donnent de 15 à 20 pour 0/0 de moût. On les jette alors dans un des cuiviers macérateurs où le jus s'écoule encore par un trou pratiqué au bas de la douve. On laisse couler ce jus pendant quelques minutes, puis on ferme le trou et on arrose le marc,

(1) *Journal d'Agriculture pratique*, A. de Cérès, 1866, t. II, p. 644.

suivant sa richesse, avec l'eau du réservoir D. L'eau pénétrant dans les pellicules du raisin, en chasse le principe muco-sucré qu'elle étend ou dissout. Deux heures environ après, le deuxième macérateur a reçu le marc de trois autres cuves. Si à ce moment, le moût vierge étant à 10° Baumé, le jus du premier macérateur est à 6 ou 7°, on laisse écouler celui-ci dans le réservoir à moûts ; si, au contraire, il ne marque que 3 à 4°, on l'élève par une pompe pour le déverser sur le second macérateur où il ne tarde pas à acquérir la densité de 6 à 7° pour l'écoulement. Le premier macérateur reçoit une nouvelle quantité d'eau qui, au bout de 3 ou 4 heures, parvient à une densité de 2 à 3° et est portée sur le deuxième ou le troisième macérateur.

Après la dernière macération, les marcs sont pressés pendant une à deux heures et rejetés dans la fosse à engrais.

Le système de la macération que guide l'aréomètre, diminue de plus de moitié la nécessité des pressoirs ; ce qui correspond à une économie de 50 pour 0/0 de main-d'œuvre, et par la transformation plus complète et plus prompte du sucre en alcool, donne une augmentation d'un huitième en eau-de-vie.

Après 12 ou 24 heures, le moût monté dans les foudres entre en fermentation, surtout si la température est à 20° : tumultueuse d'abord, elle se prolonge pendant 20 ou 30 jours et le vin s'éclaircit. Les manches sont alors appliquées aux robinets des foudres, et le vin est dirigé dans le réservoir d'où une pompe le porte dans le chauffe-vin de l'appareil à distiller du système Huart, augmenté d'une chaudière à épuisement. Cet appareil, chauffé avec les sarments de vigne, distille par 24 heures de 40 à 50 hectolitres de vin. Les vinasses s'écoulent par des rigoles et vont fertiliser les terres ; l'eau-de-vie est reçue en futaille et roulée au premier magasin.

Ainsi, le raisin entré à un bout du bâtiment, en sort à l'autre converti en eau-de-vie, en nécessitant pour un

produit moyen de 100 hectolitres par jour, 4 ouvriers et 2 pressoirs.

Dans l'ancien système, qui fait fermenter la vendange foulée dans les égouttoirs, avec risque de développer la fermentation acétique, il faudrait, pour obtenir le même résultat, au moins 8 ouvriers et 4 pressoirs.

ALCOOLS DU MIDI. — La fabrication des alcools dans le midi de la France se fait presque uniquement avec les produits de la vigne.

Les raisins fournissent deux qualités d'alcools distincts ; ceux de vin et ceux de marc.

Les alcools de vin sont distillés à différents degrés : à 86° Gay-Lussac, sous la désignation de *trois-six* ; à 60° comme les eaux-de-vie de Cognac, sous le nom de *cinq-six* ; à 52° sous le nom de *preuve de Hollande*.

La fabrication des trois-six est la plus importante. Autrefois, ils étaient l'objet d'un commerce très-considérable. Il n'y avait pour fournir à la consommation française que les trois-six de vin. Depuis quelques années, leur emploi a été bien réduit par la concurrence des alcools distillés dans le centre et dans le Nord. Aussi, la fabrication diminuant chaque jour, les producteurs vinicoles se préoccupent-ils avant tout d'écouler leurs vins en nature et d'améliorer les qualités. Les soins de plus en plus grands apportés dans le choix des cépages et dans la fabrication des vins tendent à réduire la quantité des vins à livrer à la chaudière. Comme il faut, en moyenne, 10 hectolitres de vin pour faire un hectolitre d'alcool, et que la récolte des vignes a souvent fait défaut, le prix net de l'alcool étant loin de couvrir les frais de la distillation, les propriétaires ont trouvé leur intérêt à ne plus distiller et à améliorer la fabrication de leurs vins, afin de les rendre plus propres à la consommation des vins communs, souvent impropres, des autres parties du pays. Cette amélioration a été obtenue par l'addition d'une certaine proportion d'alcool, c'est-à-dire par le *vinage* des vins à expédier au dehors. L'ex-

périence a également appris que les alcools de vin eux-mêmes gagnaient sensiblement en qualité par l'addition d'une certaine dose d'alcools de grains, de mélasses ou de betteraves, c'est ce que l'on appelle l'*affinage*. Aussi, le Midi, de grand producteur de spiritueux qu'il était, est devenu graduellement grand consommateur. L'établissement des chemins de fer et des voies de communication n'a pas peu contribué à créer cette situation, en facilitant, d'une part, la vente des vins en nature et, d'autre part, l'arrivée des alcools industriels du Nord. Il ne faut donc pas chercher de grands progrès dans la distillation, telle qu'elle se pratique encore dans le Midi.

Dans le Midi, les vins que l'on distille ont un titre alcoolique de 9 à 10 pour 0/0.

Les eaux-de-vie qui sont le produit pur et simple de la distillation du vin représentent le quart ou le cinquième du volume de vin distillé et ne marquent que 35° environ. Pour leur donner le titre de 52° qui correspond à la force des eaux-de-vie commerciales, il faut les rectifier.

L'esprit, au contraire, connu sous le nom de trois-six, doit marquer environ 86° Gay-Lussac, c'est-à-dire, contenir en volume 86 p. 0/0 d'alcool pur. On ne peut arriver à ce titre que par l'élévation de la richesse alcoolique des liquides distillés, c'est-à-dire, en faisant passer successivement de l'alcool du vin dans des vins qu'il sature de plus en plus.

Les alcools bon goût du Midi, marquent d'ordinaire de 80 à 90° Gay-Lussac. Une certaine quantité sert, comme nous l'avons dit, au vinage des vins, l'autre s'écoule sous les noms d'esprit trois-six ou d'eau-de-vie de Montpellier, dans la fabrication des liqueurs, l'industrie et la consommation domestique.

En dehors de ces alcools bon goût, on fabrique en grande quantité des trois-six de marcs, extraits des marcs du raisin par des appareils distillatoires.

DISTILLATION DES MARCS. — Les alcools provenant du

marc de raisin, sont, nous l'avons déjà fait remarquer, d'une qualité inférieure, à cause de l'huile essentielle qu'ils renferment. Ils s'emploient dans l'industrie, surtout dans la chapellerie, l'ébénisterie, pour les vernis, les couleurs, l'éclairage, etc.

Dans les départements de la Meurthe, de la Moselle, des Vosges, et même dans la Haute-Bourgogne, ils remplacent les eaux-de-vie de marcs du pays.

La distillation des marcs de raisin se fait à 86° Gay-Lussac. Elle peut s'opérer dans un simple alambic ordinaire, dans la chaudière duquel on place le marc avec une certaine quantité d'eau, ou bien dans des appareils distillatoires analogues à ceux du vin, mais en modifiant l'ouverture des chaudières pour l'introduction des marcs, et en remplaçant le vin qui sert à la réfrigération par de l'eau destinée à l'extraction de l'alcool.

En fractionnant la distillation, ou en ajoutant des substances capables de retenir les impuretés des alcools de marc, on a cherché à les désinfecter. On a mis à profit la faible volatilité de l'alcool amylique relativement à celle du vin, et aussi l'action de la chaux vive; mais la désinfection n'est pas durable.

M. J. Brunet, pour extraire l'alcool sans entraîner les autres produits, ne délaye pas le marc dans l'eau; mais il le fait descendre dans des paniers en tôle percillée qui se poussent les uns à la suite des autres dans une colonne en fonte verticale. Un courant de vapeur d'eau fourni par un générateur arrive dans cette colonne par le bas, passe à travers les paniers, et s'échappe dans un serpentin condensateur. L'alcool vinique se trouve ainsi seul dissous et entraîné par la vapeur d'eau.

TRAITEMENT DES VINASSES ET DES MARCS. — Jusqu'ici, les résidus de la distillation des marcs sont employés en partie à la nourriture des moutons et en partie comme engrais. Un procédé économique vient d'être proposé pour extraire de ces vinasses l'acide tartrique qu'elles contien-

nent, et constituer une industrie lucrative, indépendante de l'alcool. MM. Juette et Pondevès traitent les vinasses encore chaudes, au sortir de l'alambic, ou en les réchauffant jusque vers 60°, par 1 à 2 pour 100 d'acide chlorhydrique dilué dans l'eau; après une agitation convenable, on sature les liqueurs décantées par de la craie ou de la chaux, et l'on obtient environ 3 à 4 pour 100 de tartrate de calcium qui est lavé et séché ou envoyé brut aux fabriques de produits chimiques, d'où l'on retire l'acide tartrique par les procédés connus. M. Juette a, en outre, décrit un procédé de dosage volumétrique, de telle sorte que le distillateur puisse se rendre un compte exact de l'acide tartrique contenu dans le produit brut qu'il vend. Enfin, l'enlèvement de l'acide tartrique des marcs n'empêche pas que les résidus soient employés, comme par le passé, à la nourriture des moutons ou à l'engrais.

MM. Juette et Pondevès modifient un peu leur traitement lorsqu'il s'agit des marcs de raisin, au lieu des vinasses, afin de recueillir l'alcool outre l'acide tartrique. Ils ont calculé que d'un million d'hectolitres de vin on pouvait extraire environ 200,000 kil. d'acide tartrique; or, la consommation de cet acide va sans cesse en augmentant, surtout depuis qu'on l'emploie dans la boulangerie, en Angleterre et aux États-Unis, pour faire lever le pain. La fabrication actuelle ne suffit pas à la demande, et la nouvelle industrie de MM. Juette et Pondevès, si elle parvient à s'établir dans le Midi, a toutes chances de succès.

2. Distillation des grains et des pommes de terre.

L'art du distillateur de grains et de pommes de terre consiste à transformer en sucre, puis en alcool, la fécule que renferment les produits du sol. A cet effet, on se sert le plus souvent de l'orge que l'on fait germer en l'humectant et en la maintenant pendant quelques jours à une température de 14 à 22 degrés. Lorsque la tigelle a

acquis environ la moitié de la longueur du grain, on arrête la germination en soumettant l'orge à une prompte dessiccation. La *diastase* qui se produit pendant la germination jouit de la propriété remarquable de transformer rapidement la fécule en sucre, sous l'influence d'une température de 60° à 70°; l'orge diminue de poids en conséquence, et prend une saveur légèrement sucrée. On la réduit en farine et l'on mêle celle-ci avec 3 ou 4 fois son poids de farine de seigle, avec de la pulpe de pommes de terre, et avec une quantité convenable d'eau; au bout d'une heure et demie à deux heures, la totalité de la fécule se trouve convertie en sucre, si la température a été convenable. On abaisse alors la température du mélange à 22 degrés environ, en ajoutant de l'eau froide, et l'on y introduit un levain pour que le sucre formé se convertisse en alcool et en acide carbonique. Telle est, succinctement, la théorie de la distillation des grains et des pommes de terre.

Cette industrie alimente de spiritueux la plus grande partie de l'Europe, surtout les pays déshérités des produits de la vigne et de la betterave, c'est-à-dire les pays du Nord. En Allemagne, il n'existe pas une ferme de quelque importance qui n'ait son alambic; la distillation y étant reconnue comme la condition indispensable de l'engraissement du bétail et la base de tous les progrès. Aussi, le nombre de ces distilleries n'y est-il pas moindre de 15,000.

Autrefois, il n'y avait dans le nord de la France d'autre industrie agricole que la distillation des grains; on y distille bien encore dans quelques établissements industriels et dans quelques fermes limitrophes de la Belgique et de l'Allemagne, non-seulement des grains, mais encore de la pomme de terre dans les fermes, et des riz dans les localités voisines des ports, mais ces exemples deviennent de plus en plus rares. C'est qu'en effet, au point de vue commercial, les céréales si recherchées pour l'alimentation de l'homme, obtiennent en France un prix

généralement trop élevé pour qu'il y ait profit à les convertir en alcool. Il y aurait même un bénéfice dans certaines années, que la distillation deviendrait une opération d'une durée précaire et soumise à des chances aléatoires assez grandes.

La fabrication en France des alcools de grains a été, d'ailleurs, soumise à une législation spéciale peu faite pour assurer son développement. Certains décrets ont défendu la distillation des grains et farineux; d'autres l'ont autorisée à certaines conditions reconnues plus tard impraticables; enfin, la franchise des grains étrangers et des riz étant accordée, on a rétabli les droits anciens.

Quelques industriels seulement ont pu utiliser leurs résidus à l'engraissement des bestiaux. Des quarante ou cinquante distilleries qui travaillaient les grains : seigles, orges, maïs, riz, etc., en 1860, les plus importantes ne produisaient guère plus de 60 hectolitres d'alcool pur par jour, procurant la nourriture à 60 têtes de gros bétail ou l'équivalent en porcs. Sur 1,250,000 hectolitres d'alcool représentant la production française en 1867, les distilleries de farineux produisaient 61,000 hectol.

En Prusse, où l'on compte 6,916 alambics en activité, il n'y a pas de distilleries industrielles opérant sur la matière première. Il n'y a que de grandes usines de rectification qui agissent sur les flegmes produits dans les fermes. La rectification est un travail à part qui s'effectue dans les grands établissements.

De même, en Angleterre, à quelques exceptions près, il n'y a que des usines de rectification. La fabrication se fait par le malt ou drèche, et les résidus sont employés au développement de la production de la viande et des engrais. C'est ainsi que les distillateurs anglais rendent de grands services aux contrées au milieu desquelles ils sont établis.

L'eau-de-vie de grains, produite à bon marché au titre de 72 à 75° Gay-Lussac, est achetée pour le commerce considérable des distillateurs que les Anglais appellent

rectifiers (rectificateurs). La consommation, par la distillerie, de cette eau-de-vie était, en 1860, de 1,325,000 hectolitres. On en retire un esprit, aussi exempt de goût que possible, d'une grande force, qui sert à faire les mélanges de cognac, de rhum, et surtout de *gin* consommé en si grande quantité.

Afin de s'assurer de la totalité du revenu des distilleries, le fisc (*l'Excise*) ne permet pas aux fabricants de trois-six de préparer la matière première en même temps qu'ils la distillent. La drèche doit être réduite en un liquide fermenté pendant un certain nombre de jours; l'appareil distillatoire, une fois chargé, est soumis à la perception.

Les trois-six anglais fournis par le grain et la mélasse sont un peu supérieurs aux produits français analogues, mais ils ont le même emploi dans la consommation.

GENIÈVRE DE HOLLANDE. — Le genièvre constitue la grande industrie de la Hollande qui se pratique dans des usines importantes. Nous décrivons le procédé de fabrication et l'installation d'une de ces usines (1).

On compte, comme outillage, 16 cuves à macération de 20 à 25 hectolitres chacune; 2 chaudières d'évaporation d'une contenance de 23 à 27 hectolitres pour les produits à introduire après fermentation maximum; 2 cuves à serpentin opérant la condensation des vapeurs des chaudières et donnant des premiers flegmes; 2 citernes de 25 hectolitres pour recueillir les flegmes et 1 chaudière à réfrigérant de 36 hectolitres, dans laquelle on introduit les premiers flegmes provenant de 6 cuves à macération, pour en tirer les seconds flegmes. On renouvelle deux fois cette opération afin d'obtenir les seconds flegmes de 12 cuves ou environ 30 hectolitres, que l'on rectifie dans une même chaudière au titre de 46 degrés centésimaux, et que l'on traite en bourse, sous la déno-

(1) *Annales du commerce extérieur*, n° 1625.

mination de *moutwyn*. Par une nouvelle rectification du *moutwyn*, dans lequel on introduit les ingrédients aromatiques voulus, on obtient le genièvre de Hollande que l'on recueille par des tuyaux souterrains, au sortir du serpentín, dans des citernes en bois d'une contenance de 150 à 250 hectolitres.

Bien que chaque distillateur fasse un secret de son mode particulier d'assimilation et de cuisson, on sait que les matières premières qui entrent dans la fabrication du genièvre se composent de deux tiers de seigle en farine et de un tiers de malt ou orge germée. En moyenne, on verse 9 kil. de farine par hectolitre de capacité dans les cuves à macération, soit pour une cuve de 20 hectolitres, 120 kil. de farine de seigle et 60 kil. de farine de malt. Après avoir fait couler de 60 à 80 litres d'eau froide dans les cuves, on introduit d'abord la farine de seigle, trempée dans de l'eau bouillante; on ajoute, graduellement, la farine de malt pour déterminer la saccharification de la masse qu'on active, après agitation, en se servant des résidus liquides d'une distillation antérieure. On brasse jusqu'à ce que la température atteigne de 24 à 25 degrés centésimaux, on laisse reposer une demi-heure et l'on reprend de la même manière à deux reprises différentes; puis, au bout de deux heures, on ajoute 500 grammes de levûre et l'on brasse de nouveau. Après un repos absolu de trois à quatre heures, la fermentation se prononçant, on soutire les deux tiers du liquide pour d'autres cuves où la fermentation s'achève.

La fermentation laisse dans les cuves du levain qui surnage en partie, et en partie se précipite au fond. Lorsque l'on reporte le liquide dans les cuves, on a bien soin de maintenir le levain en place par des flèches en bois. Cette opération finie, le levain est trempé à l'eau froide et demeure au *bain* jusqu'à ce qu'il se précipite. Finalement, on laisse l'eau s'écouler.

PROCÉDÉ FLEISCHMANN. — MM. Léopold et Aloïs Fleischmann, distillateurs à Olmutz, en Moravie, employaient

dès 1862, l'acide sulfureux pour obtenir une plus grande quantité d'alcool des matières amylacées soumises à la distillation. Cet acide, en dissolution dans l'eau, sert pendant la trempe des grains à désagréger le tissu cellulaire du maïs, du blé, du seigle, et à enlever les huiles essentielles qui donnent une odeur et une saveur empyreumatiques si désagréables à l'alcool de grains; enfin, il procure une fermentation non-seulement plus rapide, mais plus complète pour la conversion du sucre en alcool. Un autre avantage consisterait dans la non-formation des acides lactique et acétique qui se développent surtout pendant les mois d'été aux dépens de l'alcool.

D'après le procédé Fleischmann, on obtiendrait avec le maïs de 20 à 24 pour 100 d'alcool en plus; avec le blé et l'orge de 12 à 15 pour 100, et avec les pommes de terre de 10 à 12 pour 100.

L'acide sulfureux employé à cette fabrication exige une pureté exceptionnelle. Celui qui provient de l'évaporation de l'acide sulfurique dans des cornues en fer en présence du charbon de bois, est imprégné de sulfures qui donnent lieu, pendant la distillation, à des produits secondaires nauséabonds, qui altèrent les récipients.

M. Moritz Hatschek, pour remédier à ce grave inconvénient de la méthode Fleischmann, construit un appareil dans lequel l'acide sulfureux est obtenu par la combustion du soufre en présence de l'air atmosphérique. Cet appareil économise le combustible, l'entretien des récipients à distiller, les frais de préparation de la dissolution acide; évite la manipulation de l'acide sulfurique, et permet d'obtenir un alcool exempt de goût. L'appareil de M. Moritz Hatschek s'est vite répandu en Hongrie et en Transylvanie, où il donne d'excellents résultats. Nous devons à l'obligeance de M. Ladislas de Wagner de pouvoir le décrire d'après la fig. 1, pl. II. Il se compose de trois parties principales: une chambre à combustion A, un récipient à gaz B et une colonne C. Toutes ces parties sont en fonte et communiquent entre elles par les tuyaux

b b et *c c*; elles sont garnies intérieurement, de même que les tuyaux de communication, sur une épaisseur de 0^m,01 à 0^m,012, d'un lut formé de trois parties d'argile, 1,5 à 1,75 partie de limaille de fer, et de 6 à 6,5 parties d'acide acétique.

Dans le compartiment *a* de la chambre à combustion, on introduit de 250 à 375 grammes de soufre concassé, puis on fait un feu doux en *W*, jusqu'à ce que le soufre se soit liquéfié dans la tasse *a*; alors on l'allume et on ouvre le robinet *g* qui amène l'eau dans la colonne *C* par l'entonnoir *d*. L'eau coule en *C* tant que le soufre brûle; on rejette les premières parties d'eau chargée d'acide par le tube *r* et on reçoit le reste, soit dans un réservoir spécial, soit directement dans la cuve à saccharifier.

L'appareil est situé dans le voisinage immédiat de la grande cheminée de la distillerie, de manière à y faire pénétrer les branches *mm*, *mm* du tuyau principal *m* ou les coudes *nn* de ces branches.

PROCÉDÉ PESIER. — Suivant les indications de M. Dubrunfaut, M. Pesier employait, il y a quelques années, dans le district de Valenciennes, un procédé de distillation du maïs, applicable également à l'orge et au seigle, qui mérite d'être rapporté (1).

L'outillage comprenait 7 ou 8 cuiviers en bois, de 60 hectolitres de contenance, communiquant entr'eux par des tuyaux allant du bas de chaque cuvier au sommet du cuvier voisin. Les cuiviers munis d'un double fond pouvaient être chauffés par la vapeur. En chargeant 1000 kilog. de grain dans l'un des cuiviers, on arrivait après quatre heures à l'amener à l'état de cuisson parfaite; on arrêta alors l'ébullition pour ajouter 10 pour 0/0 d'acide chlorhydrique et on laissait macérer pendant 4 heures, après avoir couvert le cuvier. On soutirait après macération, de 60 à 70 hectolitres de jus marquant de 104

(1) *Rapport sur l'industrie sucrière*, par M. J.-B. Mariage, 1867.

à 105°, en lessivant à l'eau chaude tous les cuiviers préalablement chargés. En plein travail courant, on chargeait un cuvier toutes les 4 heures, on retirait le jus et on sortait du dernier cuvier la pulpe la plus lessivée.

Les jus étaient réunis dans une cuve et soumis à un jet de vapeur pour achever la saccharification, s'il y avait lieu ; puis on saturait l'acide libre par de la chaux et on refroidissait les jus dans un réfrigérant avant de les faire fermenter pour la distillation.

De 300 kilog. de maïs, on extrayait ainsi un hectolitre d'alcool à 90°, 300 kilog. de drèche égouttée, contenant de 5 à 6 pour 0/0 de matière grasse, plus 0,5 d'azote et 20 kilog. de levûre pressée, indépendamment de celle recueillie dans les cuves.

Cette méthode s'est propagée dans plusieurs distilleries du Nord jusqu'au jour où les trois-six baissant, les grains ont haussé et leur alcoolisation n'était plus praticable avec bénéfice.

Sauf dans les contrées septentrionales, où les genièvres entrent directement dans la consommation à des prix plus élevés que l'alcool rectifié, la distillation des grains, par suite de la cherté des céréales, est devenue très-difficile. Bien que sa pratique soit encore assez répandue, on peut dire qu'au point de vue agricole, elle est dans une situation d'infériorité relativement à la distillation de la betterave. En effet, les distillateurs de grains, d'après un document de la Société centrale d'agriculture belge, ne peuvent engraisser moyennement qu'une tête de bétail par hectare de grains consacré à la distillation, tandis que les distillateurs de betteraves peuvent engraisser de une tête et demie à trois têtes par hectare, suivant le système adopté.

3. Distillation des jus de betteraves et des mélasses.

Pour distiller les jus de betteraves et les mélasses, le procédé est plus simple que pour distiller les grains et

les pommes de terre. Le sucre existe tout formé dans ces matières et il suffit d'y ajouter un levain pour que l'alcool ne tarde pas à se produire.

Les mélasses n'ont d'autre emploi industriel, dans la plupart des contrées, que la distillation. Quand le prix de l'alcool est suffisamment élevé, on distille toutes les mélasses ; mais au-dessous, la fabrication diminue, pour cesser entièrement. Au reste, tous les efforts du fabricant de sucre tendent à réduire la proportion de mélasse pour accroître celle du sucre, et la matière première se trouve ainsi plutôt en voie de diminution que d'accroissement.

Les cours excessifs des alcools avaient déterminé un certain nombre de fabricants de sucre, en France, à ajouter à leur matériel de sucrerie ou de distillerie de mélasse, le complément d'outillage nécessaire pour distiller le jus de betteraves ; mais cette industrie ne pouvait être que transitoire. Dès que les alcools ont baissé, le plus grand nombre des établissements ont dû suspendre ou fermer leurs distilleries annexes et revenir à la fabrication du sucre.

Il n'en est pas de même des distilleries s'alimentant uniquement de betteraves. La prohibition qui a frappé en France la distillation des grains, la maladie de la vigne, les circonstances économiques ou climatériques qui ont entravé la fabrication des alcools de pommes de terre et de fruits, ont eu pour résultat de développer les distilleries de betteraves et de pousser les fabricants à faire des alcools industriels. Ceux-ci s'y trouvaient encouragés d'autant plus, que les méthodes perfectionnées de rectification permettent de livrer des alcools de plus en plus purs et propres à entrer dans la consommation directe ou à accroître la richesse alcoolique des vins. C'est par ces motifs que les distilleries de betteraves se sont propagées, par exemple, dans le nord de la France ; on jugera de l'importance de leur fabrication par quelques exemples choisis entre maints autres.

La distillerie d'Esquermes, à Lille, appartenant à M. Bigo-Tilloy, convertissait en 1861, en alcool, la récolte obtenue sur 350 hectares, soit environ 16 millions de kilogr. de betteraves fournies par les terres situées à l'est et au sud de Lille. De cette quantité de racines, on retirait 3,200,000 kil. de pulpe pour l'alimentation du bétail et 6,500 hectolitres (1,000 pipes) d'alcool à 90°, dont le prix de revient variait de 80 à 85 fr. ; les betteraves elles-mêmes valant en moyenne 20 fr. les 100 kilog. Cette fabrication, à raison d'une consommation de 120,000 kil. par journée de 24 heures, se faisait dans l'espace de 5 mois, du 1^{er} octobre à la fin de février.

Dans le seul arrondissement de Valenciennes, 8 distilleries de mélasse fabriquèrent, en 1866, 67,392 hectolitres d'alcool, pour lesquels l'arrondissement ne fournissait que 16 millions de kil. de mélasses, représentant 40,000 hectolitres d'alcool; les 27,000 hectolitres d'excédant provenaient des mélasses belges et allemandes, évaluées à 10 millions de kilogr. au moins (1).

On trouve en Allemagne beaucoup de distilleries de mélasses annexées aux sucreries.

A Stassfurt, dans l'établissement de MM. Bennecke, Hecker et C^{ie}, où l'on traite plus de 200,000 quintaux de betteraves par an, et 35,000 quintaux de sucre brut pour le raffinage, on emploie les mélasses, indépendamment de celles que l'on achète, à la distillation. De 20,000 quintaux de mélasses, on y extrait 750 hectolitres d'alcool marquant 80 p. 0/0 *tralles* et environ 100,000 kil. de potasse brute. La distillerie emploie des machines à vapeur de la force de 15 chevaux et vend ses produits aux rectificateurs des environs de Magdebourg, Halberstadt, etc.

A Altstedt, près de Weimar, la fabrication du sucre de betteraves est combinée avec une distillerie qui traite les mélasses et les pommes de terre. Il en est de même dans la grande sucrerie de Glauzig.

(1) *L'industrie sucrière*, par J.-B. Mariage, 1867.

La Société badoise pour la fabrication du sucre, a une distillerie, indépendamment d'une raffinerie et d'une fabrique de noir animal.

Que l'on retire l'alcool directement des betteraves ou des mélasses, la distillation permet à l'agriculture de conserver aux exploitations les principes fertilisants les plus précieux. Pour que la fabrication du sucre ait les mêmes avantages, il faudrait que la distillation des mélasses fût annexée aux sucreries et que les vinasses fussent rendues à la culture. En effet, d'après Sauerwein, les vinasses de betteraves calcinées, c'est-à-dire la masse charbonneuse provenant de la calcination du dépôt obtenu par la distillation des mélasses, se composent de :

Parties insolubles dans l'eau (charbon, etc.)	23
Parties solubles.....	77
	100

Ces parties solubles se composent à leur tour de :

Potasse.....	44,4
Soude.....	17,7
Acide carbonique.....	22,5
Acide sulfurique.....	6,0
Chlore.....	7,2
	97,8

4. Distillerie agricole.

La production de l'alcool dans les fermes, réalisée par la distillation des betteraves, est une industrie relativement récente. Chaque année, elle concourt plus activement à l'élevage du bétail et à la fumure des terres par les abondants résidus qu'elle laisse à la terre, en n'empruntant pour l'alcool que le sucre sécrété par la racine. Elle contribue également à maintenir l'abondance des céréales, en ménageant les quantités de grains autrefois destinés à la fabrication d'eaux-de-vie, et à conserver dans la consommation ou pour l'échange, des vins employés à la production alcoolique.

La distillerie a, comme annexe des fermes, des avantages sur la sucrerie qu'il est difficile de contester. Ces avantages se rapportent au travail chimique comme au travail mécanique. Ainsi, dans la distillation des betteraves, on n'opère que sur la matière sucrée, sans égard aux matières étrangères, et l'on n'a pas à craindre les altérations du sucre cristallisable, puisque sa conversion en glucose est une des conditions de la formation de l'alcool. En outre, la distillation exige un dixième seulement du combustible employé dans la sucrerie et une main-d'œuvre très-ordinaire, pour laquelle l'ouvrier rural est aussi apte que celui des grandes usines. Enfin, le sucre est très-altérable, tandis que l'alcool, une fois développé dans les jus, ne subit aucune modification pendant le traitement, quels que soient les appareils.

DISTILLERIES CHAMPONNOIS. — C'est à M. Champonnois qu'est due l'introduction définitive de la distillation de la betterave dans les fermes, par la création d'un outillage simple, relativement peu coûteux, par l'emploi d'un mode facile et peu dispendieux de traitement de la betterave et par la reconstitution de cette racine quant à sa valeur nutritive. Le procédé Champonnois consiste, on le sait, à découper en cossettes les betteraves préalablement lavées et à les faire macérer dans un cuvier par les vinasses. Le jus ainsi obtenu est dirigé dans une cuve où il est soumis à une fermentation continue par le mélange avec le jus plus ancien d'une cuve précédente en pleine fermentation, lorsque le travail du ferment est terminé, ce jus est dirigé dans la chaudière à distiller et la vinasse constitue ce qui reste dans la chaudière, lorsque ce jus a été complètement épuisé d'alcool. Un laveur, un coupe-racines, trois cuves à macérer, quatre cuves à fermenter, un appareil distillatoire, une ou deux pompes à jus, deux réservoirs à vinasse et un réservoir à alcool, forment l'outillage nécessaire à l'exploitation agricole de ce procédé. Voici, d'ailleurs, la légende de la planche III, dont nous devons le dessin à l'obligeance de M. Champonnois :

nous faisons suivre cette légende de la marche de l'opération telle qu'elle est pratiquée.

LÉGENDE.

- A, magasin à betteraves.
- B, laveur ou cylindre à claire-voie tournant lentement dans une bêche pleine d'eau. La terre adhérente aux racines s'en détache par le frottement résultant de la rotation du cylindre, et les betteraves sont rejetées hors du cylindre par une hélice placée à l'extrémité opposée à la trémie.
- C, coupe - racines, à tambour fixe, armé intérieurement de lames dentées, et dans lequel deux palettes, mues par l'axe (350 tours par minute), impriment aux betteraves un mouvement de rotation qui les oblige à venir, par l'effet de la force centrifuge, appuyer contre les dents des lames, et s'y découper en rubans ou cossettes de 0^m,010 de largeur sur 0^m,002 d'épaisseur. Ces cossettes s'échappent du tambour par des lumières ménagées à côté des lames et tombent sur le carrelage disposé en cuvette.
- D, cuiviers de macération contenant chacun 2,000 kil. de cossettes qui reposent sur un faux fond en tôle perforée, placé à 0^m,05 du fond. Un couvercle semblable se fixe sur les cossettes, à 0^m,15 du bord supérieur, pour laisser place à la vinasse destinée à opérer la macération. Un trou d'homme (*d*) sert à enlever la pulpe, quand la macération est terminée.
- E, citerne à jus faible.
- F, cuves de fermentation, de 100 hectolitres de capacité, dans lesquelles arrive naturellement par un tuyau commun, le jus sortant des cuiviers de macération.
- G, citerne à vin (jus fermenté) où, par une soupape, on vide chaque cuve après sa fermentation et où aspire la pompe à vin.
- H, châssis à trois pompes. La 1^{re} pour l'eau du laveur, la 2^e pour le jus faible et la 3^e pour le vin.
- I, bac à jus faible.
- J, bac à vin.
- K, appareil à distiller composé d'une chaudière (*e*), d'une colonne (*f*) formée de plateaux superposés, et renfermant à son sommet le chauffe-vin, d'un réchauffoir (*g*) et d'un réfrigérant (*h*).
- L, réservoir à flegmes.
- M, moteur : manège ou machine à vapeur dite *borne* ou *portative*, commandant l'arbre de transmission N.
- O, magasin à flegmes.
- P, dépôt de pulpes.

Le vin descend du bac J, par un tuyau, dans le réfrigérant où il condense la vapeur alcoolique, remonte dans le chauffe-vin où il analyse les vapeurs provenant de la colonne, en y condensant seulement les vapeurs aqueuses qui rétrogradent dans la colonne; puis il entre dans la colonne, où il descend de plateau en plateau jusqu'à la chaudière, dans laquelle le foyer entretient l'ébullition. Le vin, alors entièrement épuisé d'alcool, prend le nom de *vinasse*, et il sort de la chaudière par un tuyau de trop-plein prolongé jusqu'aux cuiviers où il sert à opérer la macération des cossettes.

La vapeur suit une marche inverse : elle monte de la chaudière dans la colonne, où, barbotant dans chaque plateau, elle vaporise le vin, et arrive au chauffe-vin où elle abandonne sa partie aqueuse qui redescend, tandis que la vapeur alcoolique passe seule et vient se condenser dans le réfrigérant, en alcool à 50 ou 70 degrés centésimaux (*flegmes*).

Le réchauffoir (*g*) sert à utiliser la température en excès dans la vinasse qui sort bouillante de la chaudière, au profit du vin à distiller; après son passage au réfrigérant, ce dernier traverse un faisceau de tubes autour desquels circule la vinasse qui lui abandonne 20 à 25° de chaleur.

Voici maintenant la marche du travail :

Après que la betterave a été débarrassée par le laveur de la terre adhérente, elle est reprise par un ouvrier qui la jette dans la trémie du coupe-racines. Un second ouvrier, placé entre cet instrument et les cuiviers de macération, ramasse, à l'aide d'une large pelle, les cossettes et les distribue dans le cuvier à charger. On doit avoir soin de répartir ces rubans sur tout le tour du cuvier, afin d'éviter un trop grand tassement au centre.

Dès que la betterave est coupée, on doit immédiatement l'aciduler avec de l'eau contenant 2 à 3 millièmes d'acide sulfurique du poids de la betterave. Cette quantité d'acide peut être utilement réduite à moitié, en lui substituant le double en poids de sel marin.

Le cuvier étant plein, on fixe la grille supérieure et on envoie par un robinet le jus faible d'abord, et ensuite la vinasse fournie continuellement par l'appareil à distiller et qu'un tuyau muni de robinets amène jusqu'aux cuviers. La macération, ou déplacement du jus par la vinasse, s'opère, et la pulpe, en retenant cette dernière, reprend donc exactement tous les principes autres que le sucre et qui sont la partie alimentaire contenue dans le jus.

Un tuyau vertical prend, au fond du cuvier, le jus, et le remonte pour être déversé un peu au-dessous du bord supérieur, dans un entonnoir commun qui alimente, par un tuyau et des robinets, les cuves de fermentation.

Après une macération de 5 à 6 heures environ, suivant la richesse en sucre de la betterave, le cuvier étant épuisé de jus sucré, on lève une soupape par laquelle tout le liquide restant dans le cuvier (jus faible) s'écoule dans la citerne E, d'où une des pompes l'élève dans le bac I pour commencer la macération du cuvier suivant. Puis, le tampon du trou d'homme (*d*) étant enlevé, on fait sortir la pulpe à l'aide d'une fourche plate et d'une pelle.

Au sortir des cuviers de macération, le jus est dirigé sur les cuves, où il arrive en filet continu dans du jus en pleine fermentation. Il n'est donc pas besoin d'employer la levûre de bière ou d'autres agents, pour provoquer sa fermentation, ainsi qu'on le faisait autrefois.

Dès qu'une cuve est pleine, on la coupe avec la suivante, et on les remplit toutes deux, en y faisant arriver simultanément le jus des cuviers de macération. On agit ainsi pour toutes les cuves, en coupant toujours la dernière et laissant s'éteindre la fermentation de la plus ancienne.

La fermentation une fois éteinte, on vide par une soupape, la cuve dans la citerne G où aspire la pompe à vin qui élève ce dernier dans le bac I, destiné à alimenter l'appareil à distiller.

En résumé, on voit que le système Champonnois a pour base *la reconstitution de la betterave comme matière alimentaire*, en employant pour la macération, *la vinasse*, qui n'est autre chose que le jus lui-même, privé de sucre, mais contenant tous ses principes nutritifs.

La régularité des fermentations est assurée par l'arrivée en filets continus, des jus sucrés dans les cuves de fermentation, où ils participent aussitôt au mouvement de ces dernières; l'on évite ainsi toutes chances d'altération.

Un avantage accessoire de l'emploi des vinasses, est de n'avoir plus à les écouler au dehors, où leur décomposition sur la voie publique était autrefois une cause grave d'insalubrité. En outre, on n'a plus besoin d'eau que pour le lavage de la betterave. Enfin, ce système n'exige qu'un outillage simple et facile à conduire après un court apprentissage, par des ouvriers de ferme.

5. Appareils des distilleries.

La distillation des liquides alcooliques, quelle que soit la matière qui fournisse l'alcool, se pratique en grand, soit à la chaudière, soit à la colonne. La chaudière employée dans les distilleries agricoles et dans les établissements où l'on produit des flegmes à bas degrés, travaille à feu nu. Il en résulte que les matières fixes carbonées et azotées contenues dans les flegmes sont exposées à s'altérer par la chaleur, et donnent naissance à des substances volatiles fortement odorantes et sapides qui varient suivant les liquides. Les vins, les moûts de froment, d'orge, de seigle, d'avoine, de riz, le jus de betteraves, la mélasse, les féculs, etc., fermentés, fournissent des flegmes d'odeur et de saveur très-différentes, par suite de l'existence de produits, les uns plus volatils, les autres moins volatils que l'alcool et l'eau.

La colonne utilisée dans les grandes usines n'a pas les inconvénients de la chaudière, par suite du mode de chauffage qui s'opère par la vapeur d'eau portée à la

pression de 3 à 5 atmosphères, mais elle expose l'industriel à la perte d'une certaine quantité d'alcool, si l'écoulement des liquides s'opère avec une trop grande vitesse.

Quoiqu'il en soit, que le produit soit obtenu à la chaudière ou à la colonne, on y sépare les matières volatiles odorantes et sapides à l'aide d'une opération plus complexe que la simple distillation, et que l'on désigne sous le nom de *rectification*.

Si l'on soumet simplement à la rectification, dans une chaudière, les flegmes obtenus des moûts de grains par la chaudière ou la colonne, après les avoir mêlés d'un volume égal d'eau, on obtient un liquide marquant de 48° à 50° centésimaux, mais qui renferme encore toutes les matières plus volatiles que l'alcool et les huiles moins volatiles que lui. Des distillations répétées séparent une nouvelle quantité d'eau et rapprochent les esprits de plus en plus de l'alcool anhydre, mais le goût ne s'en va pas à la chaudière et l'alcool exhale le plus souvent une odeur nauséabonde. Aussi a-t-il fallu imaginer des appareils spéciaux de rectification, dans le but de séparer l'eau de l'alcool et l'alcool des substances volatiles. La première partie de cette opération, la séparation de l'eau, se fait assez bien par les appareils de distillation perfectionnés, pour que le liquide obtenu renferme de 95 à 96,5 d'alcool anhydre; pour la seconde partie, on obtient ordinairement 75 p. 0/0 d'alcool épuré et 25 p. 0/0 de liquide souillé par des huiles infectes. C'est sur la diminution de cette perte qu'ont porté les efforts des constructeurs dans ces dernières années.

Avant de décrire les appareils complexes qui opèrent la séparation de tous les produits des flegmes, nous signalons l'érorateur Kessler destiné à la petite culture, et quelques alambics ou chaudières plus simples qui se sont répandus notamment dans les pays vignobles.

A. Appareils à chaudière.

ÉRORATEUR KESSLER. — *L'érorateur* de l'invention de M. L. Kessler peut rendre des services réels dans la ferme pour la distillation économique de grandes masses de liquides.

L'érorateur est caractérisé par l'usage que l'on fait du couvercle même du vase de distillation pour opérer la condensation des vapeurs et en même temps l'élimination des liquides distillés. Soit une première bassine cylindrique renfermant le liquide, placée sur le feu et ayant à son bord supérieur une rigole déversant par un tube à l'extérieur. Si on adapte à cette bassine un couvercle conique dont le bord inférieur plonge dans la rigole et dont le pourtour soit muni de rebords verticaux permettant d'y placer un nouveau liquide, on aura un érorateur à simple effet.

L'eau de la chaudière émettra des vapeurs qui, au contact du couvercle conique refroidi, se condenseront en gouttelettes liquides; celles-ci glisseront le long des parois du cône, tomberont dans la rigole et se déverseront extérieurement par le petit tube. L'eau du couvercle s'échauffera bientôt par la chaleur latente de la vapeur condensée et émettra à son tour des vapeurs; mais, comme elle se refroidit par cette émission, elle pourra continuer à condenser les vapeurs de la chaudière.

On a ainsi un alambic des plus simples et dont les organes réfrigérants sont d'un nettoyage facile.

Qu'on admette maintenant que les bords du couvercle, dans l'érorateur à simple effet, soient garnis d'une rigole comme la première bassine et qu'on lui superpose un second couvercle semblable, on aura un érorateur à *effet multiple*. Dans ce cas, un tube de trop-plein, placé dans chaque case, permettra d'alimenter chaque bassine en cascades par le plateau supérieur. L'avantage de l'érorateur à plusieurs cases est de pouvoir préparer économiquement une grande quantité de liquide distillé par

émanation, c'est-à-dire exempt de gouttelettes projetées par l'ébullition, et à l'abri des poussières atmosphériques (1).

M. Pontier, pharmacien, a fait une heureuse application de l'érorateur Kessler à la petite culture, trop restreinte pour employer les chaudières à distiller, et placée souvent dans la nécessité de sacrifier ses bestiaux faute de nourriture à leur donner. L'alambic à double effet construit par M. A. Pontier est d'un maniement facile; on peut y distiller des marcs de raisin ou de pommes fermentées, produire aussi des flegmes que l'on rectifie dans les opérations suivantes à feu nu ou au bain-marie.

On y distille aussi des matières liquides, telles que les vins, lies de vin, jus fermentés, etc. Dans ce cas, le liquide distille en s'échauffant avant de descendre à la chaudière; l'alcool produit dans ces deux phases d'opération est recueilli séparément.

La figure *j* représente l'alambic Pontier; voici la légende :

LÉGENDE.

- A, foyer à charbon ou à bois.
- B, chaudière.
- C, bain-marie et chauffe-vin rectificateur.
- D, condenseur.
- H, réfrigérant des liquides condensés dans l'intérieur de l'appareil dessous les plateaux C et D.
- G, éprouvette des flegmes.
- G', éprouvette des eaux-de-vie.
- a, vidange de la chaudière.
- b, niveau et trop-plein de la chaudière.
- c, alimentation de la chaudière par le chauffe-vin.
- d, alimentation du chauffe-vin.
- e, écoulement de l'eau de condensation.
- f, trop-plein du réfrigérant et alimentation du condenseur.
- g, départ des eaux-de-vie rectifiées.

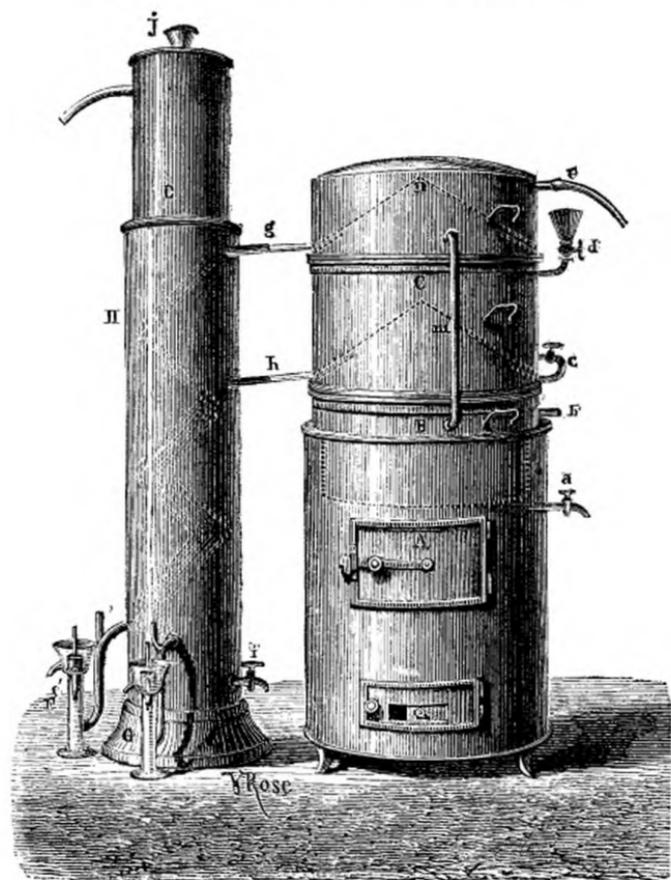
(1) Les cases supérieures peuvent encore servir à évaporer à basse température des solutions altérables par la chaleur; cet avantage est surtout intéressant pour les laboratoires.

h, départ des flegmes.

i, vidange du réfrigérant.

Un panier métallique perforé contenant les pulpes fermentées, dont on veut retirer l'alcool, plonge dans l'eau de la chaudière.

Fig. *j*. — Alambic Pontier, système érorateur Kessler.



Pour distiller les matières solides, pulpes fermentées de racines ou de fruits, marcs de raisin ou de pommes, matières féculantes, etc., on remplit la chaudière B à moitié avec de l'eau, des jus ou des flegmes ; on y plonge un panier contenant la matière fermentée et l'on garnit la rigole intérieure de la chaudière avec de l'argile pour

former le joint. Le condenseur D étant assis sur la chaudière, on introduit son tube d'écoulement dans le tuyau du réfrigérant ; puis on remplit d'eau froide le condenseur et le réfrigérant dont le trop-plein alimente le condenseur. L'alcool sort froid à un degré constamment indiqué par l'éprouvette G.

Dans le cas des matières liquides, flegmes, vins, cidres, etc., on vidange la chaudière épuisée d'alcool et ne contenant plus que de l'eau par le robinet *a* ; on l'alimente par le robinet *c*, jusqu'à écoulement par le trop-plein *b* de la chaudière. Quant au bain-marie, il s'alimente par l'entonnoir *d*, jusqu'à écoulement par un trop-plein.

La distillation s'opère d'une manière continue, sans démontage, et comme les surfaces de condensation sont situées immédiatement au-dessus des surfaces évaporantes, il n'y a pas lieu de donner des coups de feu qui altèrent le bouquet des eaux-de-vie ou leur laissent le mauvais goût.

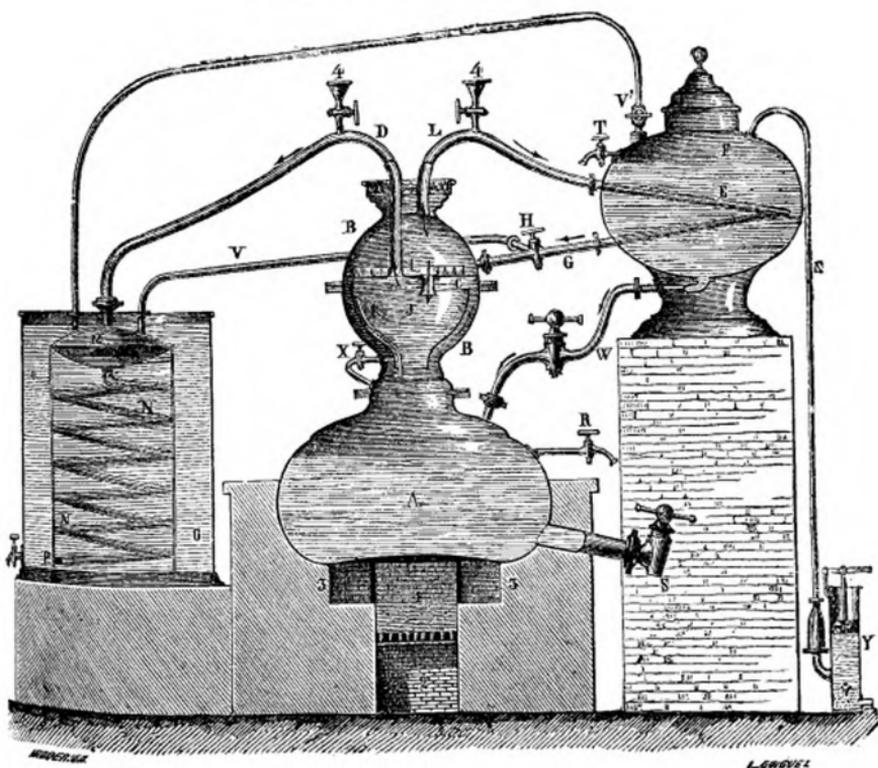
ALAMBIC VEILLON. — L'alambic Veillon a été généralement adopté dans les Deux-Charentes pour la distillation des vins et leur transformation en eaux-de-vie de Cognac. Nous le représentons en coupe, fig. *k*.

Le vin est pompé par Y dans la chaudière A, que l'on remplit jusqu'à la hauteur de l'indicateur R, et l'on ferme le robinet W, puis on continue à pomper le vin dans le vaisseau F, jusqu'à la hauteur de l'indicateur T. Le fourneau 1, dont le cendrier est en 2 et les carnaux en 3, 3, est allumé ; le vin entre en ébullition et les vapeurs s'élèvent entre les parois du chapiteau B et du bassin intérieur J pour se rendre dans le tuyau D. Elles réchauffent sur leur passage le liquide qui arrive sur le plateau colimaçon I et dans le bassin intérieur J. De la partie supérieure du chapiteau, les vapeurs rentrent en F, qu'on appelle le chauffe-vin, par le tuyau L et se condensent dans le serpentifère E, d'où elles retournent à l'état liquide par le tube G et le plateau I, dans le bassin intérieur J.

Une seconde distillation a alors lieu en J et les vapeurs s'élèvent dans le tuyau P pour se condenser de nouveau dans le serpentin N. Une lentille M, placée à la partie supérieure du serpentin, régularise la condensation et évite l'écoulement. Le serpentin N est placé dans un réfrigérant O, tenu plein d'eau à une température fixe par un bassin extérieur ou une pompe qui l'alimente d'une manière continue. L'eau-de-vie est reçue en P.

Les premières vapeurs ou flegmes, en se condensant dans le serpentin E, réchauffent le vin, contenu en F, jusqu'à une température de 75 à 80°, de telle sorte que

Fig. k. — Alambic Veillon.



lorsque le vin de la chaudière A est distillé, on écoule la vinasse au dehors par le robinet S ; on renvoie dans la chaudière A, par le robinet X, les flegmes du bassin J et

en ouvrant le robinet W, on remplit la chaudière A avec le vin contenu dans le réchauffe-vin F. L'opération recommence aussitôt.

L'excès de vapeur qui pourrait se produire dans le chauffe-vin est entraîné par une soupape de dégagement, dans la lentille M du serpent.

Le nettoyage de l'appareil doit se faire toutes les 24 heures.

Quand on veut repasser à la distillation des eaux-de-vie trop faibles ou de mauvais goût, un tuyau V prend au robinet à trois branches H et conduit directement au serpent le produit de la première distillation, un tuyau de trop-plein K, sert alors à dégager l'excès de liquide qui pourrait arriver dans le bassin intérieur J.

APPAREILS MOBILES. — Divers constructeurs se sont préoccupés de la construction d'appareils distillatoires mixtes, montés sur chariot et capables d'être trainés sur les exploitations agricoles, de manière à fabriquer de l'alcool chez les propriétaires. Ces distilleries ambulantes pouvant se loger sous les hangars, pendant un temps relativement court, ont rendu de véritables services. Nous citerons parmi celles-ci les distilleries des systèmes Veillon et Egrot dont nous décrivons les appareils fixes, et qui peuvent distiller toutes espèces de boissons fermentées, telles que vins, cidres, poirés, hydromels, moûts de grains, etc.

B. Appareils à colonne.

Les appareils les plus compliqués consistent en une colonne à plateaux, munie de réfrigérant analyseur et de réfrigérant ordinaire. Dans le *réservoir* renfermant le liquide à rectifier, on fait arriver de la vapeur d'eau surchauffée dans un tube à spirale et à retour d'eau, fixé à demeure au fond du réservoir. Les vapeurs produites par l'ébullition lente et régulière se rendent dans la *colonne* cylindrique contenant de 10 à 20 compartiments séparés, à plateaux faisant office, l'un à l'égard de l'autre, de ré-

servoir et de chaudière de distillation; c'est-à-dire que les vapeurs condensées dans le premier compartiment entrent en ébullition et émettent des vapeurs qui se condensent à leur tour dans le second compartiment, et ainsi de suite jusqu'au vingtième; de telle sorte que la tension de la vapeur d'alcool étant beaucoup plus grande que celle de la vapeur d'eau, les liquides s'enrichissent en alcool au fur et à mesure qu'ils s'éloignent du réservoir. Le dernier compartiment, dont le liquide renferme le minimum possible d'eau, suivant la température à laquelle on opère, est mis en communication avec un *serpentin analyseur* à température constante, mais d'autant plus basse qu'on veut de l'alcool plus concentré. En pénétrant dans un réfrigérant, le mélange de vapeurs d'eau et de vapeurs alcooliques abandonne d'abord les vapeurs les plus aqueuses et, finalement, les vapeurs les plus alcooliques. Le serpentin entouré d'eau est, en conséquence, bifurqué à sa partie inférieure, de telle sorte que le liquide condensé est conduit par un des embranchements ou trop-plein dans l'avant-dernier, le troisième ou le quatrième compartiment supérieur de la colonne à plateaux, tandis que les vapeurs non condensées se rendent par l'autre embranchement dans un serpentin réfrigérant entouré d'eau froide où elles se condensent complètement.

Il résulte de ce mode d'opérer que les produits plus ou moins volatils, éthers et essences, se répartissent dans les vapeurs d'après l'ordre de leur plus grande volatilité; d'où il suit que le premier alcool obtenu et désigné sous le nom de *tête* de distillation, contient des éthers et des fluides odorants, tandis que le dernier, ou *queue* de distillation, renferme les huiles essentielles. Outre la perte d'un quart du produit réel, due à cette cause, l'alcool rectifié lui-même n'est pas suffisamment épuré, car les produits odorants, plus volatils que lui, infectent non-seulement les compartiments de la colonne, mais l'analyseur et le réfrigérant. Or, la désinfection de ces différents

récipients ne pouvant s'effectuer qu'à l'aide de l'alcool lui-même, on doit en sacrifier d'autant plus que l'opération marche plus rapidement. La disposition de la colonne à compartiments ne se prête pas facilement à un nettoyage dans l'intervalle de deux opérations; les réfrigérants analyseurs ou simples, sous forme d'hélice ou de zigzag, se nettoient aussi difficilement et exigent une quantité d'eau froide considérable. Enfin, l'appareil fonctionne d'une manière intermittente.

Ces inconvénients étant établis, nous nous proposons de faire connaître les appareils proposés récemment pour y remédier, et qui ont puissamment contribué à la prospérité des distilleries. On se rendra compte du progrès accompli par ce seul fait que des appareils qui donnaient, il y a dix ans, deux pipes de trois-six par jour, peuvent en livrer aujourd'hui jusqu'à 25, soit 160 hectolitres d'alcool fin, de qualité beaucoup améliorée et d'un prix de revient bien moindre.

APPAREIL ÉGROT. — L'appareil Égrot à distillation continue, dont nous donnons la figure (pl. II, fig. 2), se recommande par l'économie de combustible, la modicité du prix, la simplicité du nettoyage et la richesse du degré. Il se compose des pièces suivantes :

a, chaudière en cuivre; — *b*, tuyau siphon pour la sortie continue des vinasses; — *c*, vidange pour vider complètement la chaudière quand il y a lieu; — *d*, ouverture pour le nettoyage de la chaudière, se fermant à l'aide d'un tampon; — *e, f, g, h*, massif du fourneau; — *i*, foyer; — *j*, barreaux; — *k*, cendrier; — *l*, tour à feu.

AAAA, colonne composée de plateaux distillant le vin d'une manière continue.

B, calotte recouvrant le dernier plateau de distillation et supportant la colonne à rectifier.

D, colonne à rectifier.

E, col de cygne conduisant les vapeurs alcooliques dans le serpent rectificateur.

F, enveloppe contenant le serpent rectificateur et servant de chauffe-vin à l'appareil.

G, enveloppe contenant le serpent réfrigérant.

l, sortie du serpent réfrigérant.

J, entonnoir recevant le vin et le portant au bas du chauffe-vin.

K, tuyau portant le vin du chauffe-vin dans le premier plateau.

NNN, tuyaux et robinets de rétrogradation des petites eaux dans la colonne à rectifier D.

R, cuvette régulatrice.

S, robinet flotteur.

T, robinet régulateur du vin, portant un cadran qui guide le distillateur.

U, tuyau portant le produit à l'éprouvette.

V, éprouvette, modèle perfectionné.

Z, cuve à vin.

Pour mettre en marche cet appareil, il suffit de remplir le bac Z du vin ou du jus que l'on veut distiller, au moyen d'une pompe Y; puis on ouvre le robinet T, qui laisse couler le vin dans le réfrigérant G, le chauffe-vin F et les plateaux de distillation AAAA, en ayant soin que le vin n'arrive pas jusqu'à la chaudière *a*.

Quand l'appareil doit marcher à feu nu, on remplit la chaudière *a* avec de l'eau (1), en l'introduisant par le tampon *d*, puis on met le feu; l'eau de la chaudière entre en ébullition et les vapeurs qu'elle fournit passent au travers de chacun des plateaux de distillation AAAA et dépouillent le vin de l'alcool qu'il contenait; de là, les vapeurs alcooliques s'élèvent dans la colonne à rectifier D, puis arrivent dans le serpentín rectificateur contenu dans l'enveloppe F, en passant par le tuyau E; enfin, les vapeurs alcooliques, après avoir été plus ou moins rectifiées dans ce serpentín, arrivent dans le serpentín réfrigérant contenu dans l'enveloppe G, pour sortir à l'état de liquide en I et être reçues dans l'éprouvette V, où se trouve un pèse-alcool qui marque le degré auquel arrive l'eau-de-vie ou l'alcool que l'on reçoit.

Le vin suit une marche en sens opposé à l'alcool; on l'introduit dans l'appareil en ouvrant le robinet à cadran

(1) Quand l'appareil est chauffé par la vapeur d'un générateur, il est inutile de commencer la distillation avec de l'eau; on peut laisser emplir de vin la chaudière, de même que les autres pièces de l'appareil.

T; l'entonnoir J qui le reçoit, le porte à la base de l'enveloppe G, en soulevant successivement toutes les couches de liquide contenues dans les enveloppes G et F; le vin se déverse à la partie supérieure du chauffe-vin par le tuyau K, qui le porte dans le premier plateau de distillation A, où, après avoir parcouru toutes les galeries, il se déverse sur celui inférieur et successivement sur les autres plateaux, jusque dans la chaudière *a*, d'où il s'échappe à l'état de vinasse, complètement épuisé, par le siphon-vidange *b*.

Le vin, en parcourant les galeries intérieures des plateaux AAAA, rencontre une grande quantité de petits bouilleurs qui divisent fortement la vapeur en distillation et agitent sans cesse le vin, pour le dépouiller de l'alcool qu'il contient; c'est là une nouvelle disposition qui assure la qualité et la finesse des produits.

La colonne de rectification étant placée sur la colonne à distiller, le degré peut acquérir, par suite de la rétrogradation existante, une force notable et l'alcool sort de 70 à 92°, surtout lorsque l'on opère sur les vins. Du reste, le degré alcoolique s'acquiert à la volonté du distillateur.

Pour le nettoyage, il suffit, si l'appareil est de petites dimensions, de démonter les 3 ou 5 plateaux, et s'il est de grandes dimensions, d'ouvrir les trous d'homme et d'en rincer parfaitement l'intérieur; ce nettoyage s'effectuant tous les deux mois, on se trouve dans les meilleures conditions pour obtenir d'excellents produits. Le chauffe-vin porte à sa partie inférieure une boîte à vis qui facilite l'enlèvement du dépôt qui se trouve à sa base. La chaudière porte une ouverture *d* pour faciliter également son nettoyage; tous les serpentins sont également montés dans leur enveloppe à l'aide de raccords, de sorte qu'en cas de nettoyage complet de ces serpentins, voulant ôter la croûte tartreuse qui les entoure et empêcher l'action réfrigérante, on peut retirer les serpentins de leur enveloppe, sans avoir à faire des soudures d'étain.

Dans diverses contrées, et notamment en Espagne, où l'on distille des vins très-riches, il est d'usage d'obtenir en première distillation des esprits à un très-haut titre, dépassant 90° centigrades. Dans ce cas, il est nécessaire d'avoir recours à une addition qui consiste en un chapiteau rectificateur qui surmonte la colonne à rectifier, lequel, par ses dispositions particulières, épure et augmente le degré de l'alcool.

Quand les vins ou jus fermentés quelconques, que l'on veut soumettre à la distillation, sont très-alcooliques et qu'ils surpassent 10 à 12° centigrades d'alcool, il peut devenir nécessaire de mettre un plateau de distillation de plus pour le parfait épuisement des vinasses.

APPAREIL CLAPARÈDE. — Les distilleries industrielles du Midi reposant sur le principe de l'appareil Laugier, Cellier-Blumenthal, perfectionné par Derosne et par Dubrunfaut, n'ont guère progressé.

M. Claparède, constructeur à Montpellier, a toutefois modifié par une ingénieuse disposition la distillerie Derosne. L'appareil se compose de quatre chaudières superposées, qui communiquent par des robinets et des conduits, de telle sorte que l'alcool passe librement par un tube recourbé de la chaudière inférieure dans celle qui est au-dessus, tandis que le liquide ne peut s'écouler que par la volonté de l'ouvrier, et se trouve soumis ainsi à une saturation d'alcool dirigée au gré de l'opérateur. Les vapeurs qui pénètrent dans le rectificateur étant ainsi plus alcooliques, la hauteur de la colonne a pu être réduite notablement. En outre, le rectificateur est divisé en deux portions; l'une verticale, l'autre horizontale, de façon à diminuer la hauteur totale de l'installation.

APPAREILS SAVALLE. — L'appareil à distiller de M. Savalle s'applique aux betteraves comme aux pommes de terre, aux seigles, aux riz et aux mélasses. Il consiste principalement en une colonne à plateaux superposés, construite de manière à ce que le contact des flegmes

avec la vapeur chargée de les dépouiller de l'alcool, soit multiplié et s'opère sur une surface souvent renouvelée, pour qu'il n'y ait pas de perte de chaleur et en même temps que les flegmes soient entièrement épuisés d'alcool.

Il se compose d'une chaudière à chauffage tubulaire, d'une colonne, d'un purgeur de mousse, d'un réfrigérant tubulaire servant à la fois de chauffe-vin et du réfrigérant des flegmes, et, enfin, d'un régulateur de vapeur qui donne à la distillation une régularité telle que les soubresauts soient évités. L'ensemble de l'appareil Savalle est représenté pl. II, fig. 3.

A, chaudière soubassement de colonne.

B, colonne à plateaux perforés.

D, brise-mousse pour prévenir l'entraînement des vins à l'éprouvette.

E, chauffe-vin réfrigérant tubulaire.

H, éprouvette graduée.

I, réservoir au vin.

R, régulateur de chauffage.

La colonne distillatoire est composée d'une série de plateaux perforés, du même genre que celui de l'appareil à rectifier (fig. *n* et *m*), pour utiliser toute la chaleur de la vapeur. Le liquide alcoolique, dont la hauteur sur chaque plateau est fixée par le trop-plein *f* et les boîtes *g*, descend de plateau en plateau par les trop-pleins *f*.

Le chauffe-vin réfrigérant se compose d'une capacité, en cuivre rouge comme tout le reste de l'appareil, munie de tubes perpendiculaires dans l'intervalle desquels monte le vin qui descend du réservoir I et pénètre en *l*. Le vin sort chaud à la partie supérieure et se rend par le conduit *n* sur les plateaux de la colonne B. En même temps, les vapeurs alcooliques, au sortir de la colonne par le tube *m*, purgent leurs mousses en D et, avec le liquide qu'ils entraînent en D, se condensent dans la partie supérieure du chauffe-vin et se refroidissent en abandonnant leur chaleur au vin qui monte et descend le long des tubes pour sortir dans l'éprouvette H.

L'éprouvette graduée en cristal (pl. II, fig. 5) sert à

évaluer la quantité d'alcool produite par heure et à constater la régularité du travail. L'alcool y arrive du réfrigérant par le tube A et emplît la capacité intérieure jusqu'au zéro de l'échelle graduée, puis, en montant, s'écoule par l'orifice du tuyau d'écoulement B, dont la surface est réduite; de telle sorte que, si l'écoulement est trop fort, le niveau de l'alcool, en montant au-dessus du zéro, établit une pression qui fait débiter un volume de liquide plus grand par l'orifice. Les variations de niveau constatées par les divisions de l'échelle graduée indiquent ainsi le volume de liquide écoulé par heure.

Le régulateur R, représenté à une plus grande échelle (fig. 4, pl. II), se compose d'une capacité ou chaudière inférieure A qui reçoit de l'eau froide jusqu'au niveau de la tubulure F. Cette tubulure, qui transmet la pression de l'appareil de distillation, sert aussi de trop-plein à l'eau de A. La couche d'air interposée entre le niveau de l'eau et le couvercle de A, suivant la pression, fait monter l'eau par le tube B jusque dans la capacité supérieure D, où elle soulève plus ou moins le flotteur G qui fait fonctionner, par l'entremise du levier E, le robinet distributeur à système de compensation F. Le flotteur dont la puissance est portée à 400 kilogrammes, règle la pression à un centimètre d'eau.

Grâce au régulateur, dans la distillation, les soubresauts sont évités, et le jet continu d'alcool est à un degré élevé, d'ailleurs, peu variable.

L'appareil de *rectification* perfectionné du système Savalle se compose (fig. 1) :

1° D'une chaudière à deux compartiments A, B, contenant un serpentín de chauffage et une couronne de vapeur;

2° D'une colonne formée d'un certain nombre de plateaux perforés, représentés en détail par les fig. *m* et *n*, en coupe, au 1/20, et en plan;

3° D'un condenseur tubulaire E;

4° D'un réfrigérant tubulaire F;

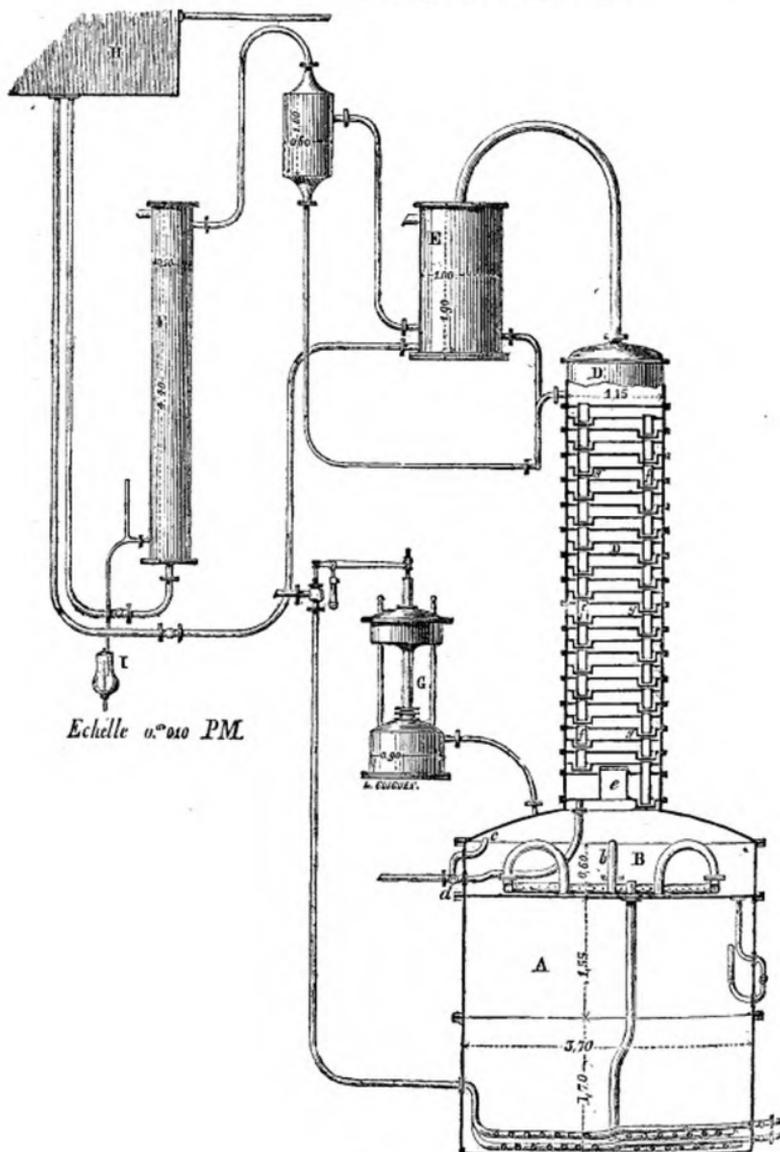
5° D'un régulateur de vapeur G;

6° D'un réservoir d'eau froide H;

7° Et d'une éprouvette I.

Cet appareil fonctionne de la manière suivante :
Le compartiment inférieur A de la chaudière étant

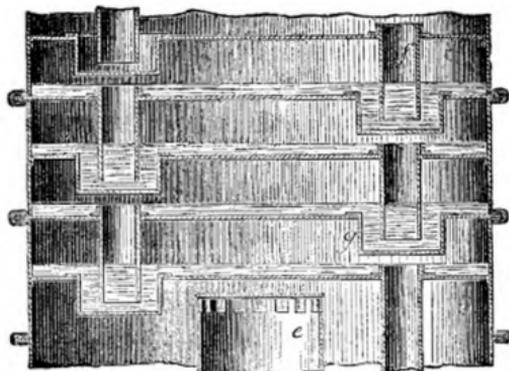
Fig. 1. — Appareil Savalle, pour la rectification.



rempli de flegmes à rectifier, on porte ces derniers à l'ébullition en introduisant la vapeur dans le serpentin

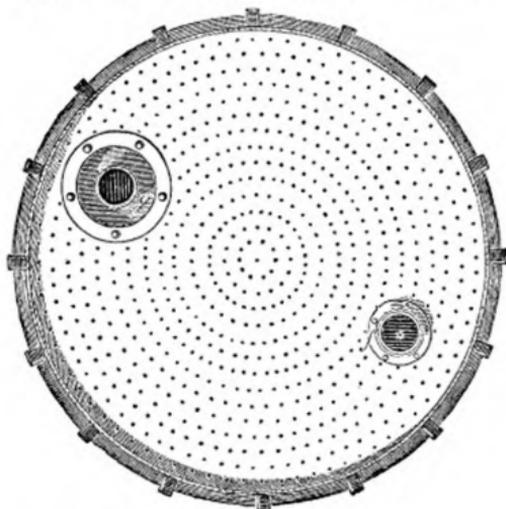
de chauffage. Les vapeurs alcooliques traversent le double fond, pénètrent dans le compartiment supérieur B, montent dans la colonne D, et rencontrent à chaque dis-

Fig. m. — Coupe d'un plateau de la colonne Savalle.



que des passages de vapeur différents qui font bouillir une couche de liquide maintenue sur chaque plateau. Ce

Fig. n. — Plan d'un plateau de la colonne Savalle.



liquide alcoolique descend de plateau en plateau en se déversant par les trop-pleins *f* et les boîtes *g* (fig. *m* et *n*). Au moment où les vapeurs alcooliques débouchent en B,

on ouvre le robinet d'eau *b* pour établir l'alimentation d'eau froide au condenseur E. Dès qu'elles sont condensées, elles retournent, sous la forme liquide, garnir successivement les plateaux de la colonne. Comme ceux-ci sont déjà chargés de liquide, on diminue, en fermant partiellement le robinet *b*, l'alimentation d'eau froide, de manière à ne plus condenser que les $\frac{2}{3}$ environ des vapeurs qui pénètrent en E. Ces deux tiers de condensation redescendent par les plateaux et viennent charger le deuxième compartiment de la chaudière.

Les vapeurs non condensées en E se rendent dans l'analyseur, y déposent les parties aqueuses qu'elles auraient entraînées et passent de là au réfrigérant F.

L'emploi du régulateur de vapeur G, tel que nous l'avons décrit, règle à un millième d'atmosphère le fonctionnement de l'appareil, en maintenant une pression de vapeur identique par suite du débit constant. Un thermomètre à vapeur, sur le compartiment supérieur de la chaudière, indique le moment où la chaudière est épuisée d'alcool; on ouvre alors le robinet *d* pour diriger le liquide venant de la colonne au réservoir aux huiles. On arrête la vapeur venant du générateur; la pression dans la colonne se détruit et le contenu des plateaux se vide par le robinet *d*. On purge l'eau de la chaudière et l'opération est achevée.

Lorsque la température a été trop élevée ou que les levûres employées sont de mauvaise qualité, les flegmes le plus souvent imprégnés de substances plus ou moins volatiles acquièrent un goût préjudiciable. Indépendamment des agents chimiques qui ont été indiqués pour neutraliser ces substances provenant des mauvaises fermentations, on a appliqué divers appareils de désinfection. Celui de M. Savalle se recommande par sa simplicité et son efficacité, bien que le prix vienne s'ajouter aux frais déjà élevés des appareils ordinaires. Il se compose d'une batterie de cylindres au nombre de 5, 10, 20 et plus, suivant la nature des produits à désinfecter et l'import-

tance des quantités à traiter. Dans la fig. 6, pl. II, on n'a représenté qu'une batterie de 3 cylindres en tôle, A, B, C, renfermant du charbon de bois en poudre et en morceaux et du noir animal. Le cylindre réfrigérant qui condense les vapeurs alcooliques et les huiles essentielles se voit en D. Les détails de ces cylindres sont les suivants :

- e*, robinet conduisant au réfrigérant D les vapeurs, lorsque l'on purge un des cylindres à l'aide de la vapeur.
- f*, robinet d'échappement d'air.
- g*, robinet de communication des cylindres entr'eux, pour permettre de faire passer l'excès des flegmes d'un cylindre dans l'autre.
- h*, robinet d'admission des flegmes venant du réservoir supérieur.
- j*, robinet de dégustation.
- i*, robinet de vapeur pour purger chaque cylindre et distiller l'alcool retenu par les charbons.
- k*, robinet de sortie des flegmes purifiés.
- l*, robinet de vidange de chaque cylindre lorsqu'il est saturé.
- m*, éprouvette d'écoulement des huiles, éthers et alcools du réfrigérant D.

La marche de l'appareil s'explique simplement. Les flegmes descendant par *h* dans le cylindre A, traversent les matières désinfectantes jusqu'en bas et passent en B, puis en C, d'où ils sortent désinfectés. Si un des cylindres, le cylindre A, par exemple, est chargé d'huiles essentielles et d'éther, ce qu'indique le robinet *j* de dégustation, on interrompt la communication avec les cylindres suivants et on admet les nouveaux flegmes en B, pendant que l'on purge le cylindre A, en admettant la vapeur qui distille l'alcool, les huiles essentielles, les éthers et les entraîne dans le réfrigérant D. Le jet de vapeur revivifie, en outre, les matières désinfectantes et on remet en fonction le cylindre A comme dernier de la batterie.

Si, au lieu d'admettre les flegmes par le haut, on les admet par le bas des cylindres, la purge de vapeur s'établit par le haut.

Le titre des flegmes épurés par l'appareil Savalle est

de 90 à 95 p. 0/0, et la qualité des produits est considérée comme extra-fine. Enfin, on réalise une économie dans la rectification, au point de vue du combustible et du rendement en alcool pur de premier jet.

APPAREILS VANGINDERTAELEN ET HAECK. — L'appareil de distillation et de rectification, imaginé par MM. Vangindertaelen et Haeck, se compose d'une ou de plusieurs chaudières à double fond et closes, dans lesquelles le liquide à distiller est chauffé par la vapeur circulant dans le double fond. Les vapeurs entraînant les produits plus volatils que l'alcool, tels que les éthers et les huiles essentielles plus ou moins inconnues, qui se produisent dans le liquide maintenu à une température voisine de l'ébullition, sont condensées dans un réfrigérant spécial formé de quatre cavités cylindriques emboîtées les unes dans les autres, avec un intervalle entr'elles de quelques millimètres seulement. Dans l'espace annulaire qui occupe le milieu, circule le courant de vapeur alcoolique à condenser; dans les deux autres espaces annulaires, servant d'enveloppes, circule de bas en haut un courant d'eau destinée à la condensation. Un mécanisme particulier force la vapeur à se répandre circulairement dans l'espace annulaire. Bien qu'indiqué depuis longtemps, le laminage des vapeurs, pratiqué dans ce réfrigérant, produit une liquéfaction subite de la vapeur d'alcool et pour peu qu'on maintienne pendant le temps nécessaire le liquide de la chaudière près de son point d'ébullition, on recueille d'abord les éthers et les produits plus volatils que l'alcool et ensuite de l'alcool aqueux et pur.

La chaudière dont la communication est ainsi établie avec le réfrigérant communique d'autre part, à la partie inférieure, avec l'appareil de la distillation proprement dit, qui consiste en un grand plateau horizontal divisé en canaux continus, dans lesquels arrive chaque fraction de liquide de la chaudière, sous forme de lame mince continuellement chauffée par de la vapeur ou de l'eau à une température qui varie selon la nature du liquide à

évaporer. Le liquide non évaporé de cet appareil est déversé sur un second plateau beaucoup plus petit que le précédent et désigné sous le nom de plateau *épuiseur*. Ce plateau, chauffé à une température plus élevée, sert à recueillir l'alcool échappé à la volatilisation du plateau évaporateur et les essences moins volatiles que lui.

La colonne à compartiments et le serpentín des appareils ordinaires sont remplacés par un analyseur qui épuise le liquide alcoolique et qui concentre l'alcool à la fois. Cet analyseur se compose de deux cylindres concentriques emboîtés l'un dans l'autre à une distance de quelques millimètres. Dans l'espace étroit, entre les deux cylindres, descend méthodiquement de l'eau sous forme de lame cylindrique, qui tient à une température constante la paroi du cylindre intérieur. Quant au cylindre intérieur, il est occupé par un certain nombre de bacs ou de bassins superposés, dont les côtés sont à une petite distance de la paroi du cylindre enveloppant. La vapeur alcoolique entrant par le bas dans le premier bassin, est obligée, pour passer dans le second, de se réduire à l'état de lame mince et de traverser la moitié, le tiers ou le quart de la circonférence du bassin, par suite d'obstacles interposés. Dans ce parcours, elle est forcément en contact avec la paroi, à température constante, enveloppée d'eau et elle subit une première condensation de ses vapeurs aqueuses. La même condensation se répète de bassin en bassin, la vapeur étant obligée de se mettre sous forme de lame mince et de se trouver ainsi condensée en partie sur chaque bassin qui est muni d'un trop-plein permettant au liquide de descendre immédiatement au bassin inférieur.

A la différence de la colonne ordinaire, où la réfrigération s'exécutant par l'air ambiant, nécessite un grand développement, des compartiments multiples et un serpentín analyseur à bain d'eau et à température constante; ici, la réfrigération s'effectue par l'eau seule suivant le degré de concentration d'alcool qu'on désire obtenir, avec

un appareil d'une construction simple, d'un démontage facile, d'un prix réduit.

Le réfrigérant en communication avec l'analyseur, recevant les vapeurs émanées du grand plateau, débite régulièrement et directement de l'alcool dépourvu de goût et d'odeur, tandis que le réfrigérant qui reçoit les vapeurs du plateau épaisseur fournit de l'eau à peine alcoolique contenant les essences moins volatiles que l'alcool lui-même.

Au résumé, MM. Vangindertaelen et Haeck, en fractionnant la distillation, d'abord dans un réservoir, ensuite dans un plateau analyseur et enfin dans un plateau épaisseur, et en réfrigérant successivement les produits de chaque opération, arriveraient à une perte en alcool bon goût de 7 pour 0/0 au lieu de 25 pour 0/0, que donnent les appareils ordinaires. En outre, le travail se fait *avec continuité*, il suffit pour cela de multiplier le nombre des chaudières-réservoirs où l'on chauffe les flegmes et l'on volatilise les fluides plus volatils que l'alcool.



TABLE DES MATIÈRES

EXPLOITATION DES MINES

Par **M. A. BURAT**, Ingénieur,

Professeur à l'École impériale centrale des arts et manufactures.

I. FORAGE ET CUVELAGE DES PUIITS A NIVEAU PLEIN. — Expositions de MM. DEGOSÉE ET LAURENT, SAINT-JUST DRU, KIND ET CHAUDRON	3 à 18
II. INSTALLATION DES PUIITS D'EXTRACTION ET DES PORTS SECS OU RIVAGES POUR LE CHARGEMENT DES CHARBONS. — Installation du puits Saint-Louis, près Saint-Étienne ; du puits Cinq-Sous, à Blanzly ; d'un puits de la compagnie de Douchy, dans le bassin du Nord. — Chevalet du charbonnage d'Hibernia. — Port de Montceau-les-Mines ; rivage de Denain	21 à 35
III. LES FILONS ET LES MINES DU HARTZ	473 à 495

MACHINES MOTRICES

Par **M. DWELSHAUVERS-DERY**, Ingénieur,

Répétiteur à l'École des mines de Liège.

I. MACHINES A ROTATION DIRECTE. — Machines de MM. PILLINER et HILL ; de M. BEHRENS ; de M. THOMSON ; de M. EDOUARD SCHEUTZ, de Stockholm	39 à 59
II. MOULINS A VENT. — Moulins de M. Pabbé THIRION, d'Aïssche-en-Refail ; de M. MOERATH, de Vienne	59 à 67
III. MACHINES A VAPEUR FIXES. — Considérations générales. — Machine horizontale de MM. HOUGET et TESTON, de Verriers ; de MM. LE GAVRIAN et FILS, de Lille. — Machines à balancier jumelées de M. CH. CARELS, de Gand. — Machine à balancier de M. LECOUTEUX, de Paris. — Machine horizontale jumelée de MM. RENS et COLSON, de Gand. — Machine verti-	

cale à deux cylindres de M. LAROCHAYMOND, de Tournay. —	
Machine à balancier de M. SIGL, de Vienne. — Machines de	
l'École professionnelle de Moscou. — Machine horizontale du	
système CARRETT, MARSHALL et C ^{ie} , de Leeds. — Machine de	
l'usine de Bochum (Prusse). — Machine d'ALLEN. — Machines	
exposées par MM. FARCOT et FILS, de Saint-Ouen.	67 à 17
Machines à glissières de CORLISS et d'INGLISS.	525 à 544
IV. MACHINES A GAZ. — Machines de M. HUGON, de M. OTTO,	
de M. LENOIR	499 à 521

MACHINES ET APPAREILS

Par M. L. PÉRARD, Ingénieur honoraire des mines,

Chargé des cours de physique à l'université de Liège.

Batteuse locomobile de M. RENAUD. — Essoreuse à moteur	
adhérent de MM. BUFFAUT FRÈRES. — Essoreuse de M. HANREZ	
FILS	121 à 133

PRODUITS DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

Par M. DE SELLE,

Professeur à l'École impériale centrale des arts et manufactures.

Résumé sommaire de la constitution géologique du sol de la France.

I. PRODUITS NON MÉTALLIQUES. — Combustible minéral ; bitumes, asphaltes et carbures liquides ; sel gemme ; soufre ; kaolin.	137 à 165
II. PRODUITS MÉTALLIQUES. — Minerais de fer, d'étain, de cuivre, de plomb, d'argent, de zinc et d'antimoine	165 à 184
III. MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Marbres et pierres à bâtir ; schiste ardoisier ; sables réfractaires ; plâtre, chaux et ciments.	184 à 223

PRODUITS CÉRAMIQUES

Par M. SALVETAT,

Professeur à l'École impériale centrale des arts et manufactures, chef des travaux chimiques à la manufacture de porcelaine de Sèvres.

I. TERRES CUITES CONSIDÉRÉES DANS LEURS RAPPORTS AVEC L'ART DE BATIR. — Briques, tuiles ; plastique, statuaire ; carreaux ; revêtements	225 à 255
---	-----------

II. POTERIES D'USAGES DOMESTIQUES.

Première partie : Considérations générales. — Marnes et argiles figulines. — Argiles réfractaires. — Kaolins. 767 à 796

SIDÉRURGIE

Par **M. S. JORDAN**,

Professeur de métallurgie à l'École impériale centrale des arts et manufactures.

Industrie du fer en 1867.

Avant-propos.

Fabrication de la fonte. I^{re} partie. — Chapitre I^{er}, *France*. 258 à 265

1^{er} Groupe. — *Groupe du Sud-Est.*

Minerais d'Algérie. — Minerais de Sardaigne et de l'île d'Elbe. — Minerais de la côte d'Espagne. — Usine du Creusot. — Usine de MM. de la Rochette et C^{ie}, à Givors. — Usine de MM. Harel et C^{ie}. — Usine de Chasse, près Givors. — Usine de la Compagnie de l'Horme. — Usine de la Compagnie de Terrenoire, Lavoulte et Bessèges. — Usine de Tamaris, près Alais. — Usine de Saint-Louis, près Marseille. — Usine à fondre de MM. Petin, Gaudet et C^{ie}. — Usine de la Solenzara (Corse). — Usine de Rustrel (Vaucluse). 266 à 336

2^e Groupe. — *Groupe de la Moselle.*

Minerais. — Statistique des usines à fondre du groupe. — Usines de MM. Dupont et Dreyfus, à Ars. — Usines de MM. Karcher et Westermann. — Usine de Novéant. — Usines de la Meurthe. — Usines de MM. Labbé et C^{ie}, à Gorcy et à Mont-Saint-Martin. — Usine du Prieuré, près Longwy. — Hauts-fourneaux de Moulaine. — Autre usine du canton de Longwy. — Usines de MM. de Wendel et C^{ie}. 337 à 364

3^e Groupe. — *Groupe de Comté.*

Usines de la Compagnie d'Audincourt. — Usines de la Compagnie des fonderies et forges de Franche-Comté (Rans et Fraisans). — Hauts-fourneaux au charbon de bois de la Haute-Saône et de la Côte-d'Or. — Hauts-fourneaux de Framont. — Usines de MM. de Dietrich et C^{ie}. 365 à 386

4^e Groupe. — *Groupe des Alpes.*

Minerais 387 à 394

3^e Groupe. — Groupe de Champagne.

Minerais. — Combustibles. — Usines à fonte du groupe. — Usines des Ardennes. — Usines de la Meuse. — Usines de la Haute-Marne.	393 à 413
--	-----------

6^e Groupe. — Groupe du Nord.

Minerais. — Combustibles. — Usines à fonte. — Usines de Marquise. — Usines d'Outreau. — Usines de la Compagnie des hauts-fourneaux et forges d'Anzin et de Denain. — Hauts-fourneaux de Maubeuge. — Usine de la Providence, à Hautmont. — Hauts-fourneaux de Fourmies.	413 à 425
--	-----------

7^e Groupe. — Groupe du Centre.

Minerais. — Combustibles. — Usines à fonte. — Usines de la Société des forges de Châtillon-Commentry. — Usines Boigue, Rambourg et C ^{ie} . — Usines Petin, Gaudet et C ^{ie} . — Usines du marquis de Vogué. — Usines de la Caillaudière et Belabre.	426 à 439
--	-----------

8^e Groupe. — Groupe du Nord-Ouest.

Usines des Côtes-du-Nord, du Morbihan et de l'Ille-et-Vilaine. — Usines de la Mayenne, de la Sarthe et de l'Orne. — Minerais de la Manche. — Usines de l'Eure. — Usines d'Eure-et-Loir, Indre-et-Loire et de la Vienne.	440 à 448
---	-----------

9^e Groupe. — Groupe du Sud-Ouest.

Usines de l'Aveyron. — Combustibles. — Usines d'Aubin. — Usine de Decazeville. — Usines du Périgord et des Landes. — Usine de Ruelle. — Usine de la Roche-Corgnac. — Usine de la Cité, à Périgueux. — Usine de la Bouheyre (Landes). — Usine de Fumel. — Usines des Pyrénées. — Minerais et usines de l'Aude et Pyrénées-Orientales. — Résumé.	449 à 472
--	-----------

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET DES CHARBONS

Par M. A. HABETZ, Ingénieur honoraire des mines,

Répétiteur des cours d'exploitation des mines et de métallurgie
à l'École des mines de Liège.

I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — L'ancienne et la nouvelle école. — Travaux de M. DE RITTINGER, en Autriche, et de MM. HUET et GEYLER, en France.	547 à 556
II. BROYEURS. — Broyeurs à cylindres et machine à casser, exposés par MM. HUET et GEYLER.	556 à 559
Broyeur hyperbolique de M. C. DELNÈST.	559 à 562

Nouveau bocard de M. DE RITTINGER. — Bocards métalliques.	563 à 567
Meules broyeuses de M. FLEURY et de M. JANNOT. — Broyeur à charbon de la Grand'Combe	567 à 572
Désintégrateur de M. THOMAS CARR	572 à 579
Broyeur centrifuge de M. AD. DEJARDIN. Broyeur centrifuge de Sclessin	579 à 582
III. CLASSEMENT DES GRENAILLES PAR VOLUME. — Appareils de MM. HUET et GEYLER. — Trommels séparateurs et classificateurs. — Élévateurs à godets	583 à 587
Appareils tamiseurs	587 à 591
IV. CLASSEMENT DES GRENAILLES PAR DENSITÉ. — Mouvement du piston dans les cribles. — Emploi des coulisses différentielles	591 à 594
Cribles continus : Cribles exposés par MM. HUET et GEYLER. — Cribles à siphon de Silberau (Ems). — Cribles continus de Moresnet. — Crible continu du Bleyberg	594 à 603
Le setzage aux mines de Przibram (Bohême) : Pompe de setzage continue (Setzpumpe). — Roue de setzage (Setzrad) . . .	604 à 614
L'atelier central de préparation mécanique de Clausthal. — Substitution du setzage au travail des tables à secousses . . .	614 à 620
Le nouveau crible continu pour matières fines du Hartz. — Application du principe fondamental de la préparation anglaise dans la préparation allemande. — Introduction du crible continu dans la préparation anglaise	620 à 629
Le crible sarde et les minerais de la Sardaigne	630 à 635

LES CHEMINS DE FER A L'EXPOSITION UNIVERSELLE

Par M. Ch. GOSCHLER, Ingénieur.

PREMIÈRE PARTIE. — Considérations générales	639 à 643
Chapitre premier. — CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER. — Tracés. — Tunnels. — Ouvrages d'art en maçonnerie. — Ouvrages d'art métalliques. — Clôtures. — Matériel de la voie. Appareils de la voie. — Plaques tournantes et chariots transbordeurs. — Appareils de levage. — Appareils de pesage . . .	643 à 703

ARTS CHIMIQUES

Par M. L. GRANDEAU, Docteur ès-sciences
et en médecine,

Membre du Jury International de l'Exposition universelle de 1867.

Avant-propos	707
INDUSTRIE DU TABAC. — Recherches sur la culture du tabac.	705 à 764

POUDRERIE ROYALE DE VETTEREN, près de Gand (Belgique). — Description de l'établissement. — Choix et préparation des matières premières : soufre, salpêtre, charbon. — Fabrication : dosage et trituration des matières ; trituration des mélanges ternaires ; trituration dans les meules et formation des galettes ; grenage ; lissage et séchage ; époussetage et classification des grains ; emmagasinage. — Transports et débit des poudres. — Résumé.	800 à 819
FOURS A GAZ ET A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE. — Principes du four SIEMENS. — Description du four à gaz. — Fabrication de l'acier directement du minerai	820 à 832
CRISTALLERIE DE SAINT-LOUIS (MOSELLE). — Application du four SIEMENS à la fabrication du cristal. — Historique de la verrerie. — Les progrès de l'art de la verrerie en France. — Cristallerie Saint-Louis. — Application du four à gaz Siemens à la fabrication du cristal à la houille et à pots découverts. — Combustion des gaz dans les fours	833 à 864
PRODUITS EXTRAITS DES VARECHS (usine de MM. COURNERIE et FILS et C^{ie}). — Évaporation des eaux salées par la vapeur. — Sublimation. — Production. — Ouvriers	862 à 868
DÉNATURATION ET UTILISATION DES RÉSIDUS DES FABRIQUES DE SOUDE ET DE CHLORE. — Régénération du soufre ; oxydation des charrées ; lessivage des charrées oxydées ; neutralisation du chlorure acide de manganèse ; utilisation de l'hydrogène sulfuré ; précipitation du fer ; précipitation du manganèse. — Traitement des cendres. — Séparation du sulfate de bioxyde de manganèse. — Utilisation du sulfate de manganèse pour la fabrication de l'acide nitrique	869 à 884
FORGES et SOUFFLERIE fixes ou mobiles de MM. Enfer et fils (note de M. Grandeau)	885 à 890

INDUSTRIES CHIMIQUES AGRICOLES OU ANNEXES DE L'AGRICULTURE

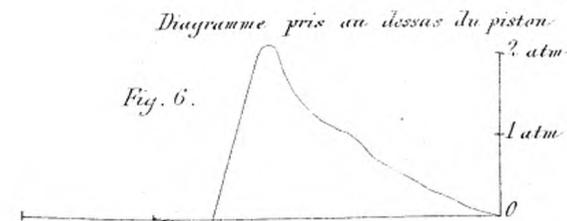
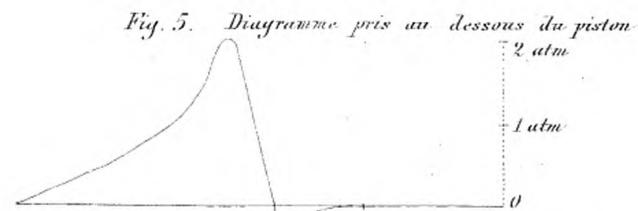
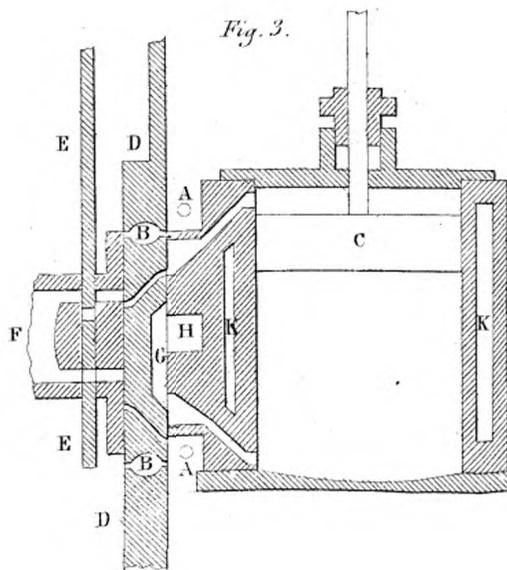
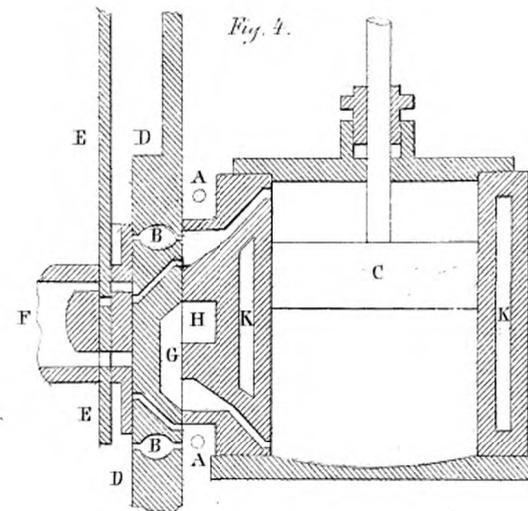
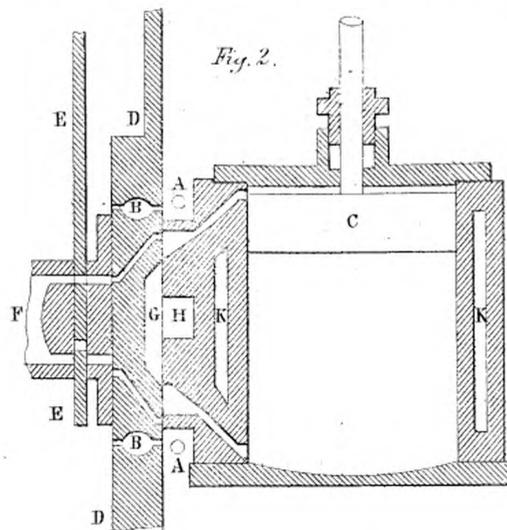
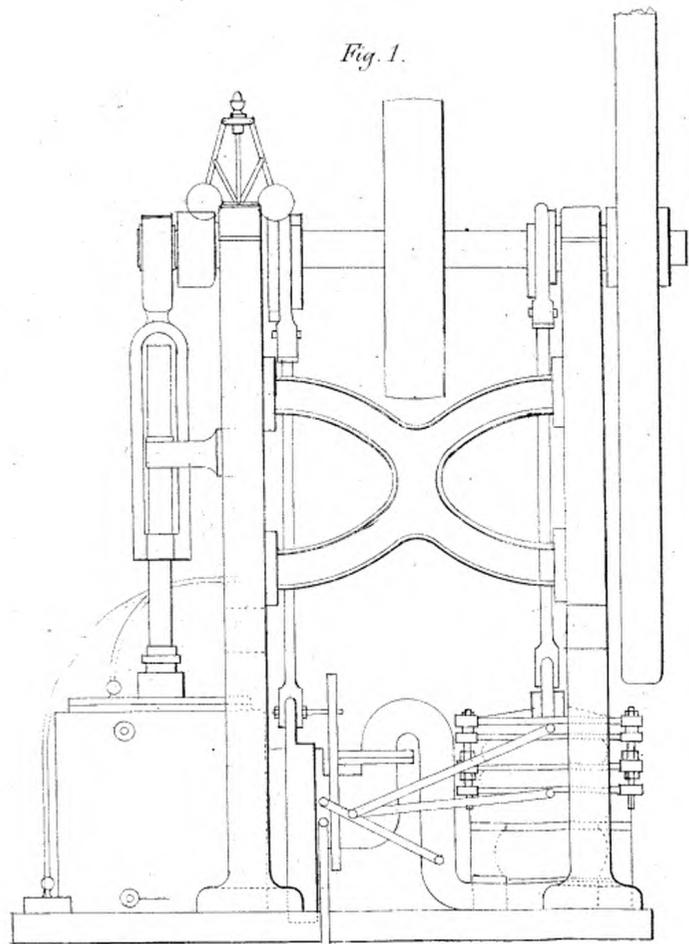
Par M. RONNA, Ingénieur.

Avant-propos.	893 à 894
<i>Première partie.</i> — MATIÈRES ALIMENTAIRES.	
<i>Chapitre 1^{er}.</i> SUCRERIE	895 à 897
1. MÉTHODES DE FABRICATION. — Procédé ROUSSEAU. — Procédé LEPLAY. — Procédé PÉRIER, POSSOZ et C ^{ie} . — Traitement des pulpes de MM. DE MASSY et DU RIEUX. — Noir épurant de MM. CUISINIER et LEPLAY. — Emploi des sels alumineux et du froid. — Traitement par les acides à froid. — Emploi des sulfites. — Méthode de diffusion de M. L. ROBERT. — Méthode de l'osmose, de M. DURRUNFAUT	897 à 922

2. TRAITEMENT DES MÉLASSES. — Traitement au sulfate de baryte de M. DE MASSY. — Procédé PÉRIER et POSSOZ. — Procédé PESIER.	922 à 927
3. APPAREILS DE SUCRERIE. — Râperie ; râpe CHAMPONNOIS ; appareils JOLY. — Presses. — Presse de M. DE MASSY. — Filtres-presses. — Filtres-presses cylindriques et tamiseur de MM. DU RIEUX et ROETTGER. — Presses à écume de MM. BELIN et JEANNEZ. — Chaudières d'évaporation. — Turbines. — Distribution des jus et emplî LEGAL. — Installation LINARD pour les sucreries de betteraves. — Moulins et chaudières des sucreries de canne.	927 à 949
4. NOIR ANIMAL. — Four à noir GITS et DU RIEUX. — Four BLAISE. — Appareil BRINJES.	949 à 953
5. SUCRERIES AGRICOLES. — Sucrerie KESSLER. — Sucrerie CHAMPONNOIS.	956 à 959
6. SUCRERIES COLONIALES. — <i>Las cannas</i>	959 à 964
<i>Chapitre II. — DISTILLERIE.</i>	
1. DISTILLATION DES VINS. — Eaux-de-vie de Cognac. — Procédé PETIT et ROBERT. — Installation au Plaud-Chermignac. — Alcools du midi. — Distillation des marcs. — Traitement des vinasses et des marcs	964 à 974
2. DISTILLATION DES GRAINS ET DES POMMES DE TERRE. — Genièvre de Hollande. — Procédé FLEISCHMANN. — Procédé PESIER.	974 à 981
3. DISTILLATION DES JUS DE BETTERAVES ET DES MÉLASSES.	981 à 984
4. DISTILLERIE AGRICOLE. — A. APPAREILS A CHAUDIÈRES. — Érorateur Kessler. — Alambic Veillon. — Appareils mobiles. — B. APPAREILS A COLONNE. — Appareil Égrot. — Appareil Claparède. — Appareil Savalle. — Appareils Vangindertaelen et Haeck	989 à 1010



MACHINE A GAZ DE M^{rs} P. HUGON.



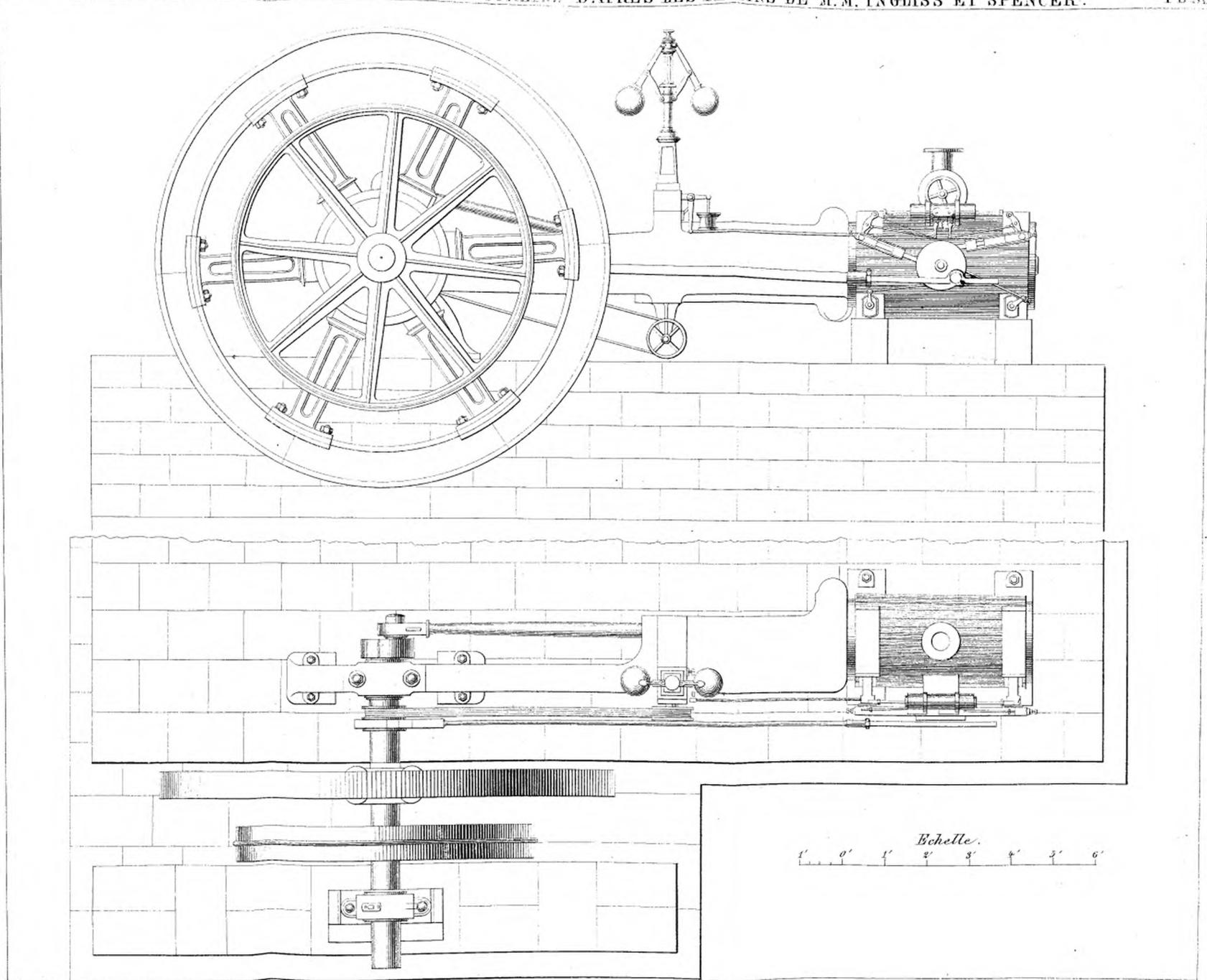
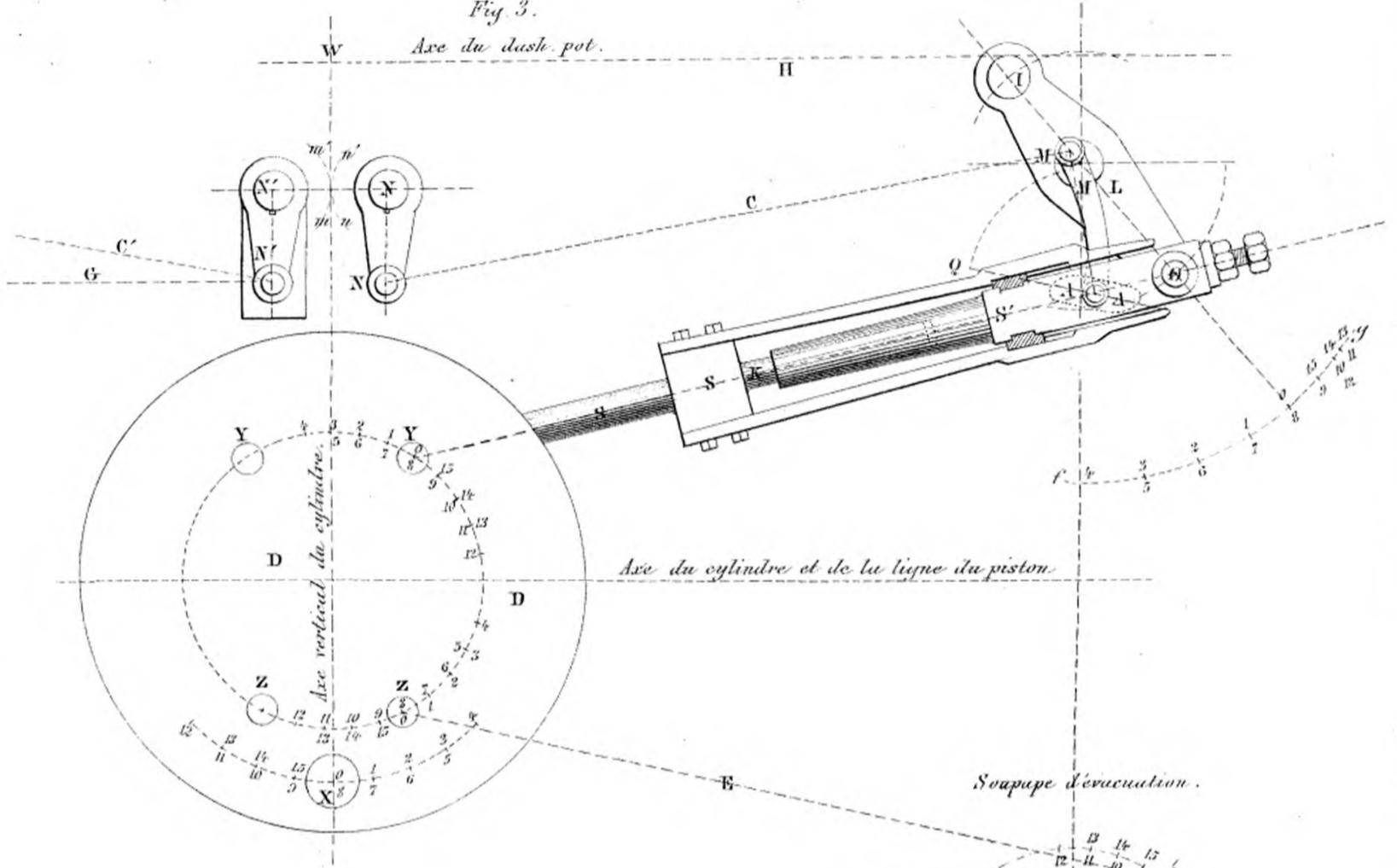


Fig. 3.



Soupape d'évacuation.

Fig. 4.

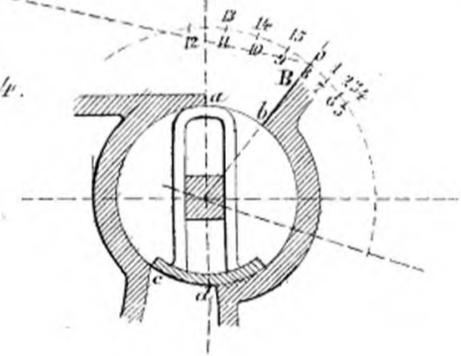
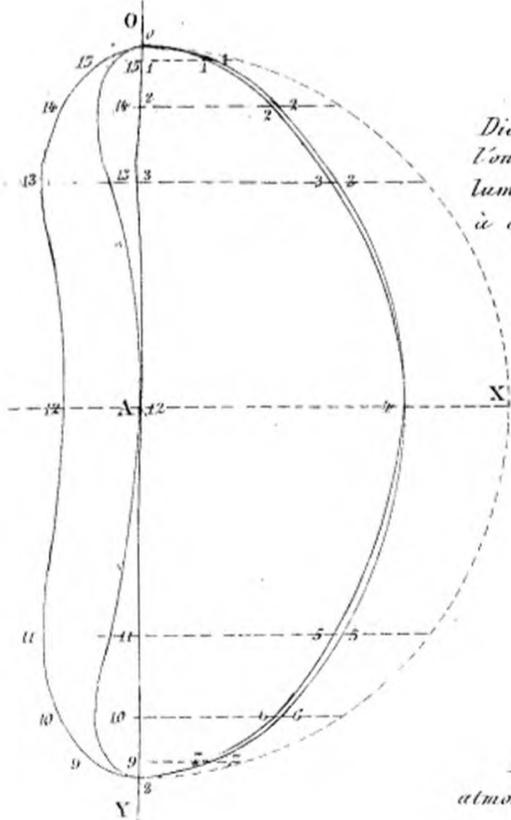


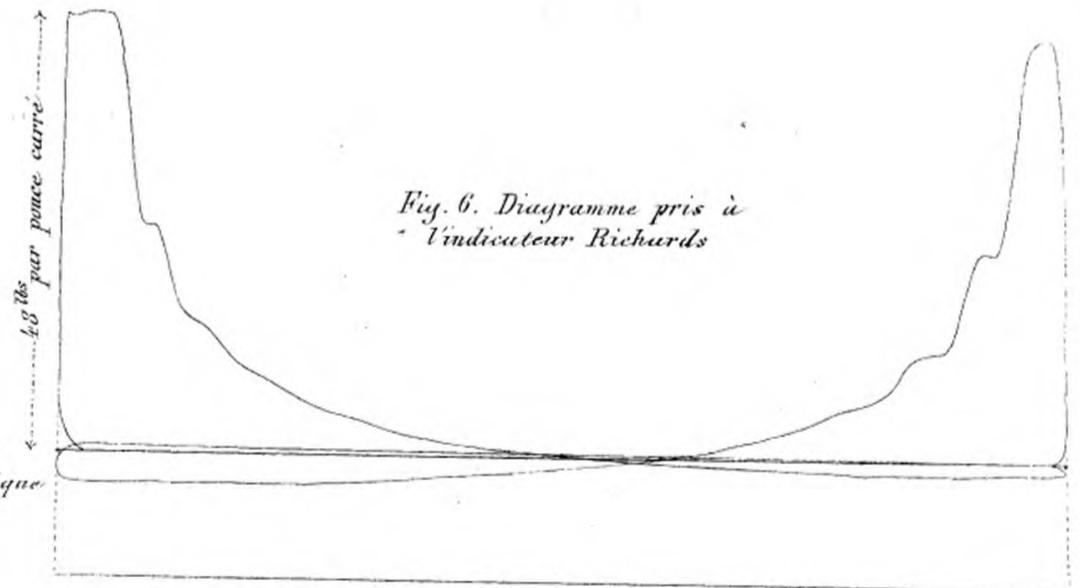
Fig. 5.

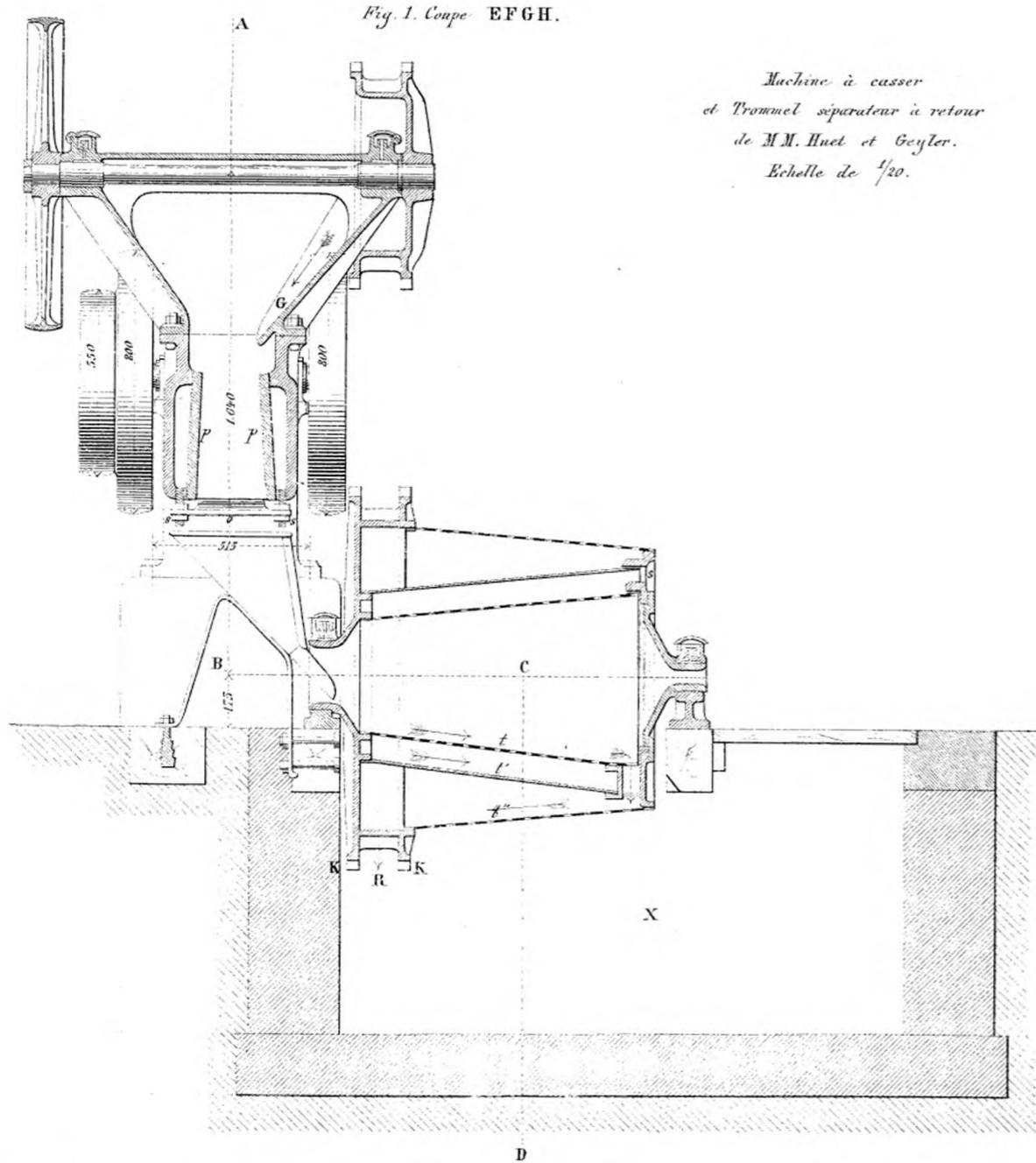
Diagramme indiquant l'ouverture des lumières d'admission à chaque instant.



Ligne atmosphérique

Fig. 6. Diagramme pris à l'indicateur Richards





Machine à casser
et Trommel séparateur à retour
de M.M. Hucl et Geyler.
Echelle de 1/20.

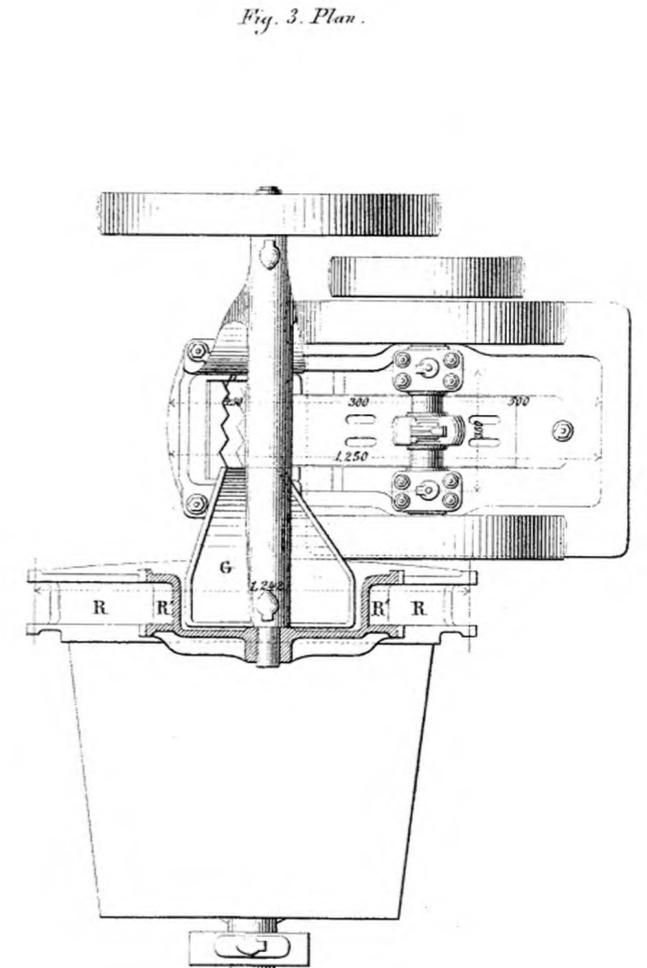
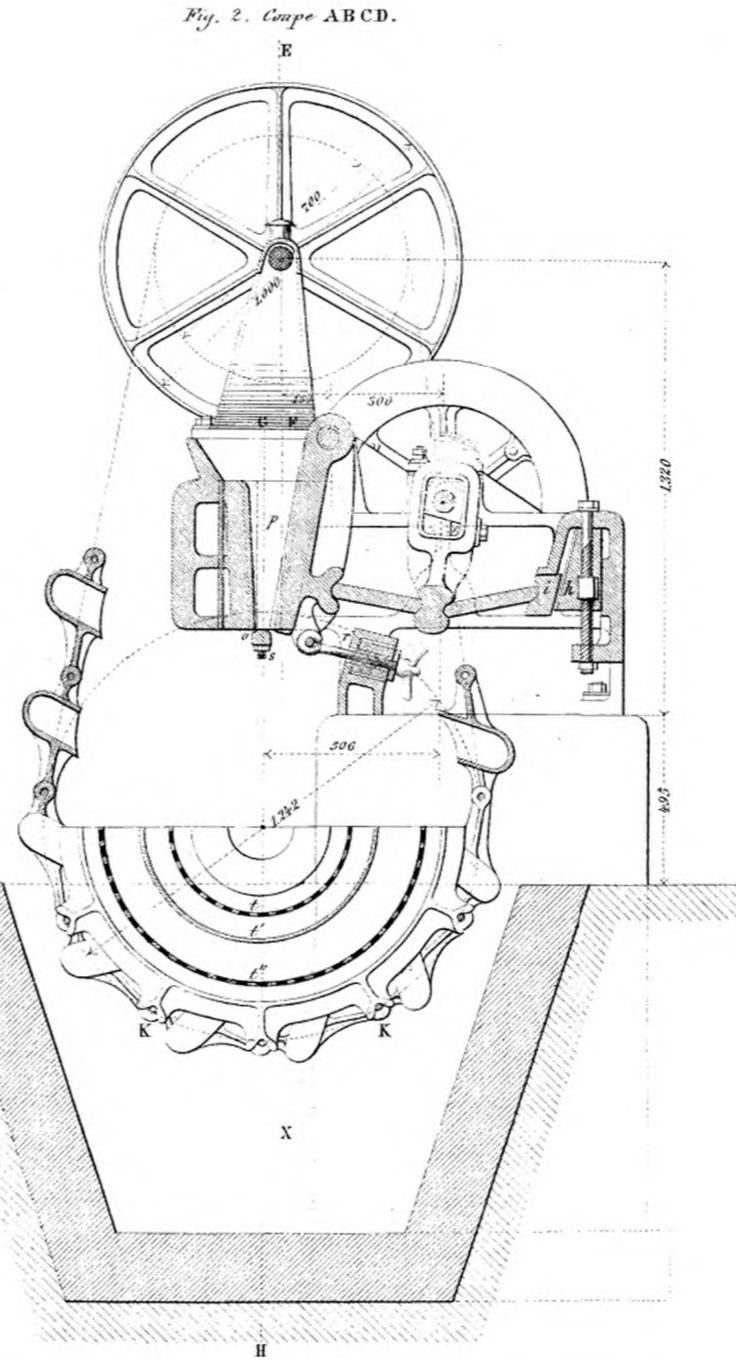
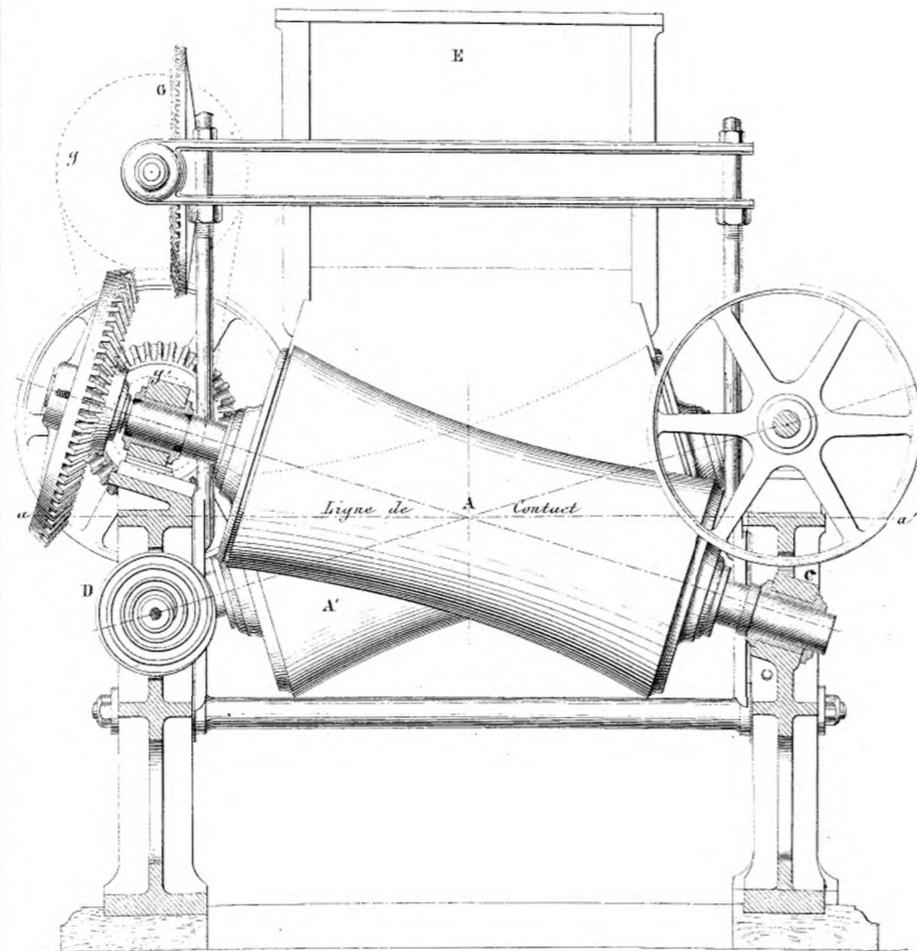


Fig. 1. Elevation et Coupe XY.



Broyeur hyperbolique de M. C. Delaest.

Fig. 2. Vue latérale.

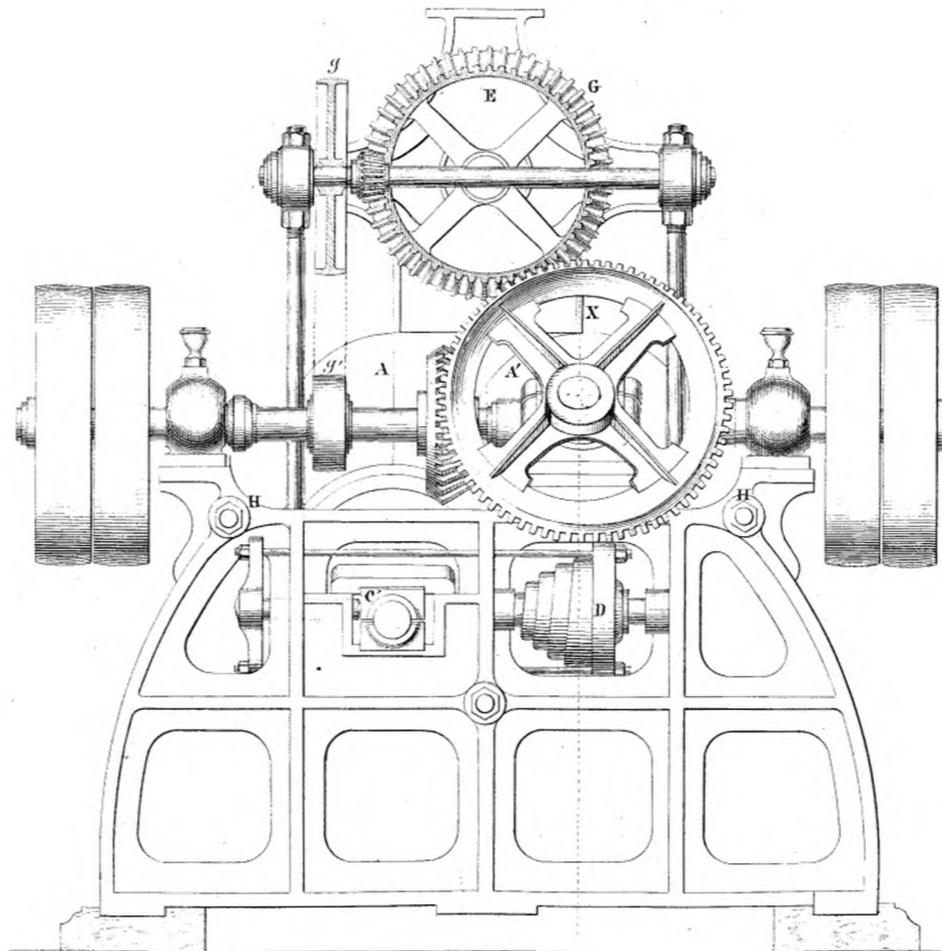
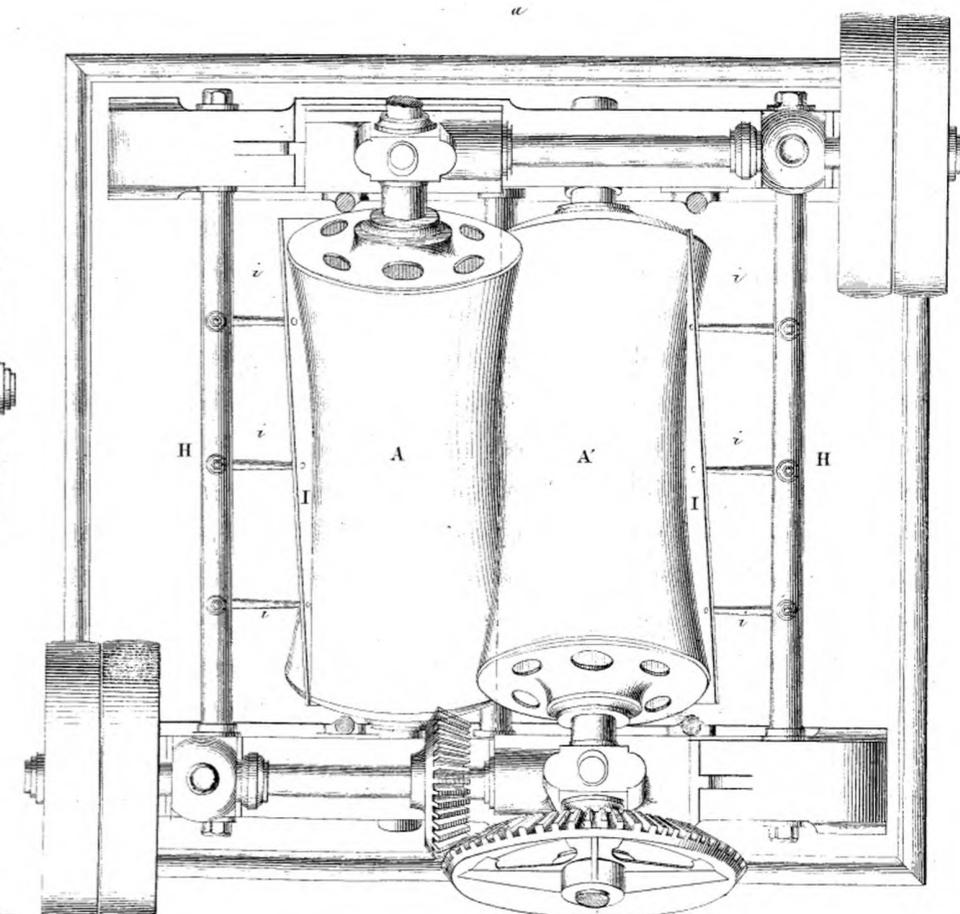


Fig. 3. Plan.

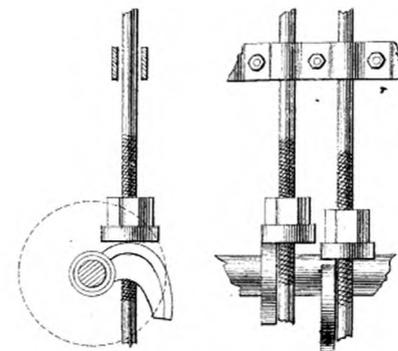
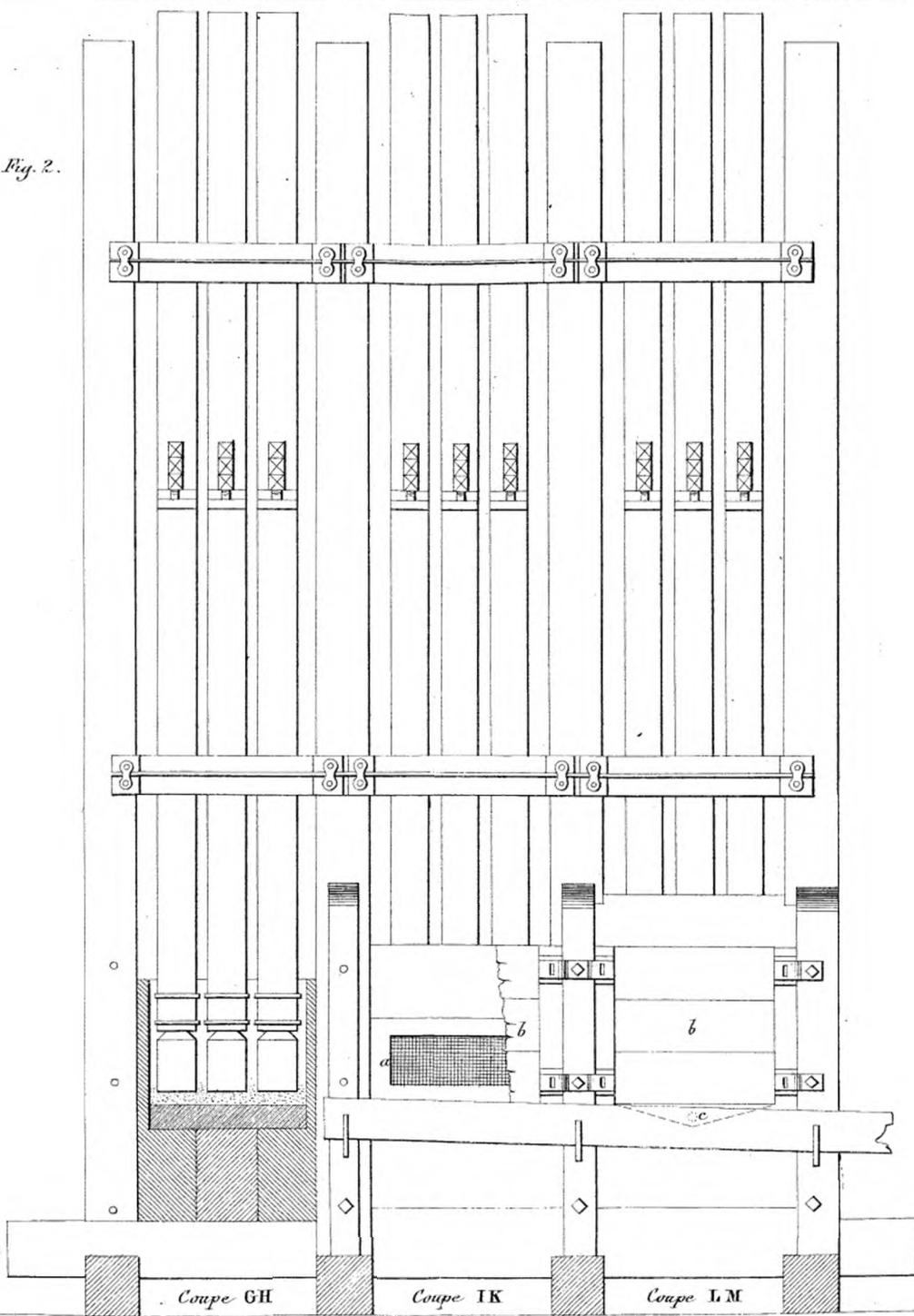
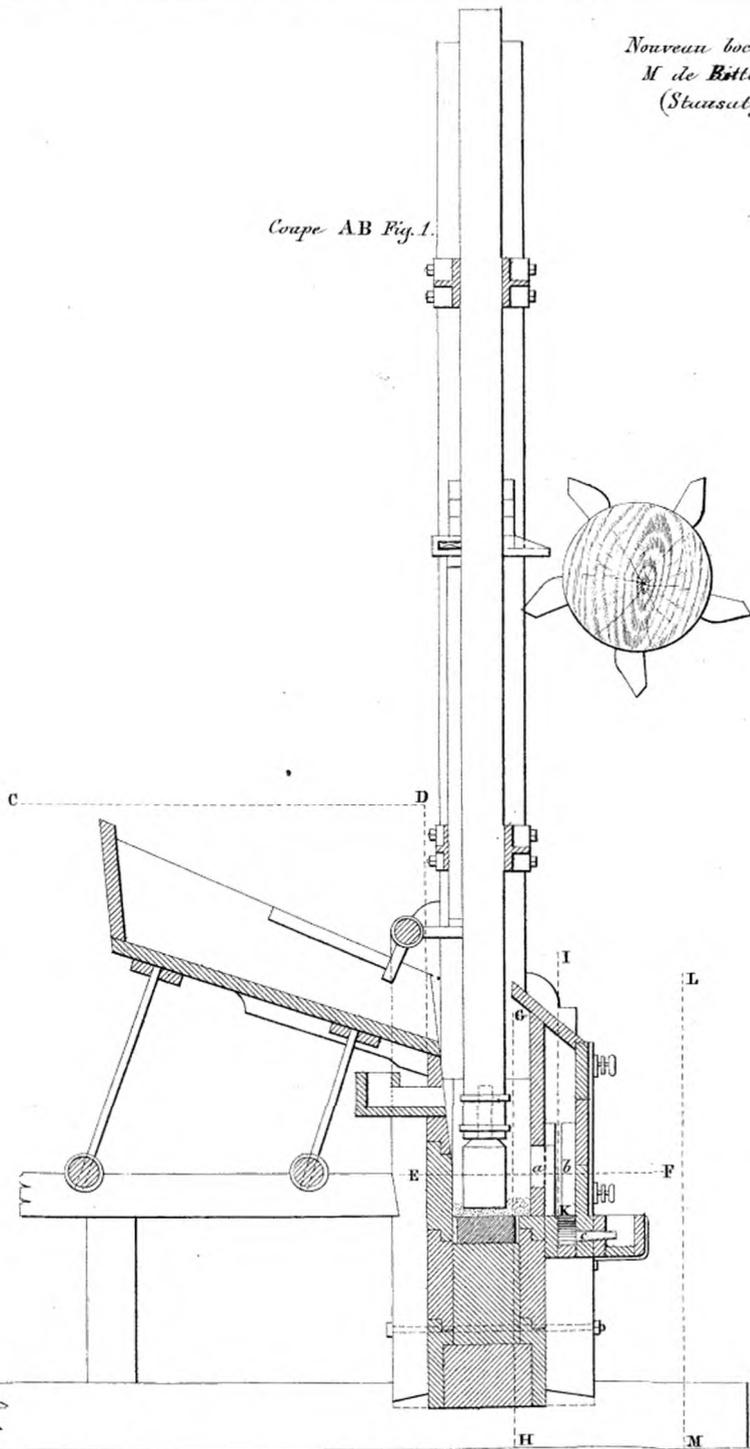


Y
Echelle de 1/10

Nouveau bocard de
M de **Bittinger**.
(Stausatz).

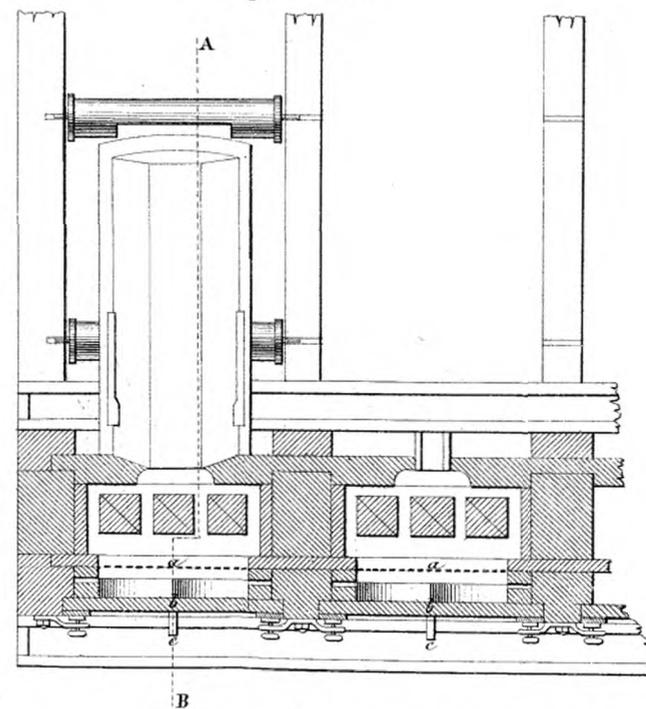
Fig. 2.

Coupe AB Fig. 1.



Bocard métallique (Kalk, Ems)

Fig. 3.
Coups C D E F



Echelle des Fig. 1, 2 3 = $\frac{1}{2}$ ($\frac{1}{2}$ pouce = 1 pied de Vienne).

Broyeur J. M. Fleury.

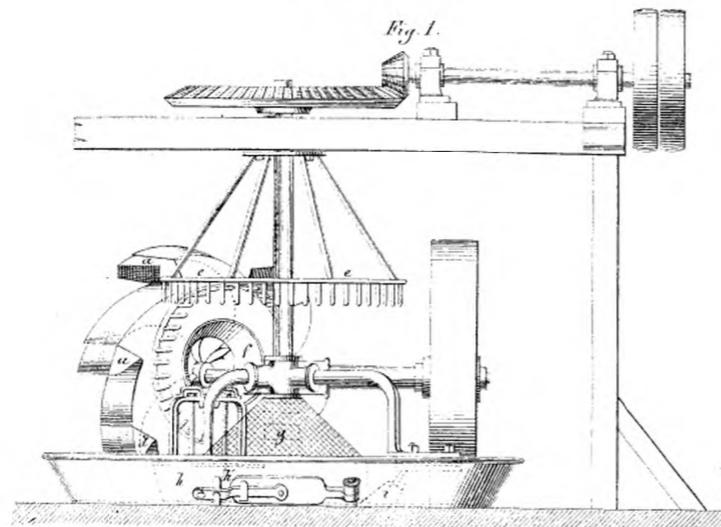


Fig. 1.

Desintegrateur de M. Carr, de Bristol

Fig. 2. Roue Ramasseuse.

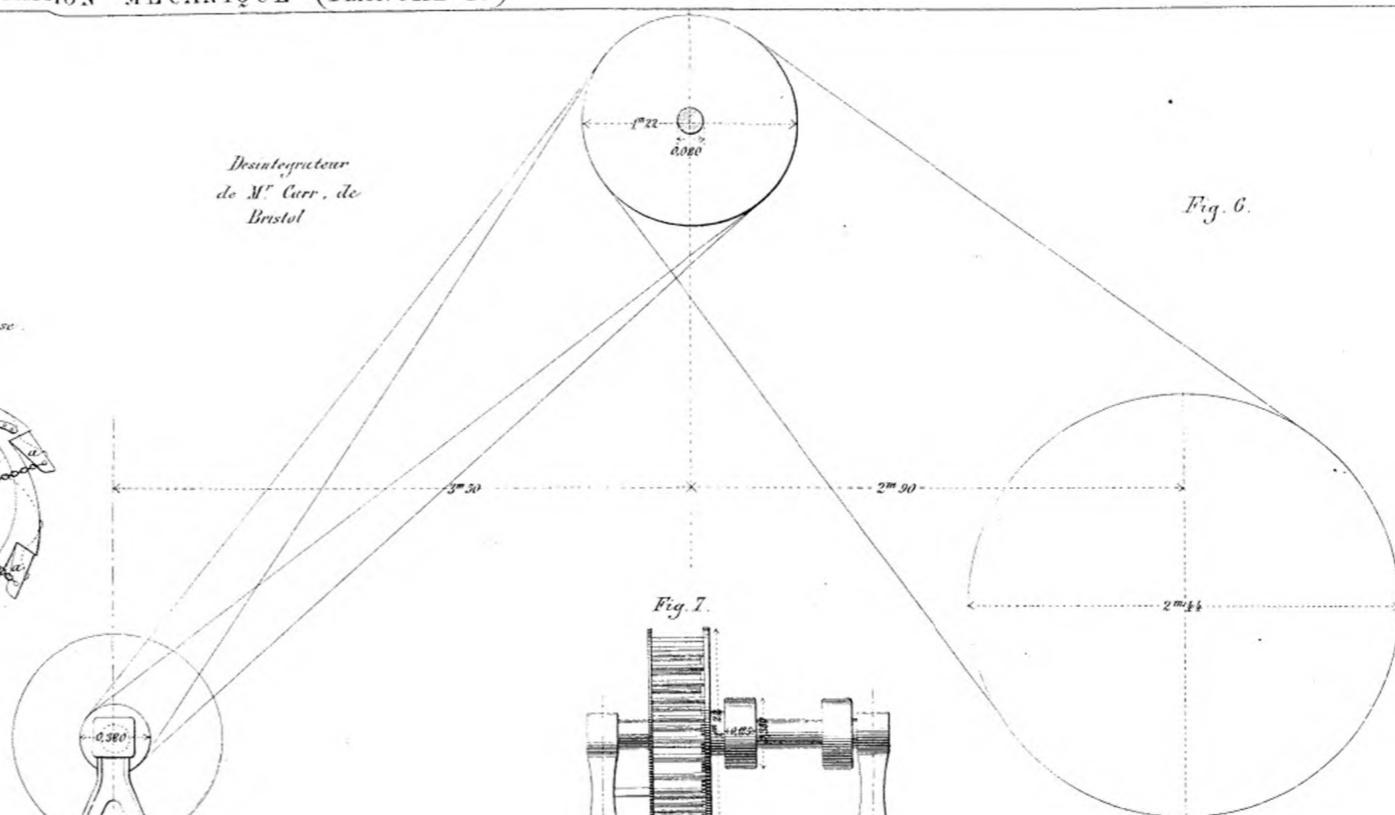
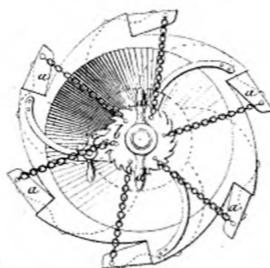


Fig. 6.

Broyeur F Jannot

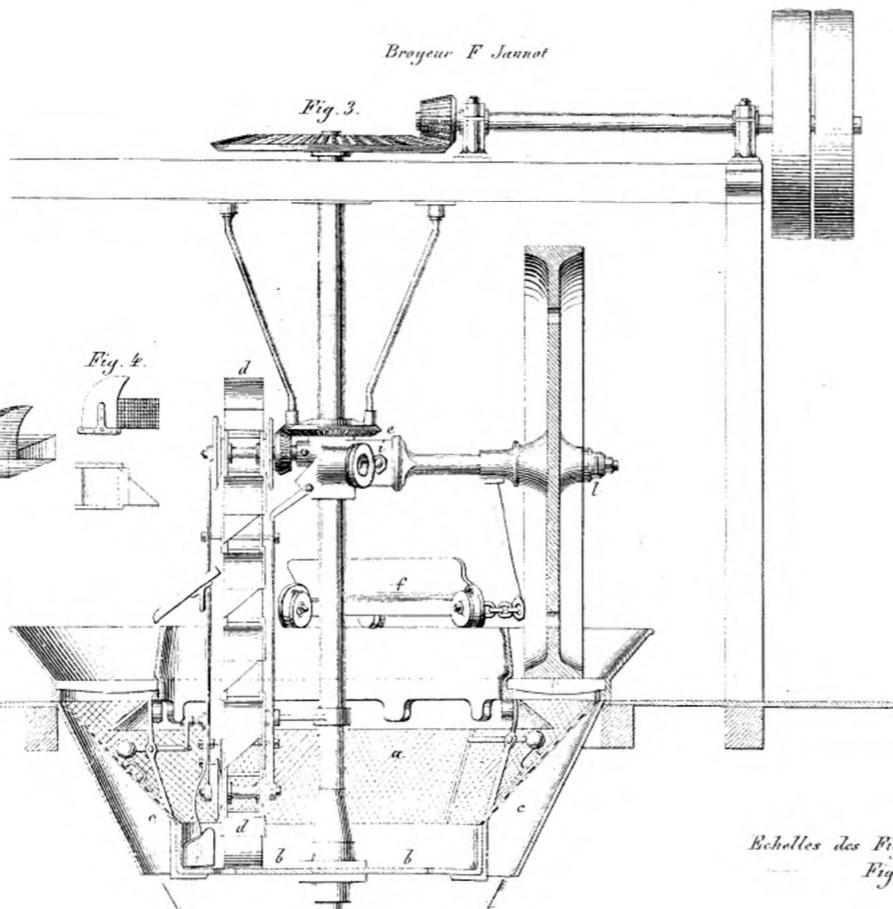


Fig. 3.

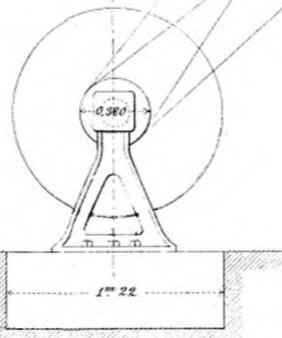


Fig. 5.

Fig. 7.

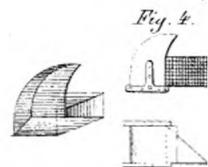
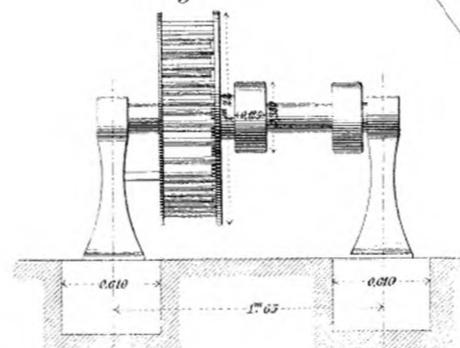
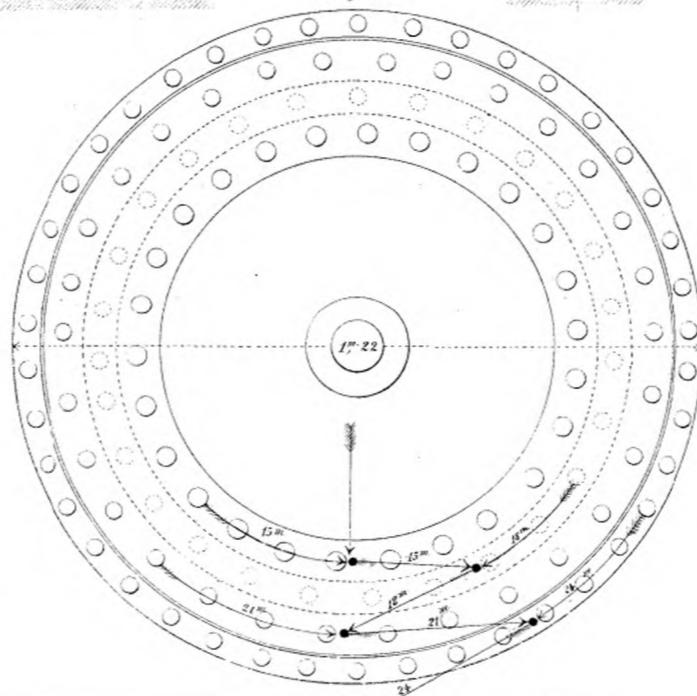


Fig. 4.



Bolles des Fig. 1. 2. 6. 7. 8 = 1/40
Fig. 3 = 1/30.

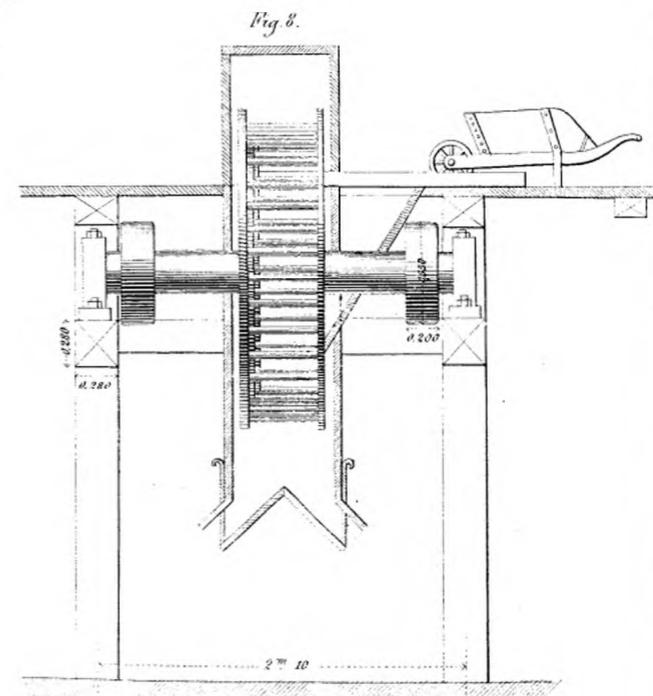


Fig. 8.

Fig. 1. Coupe AB.

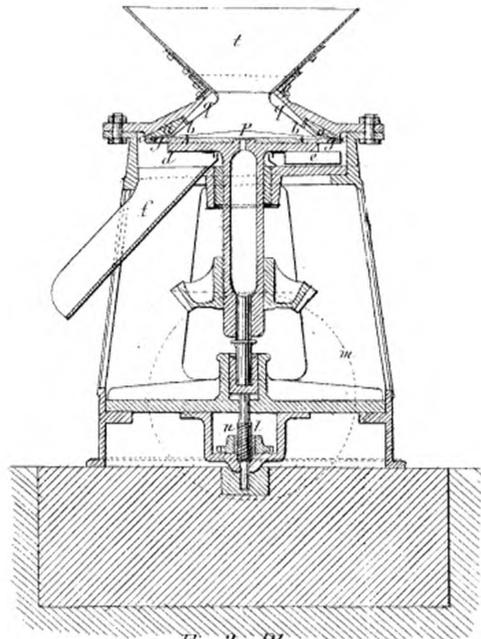


Fig. 2. Plan.

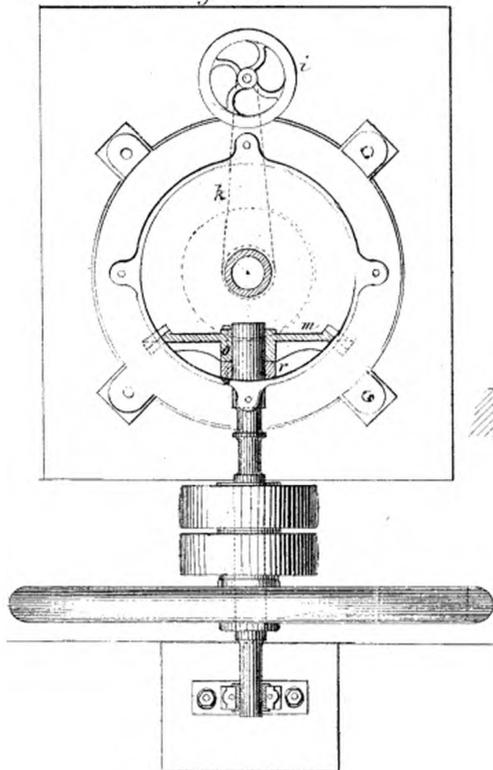
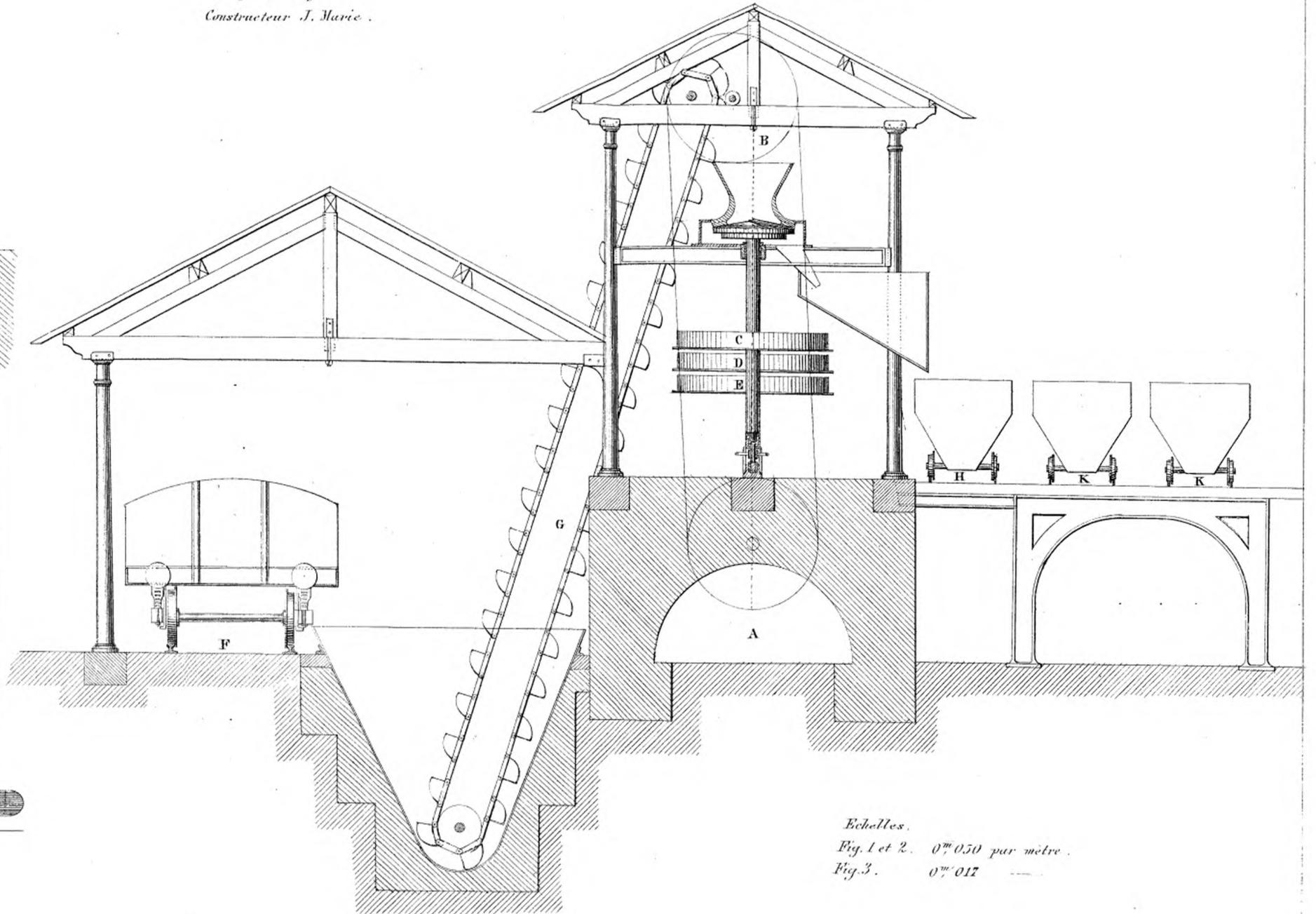


Fig. 1 et 2.
Broyeur Dejeardin.
Constructeur J. Marie.

Fig. 3. Broyeur de Sclessin.



Echelles.
Fig. 1 et 2. 0^m 050 par mètre.
Fig. 3. 0^m 017

Echelle des Fig. 1 et 2 = $\frac{1}{60}$ du
modèle exposé.
Echelle de la Fig. 3 = $\frac{1}{30}$ d'exécution.

Fig. 1. Elevation

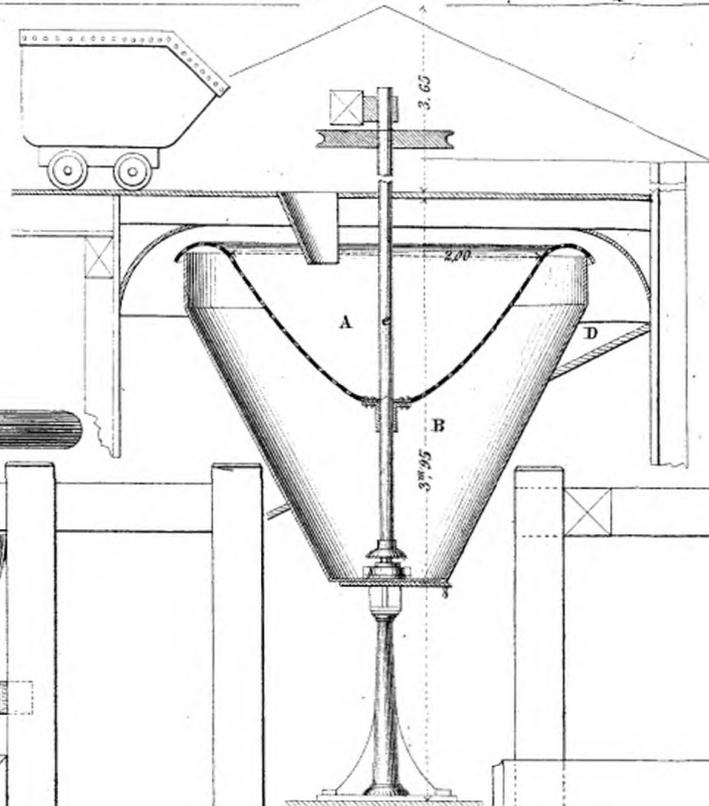
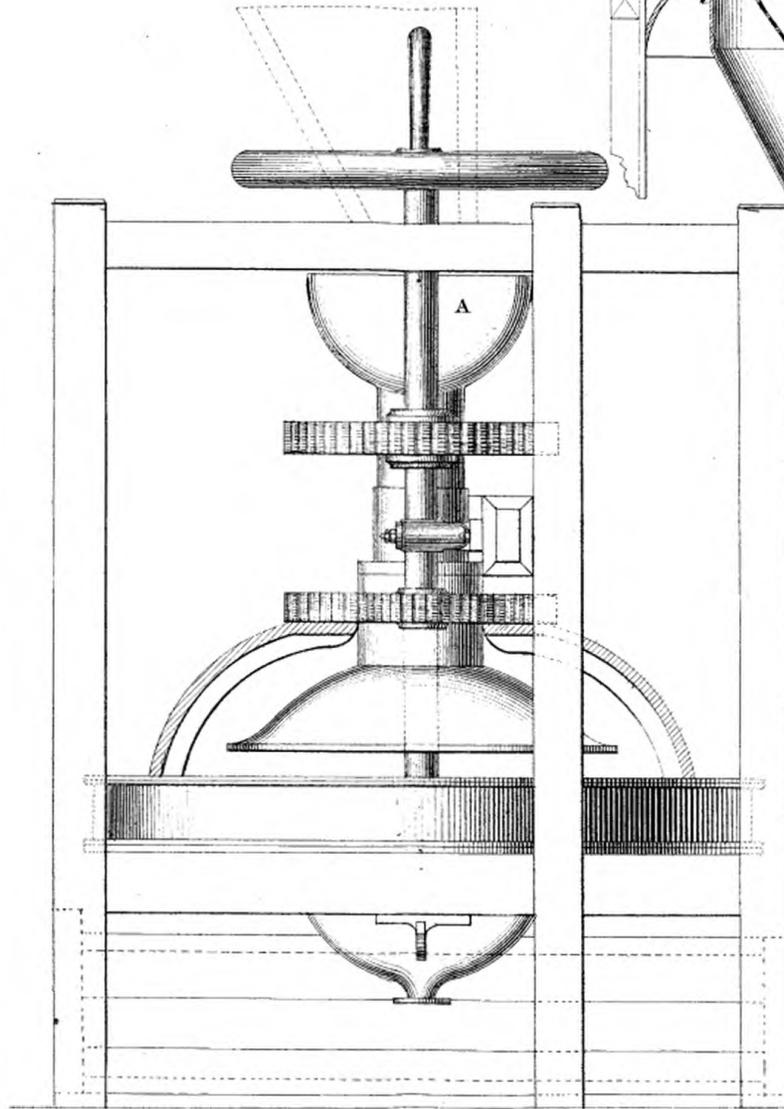
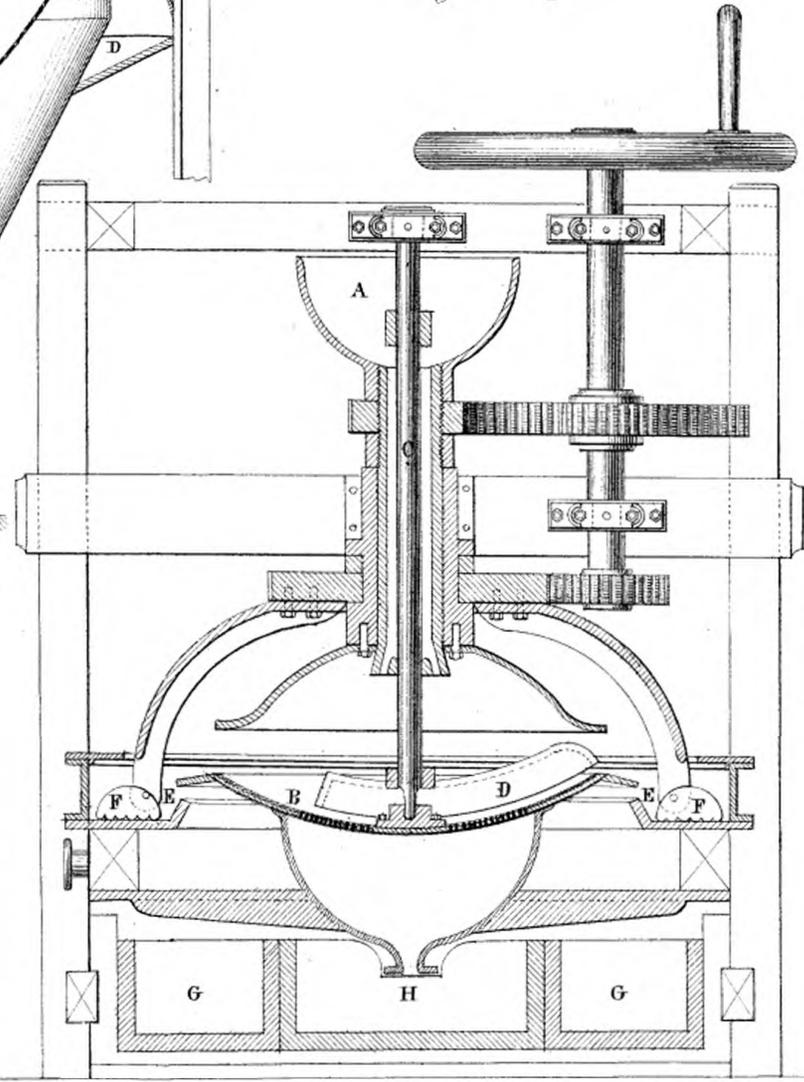


Fig 1 et 2 Tamiseur de M. Ch. Turner.

Fig. 2. Coupe

Fig. 3
Tamiseur de M.
Demaret.



Cribles et Trommels de M M Huot et Gayler
Echelle de 1/20.

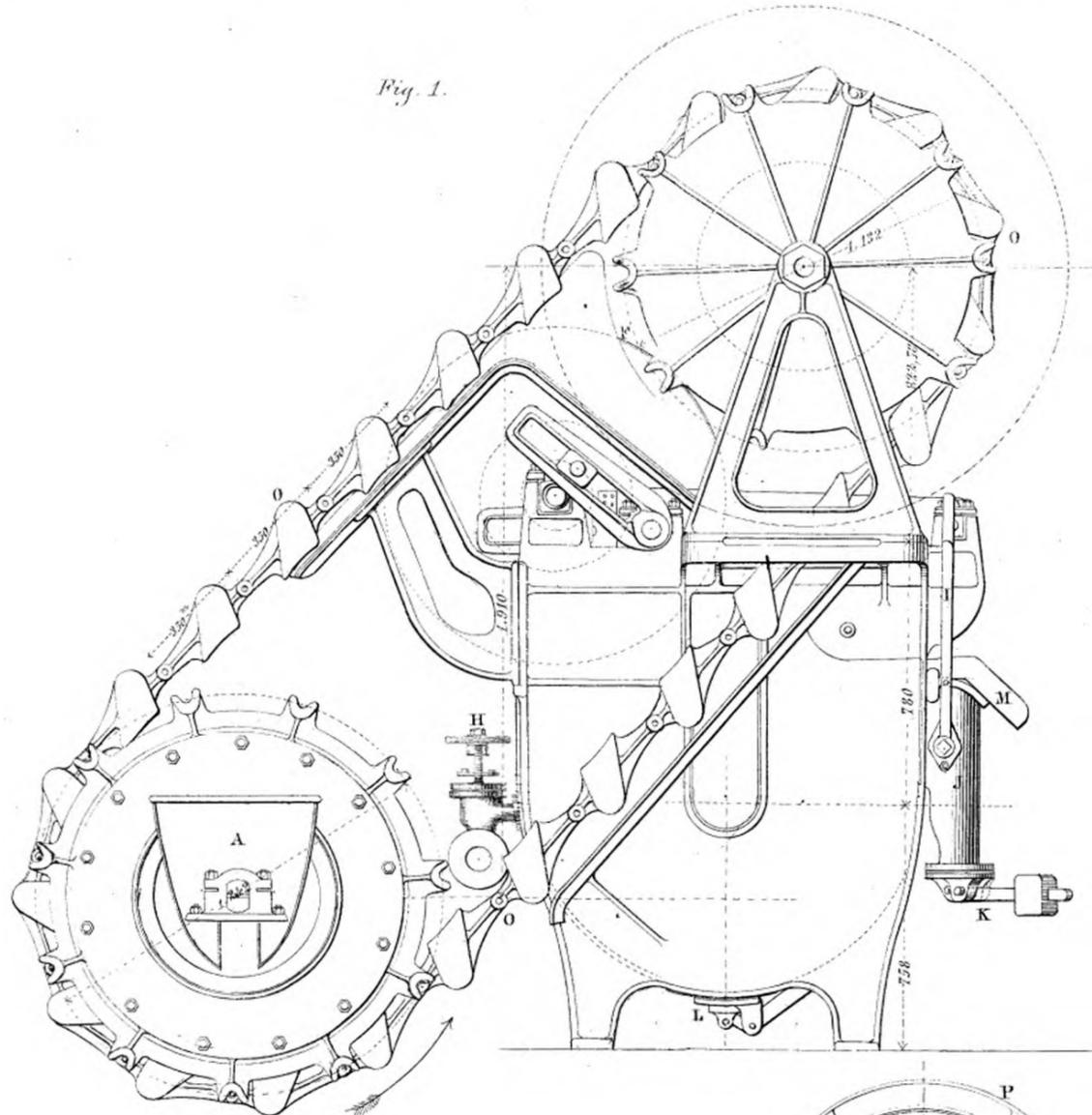


Fig. 1.

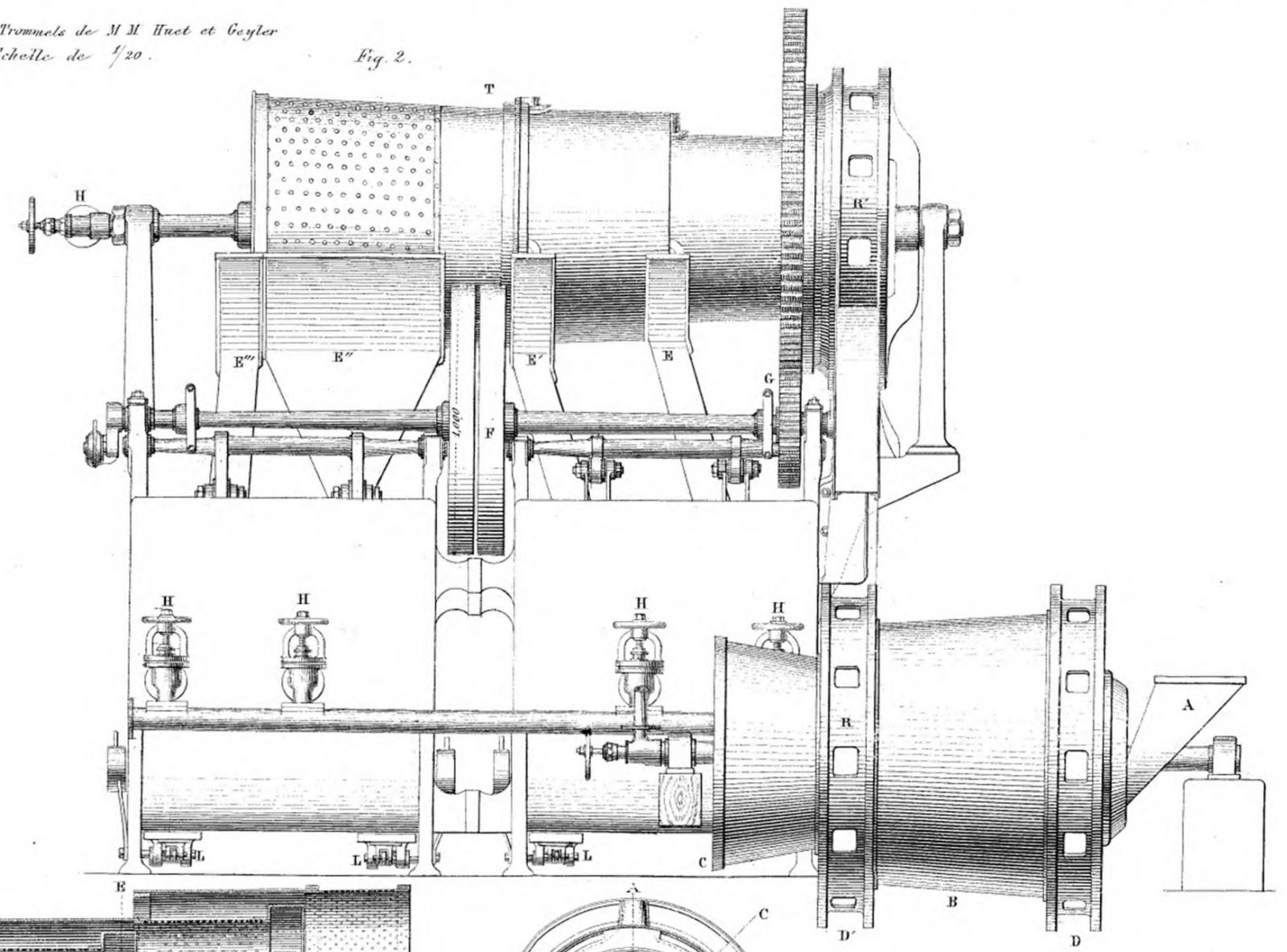


Fig. 2.

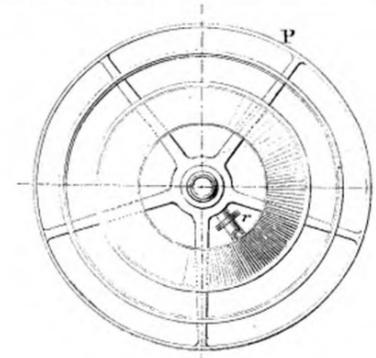


Fig. 3.
Elevation
latérale.

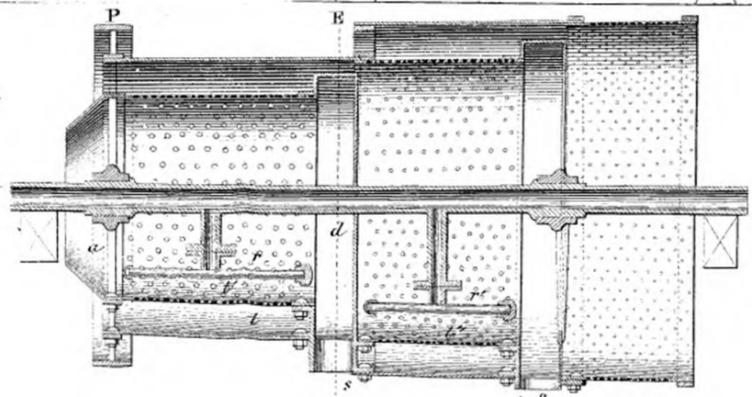


Fig. 4. Coupe longitudinale ABC.
du trommel classificateur

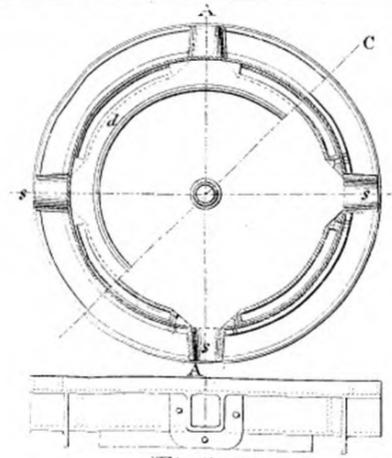


Fig. 5. Plan.

Fig. 5.
Elevation et Coupe EF
de la couronne à.

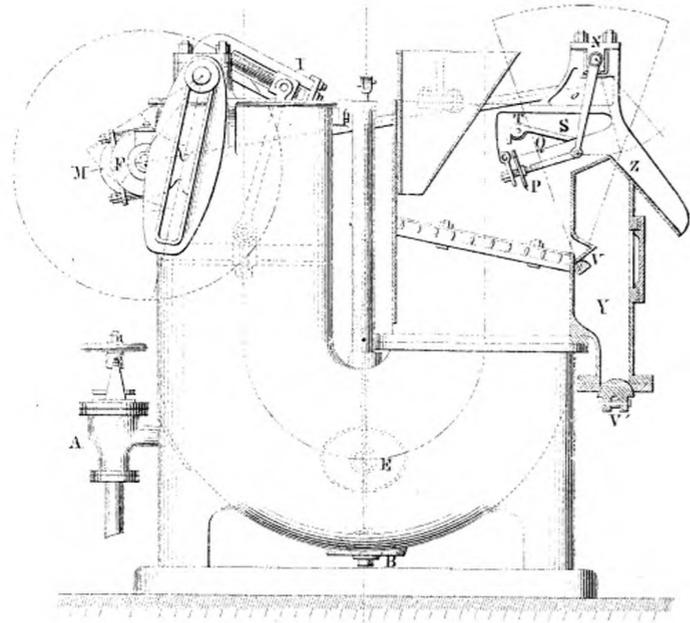


Fig. 1.

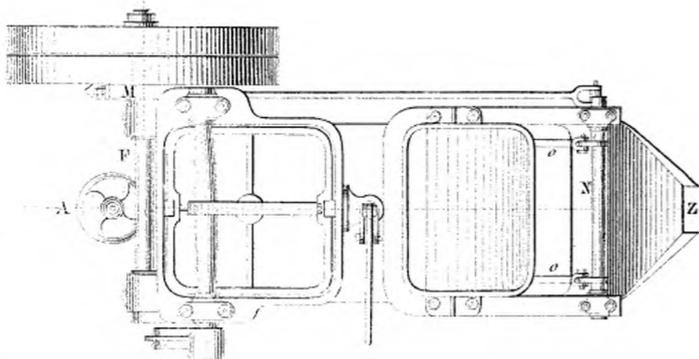


Fig. 2.
Crible à Raquette.
(M. M. Huot et Geyler).

Echelle des Fig 1 à 4 = 1/20

Crible contenu du Bleyberg.

Fig. 3.

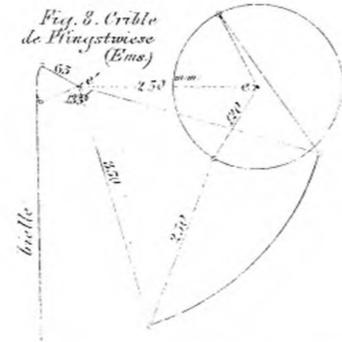
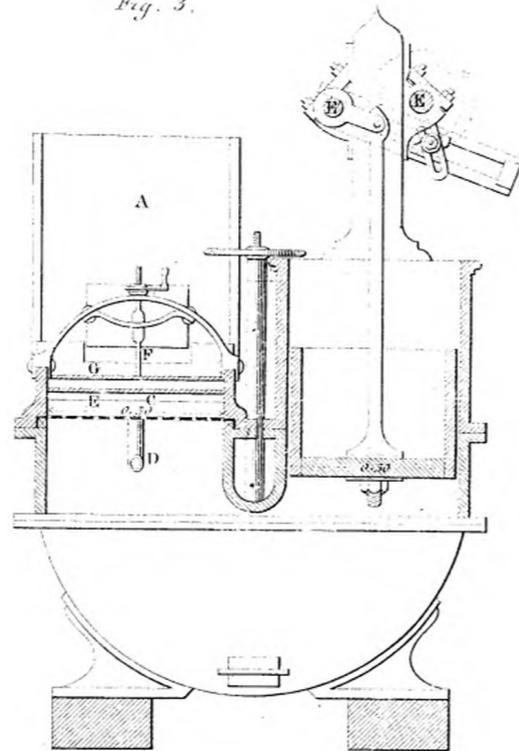


Fig. 8. Crible de Pingswicore (Ems)

Fig. 4.

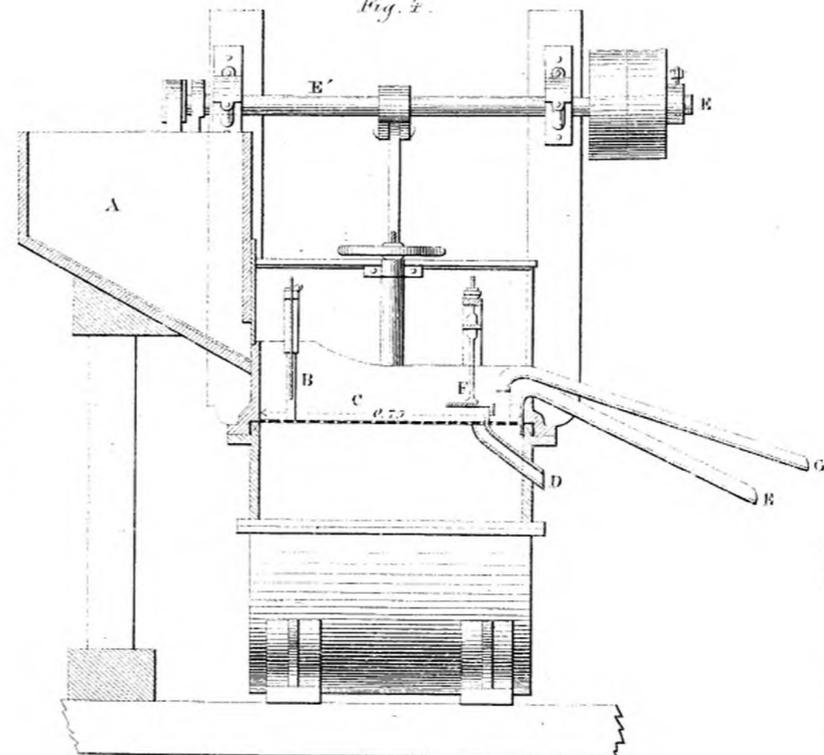
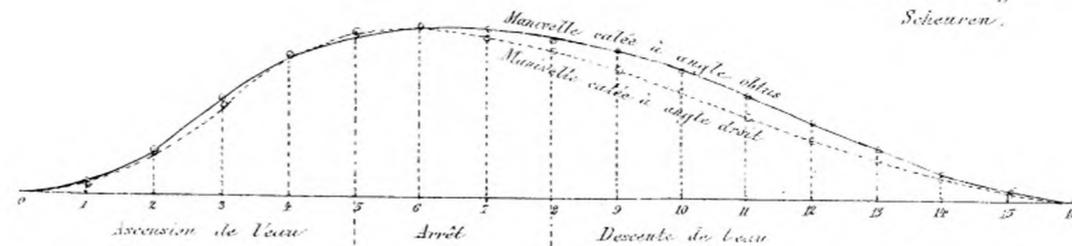


Fig. 5.



Fig. 6.



Courbes de Relation entre les temps et les espaces parcourus par le piston.

Fig. 7.
Coulisse de Pairsheim

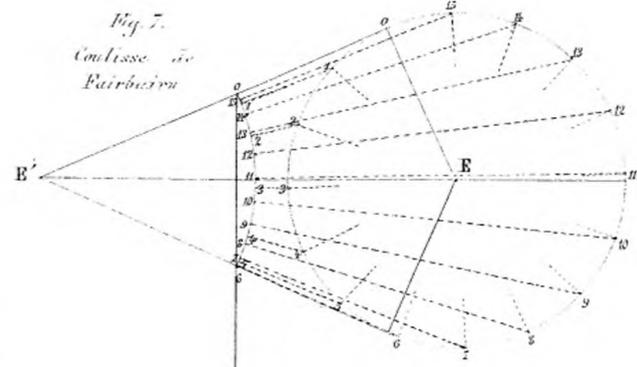


Fig. 9 Crible de M. M. Detombay et Scheuren.

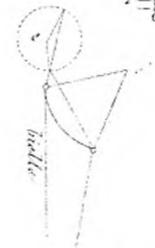
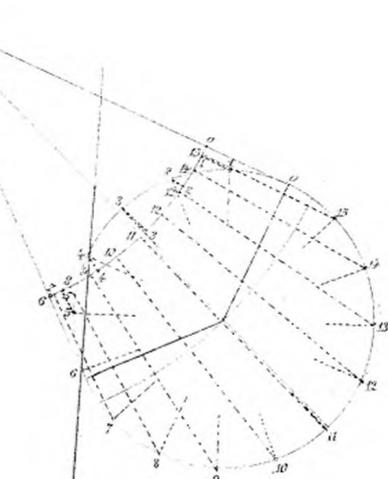


Fig. 10.

Manivelle vissée au angle obtus avec le tige du piston (M. M. Huot et Geyler)



Crible Continu pour matières fines
Système de Herz.

Fig. 1.
Coupe longitudinale.

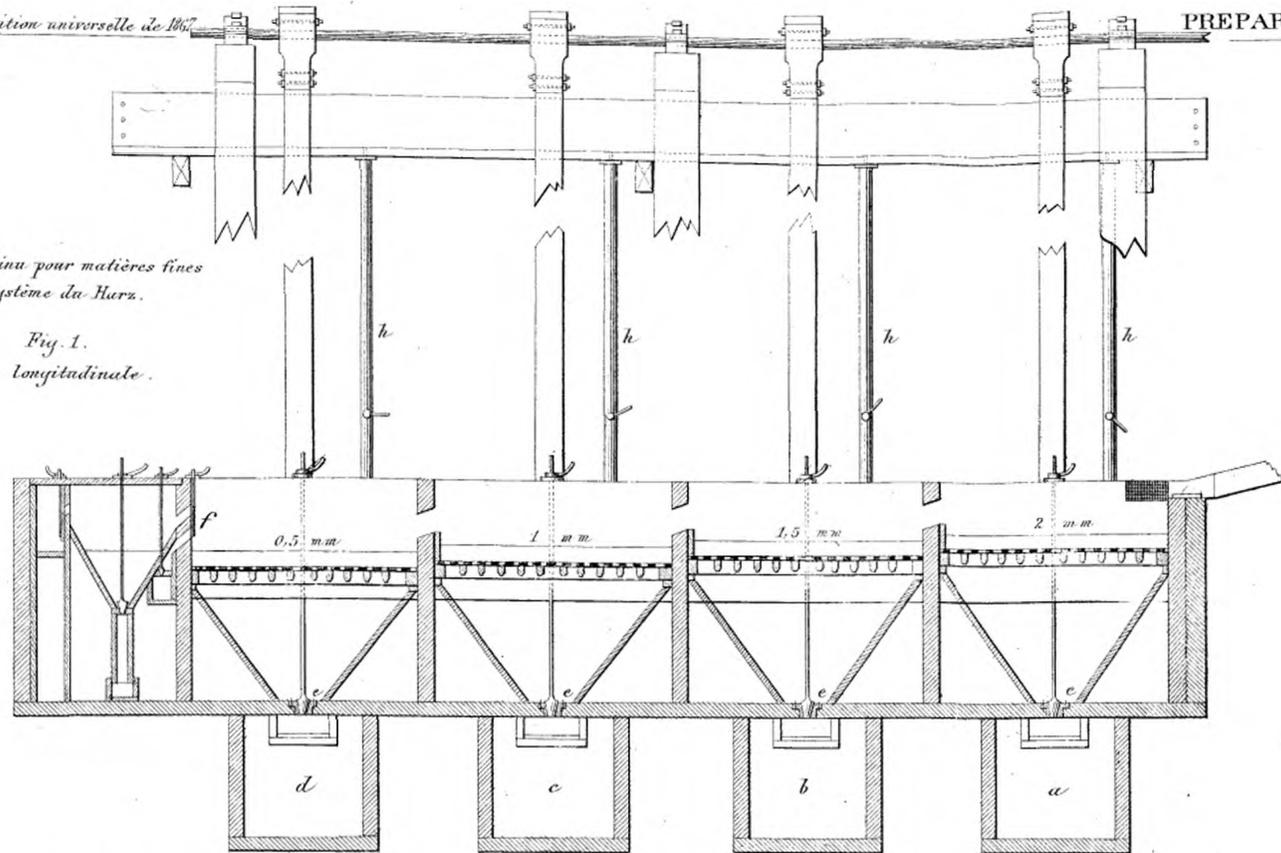
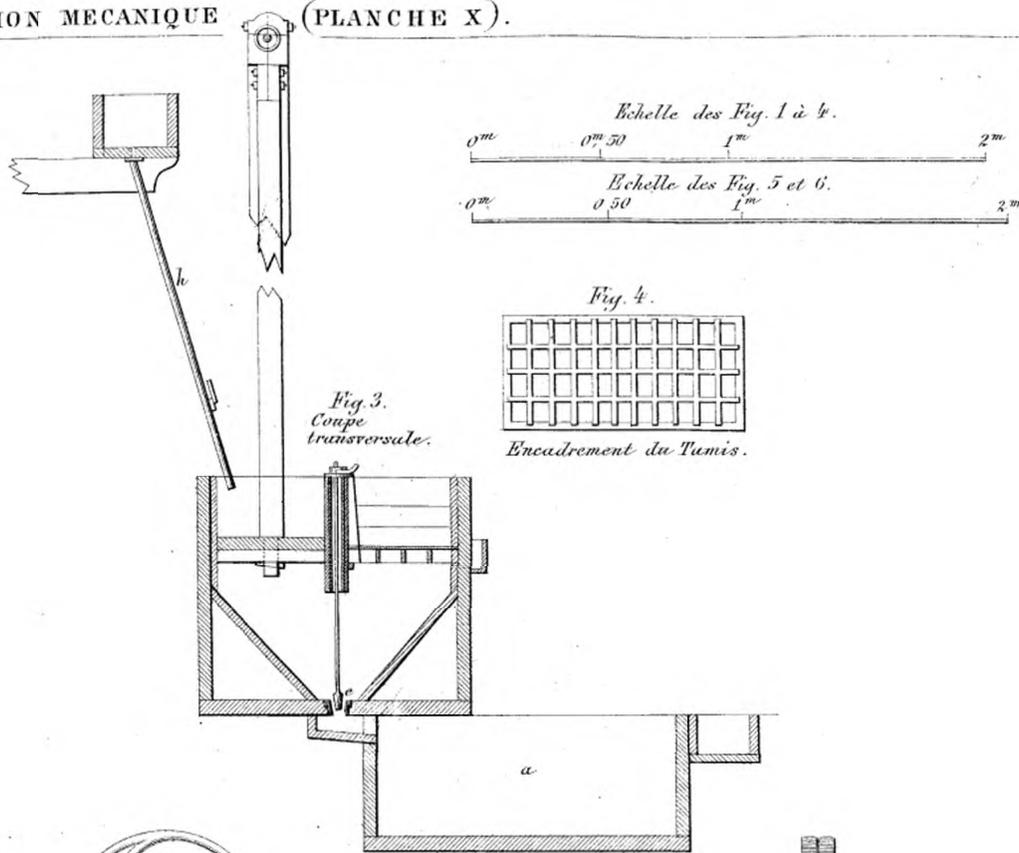
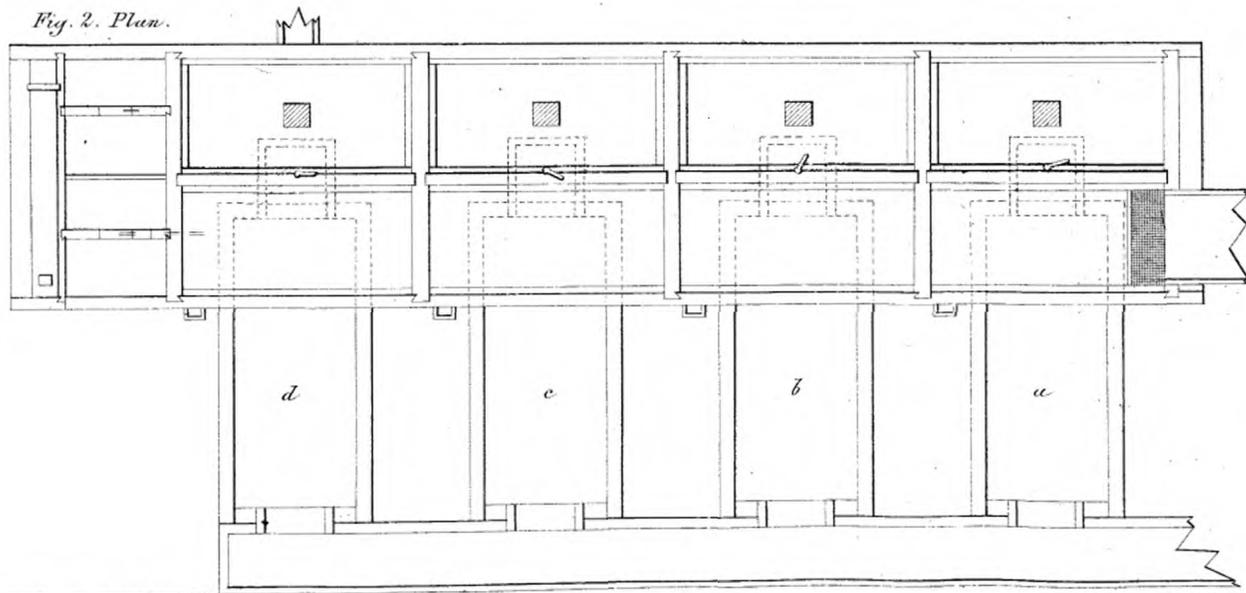


Fig. 2. Plan.



Echelle des Fig. 1 à 4.
0^m 0^m.50 1^m 2^m

Echelle des Fig. 5 et 6.
0^m 0.50 1^m 2^m

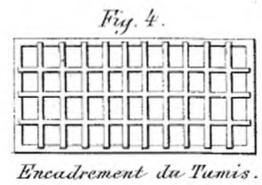


Fig. 3.
Coupe transversale.

Crible Continu de Silberau (Bms).

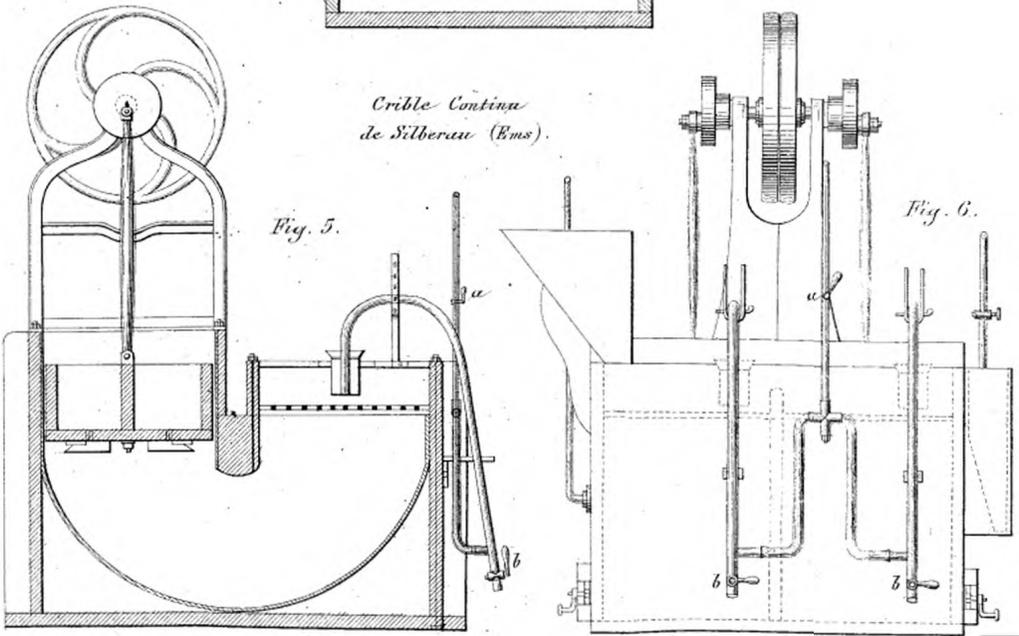


Fig. 5.

Fig. 6.

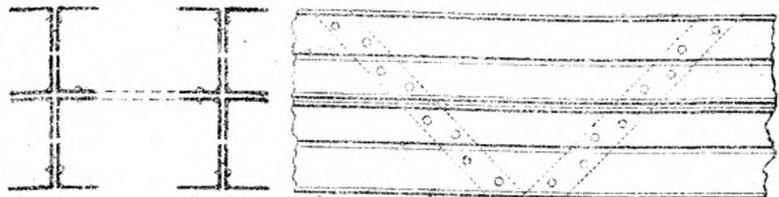
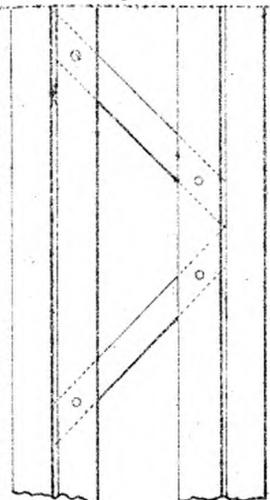
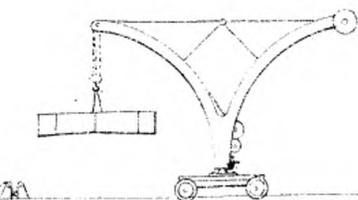
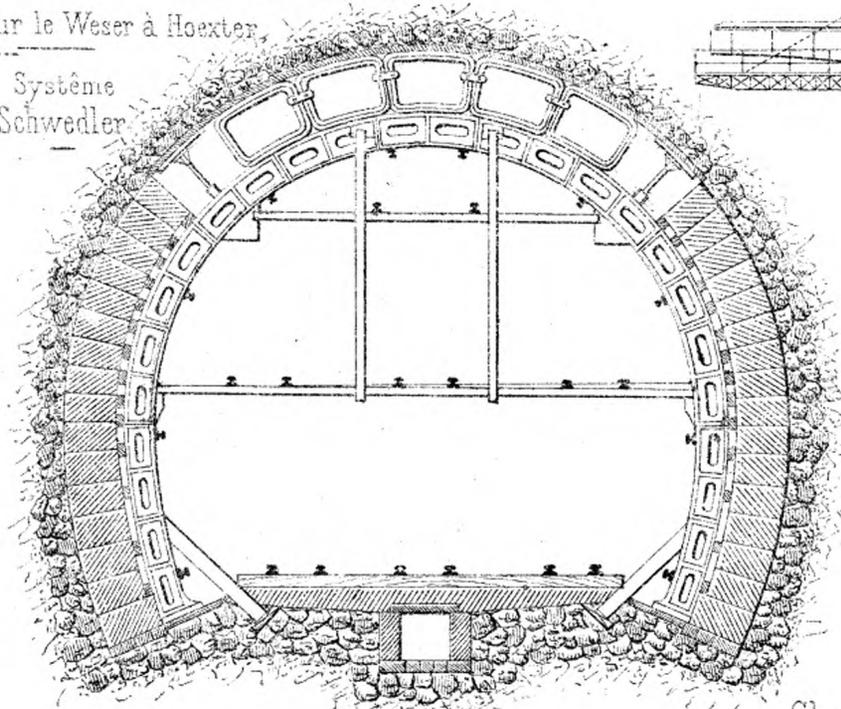


Fig. 4. Pont sur le Weser à Hoexter.



Système Schwedler



Ateliers du Creuzot.

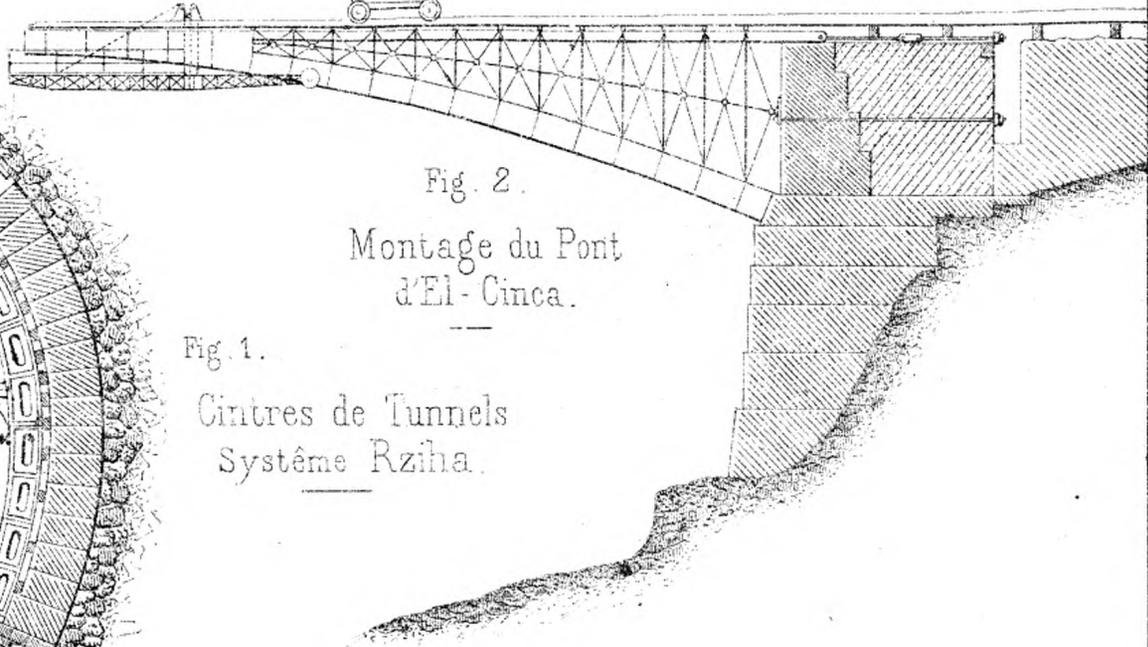


Fig. 2.

Montage du Pont d'El-Cinca.

Fig. 1.

Cintres de Tunnels Système Rziha.

Chemin de fer Rhenan
M^r Hartwich Directeur de la construction.

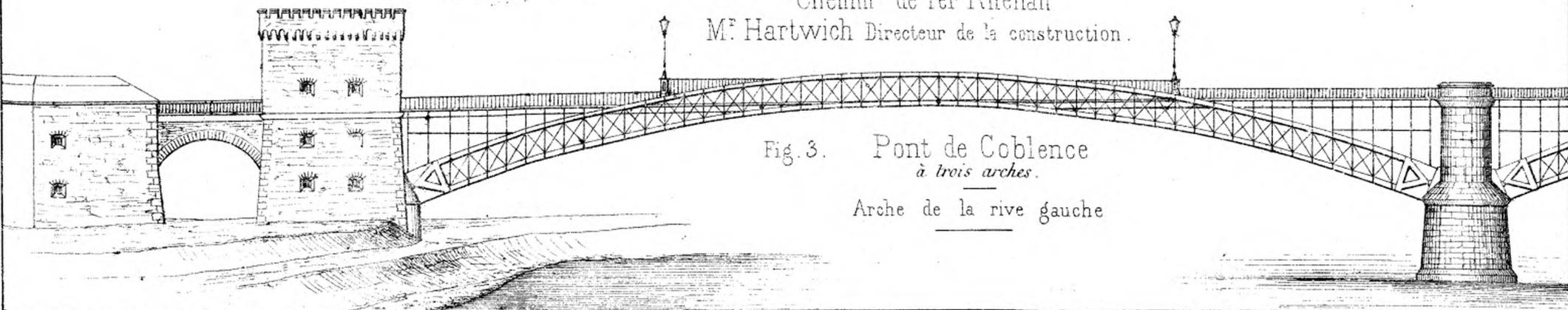
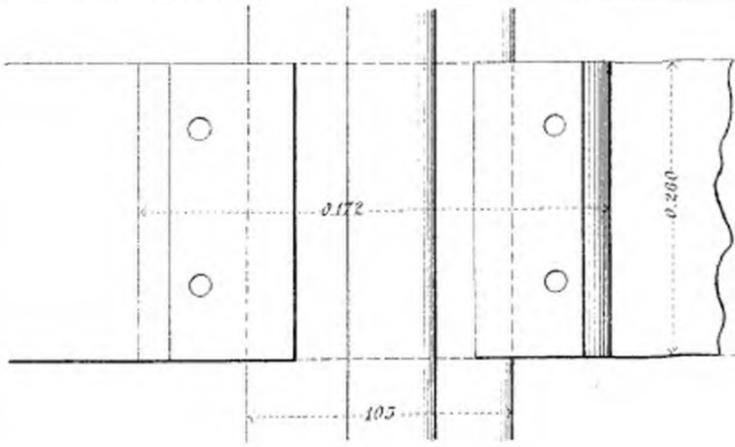
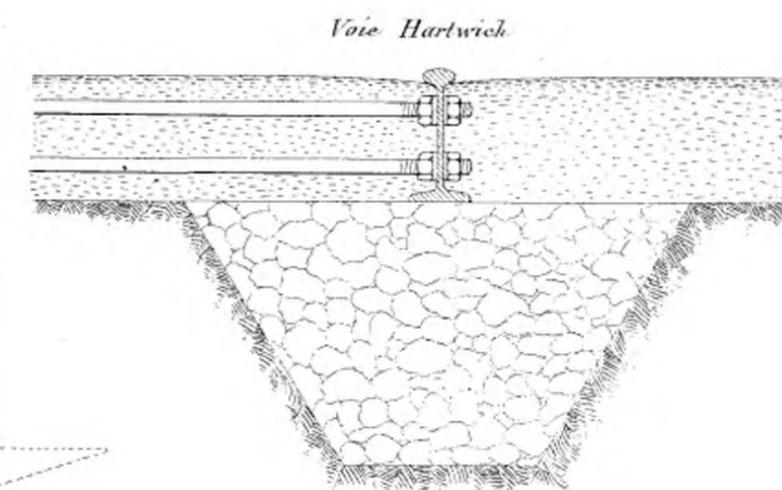
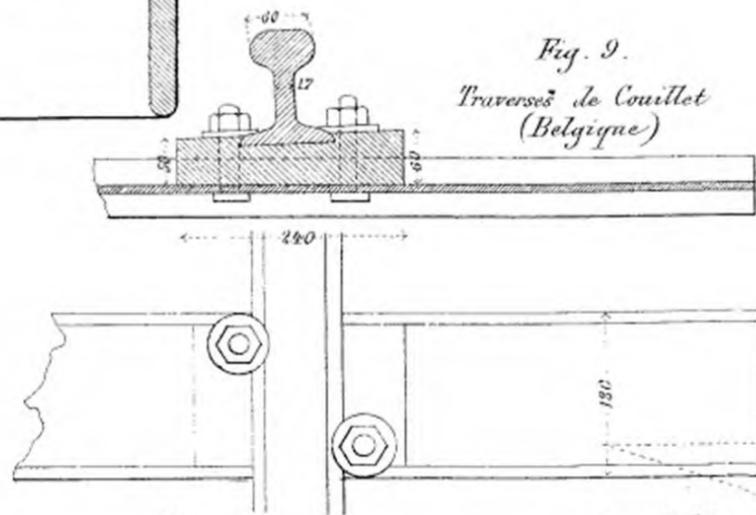
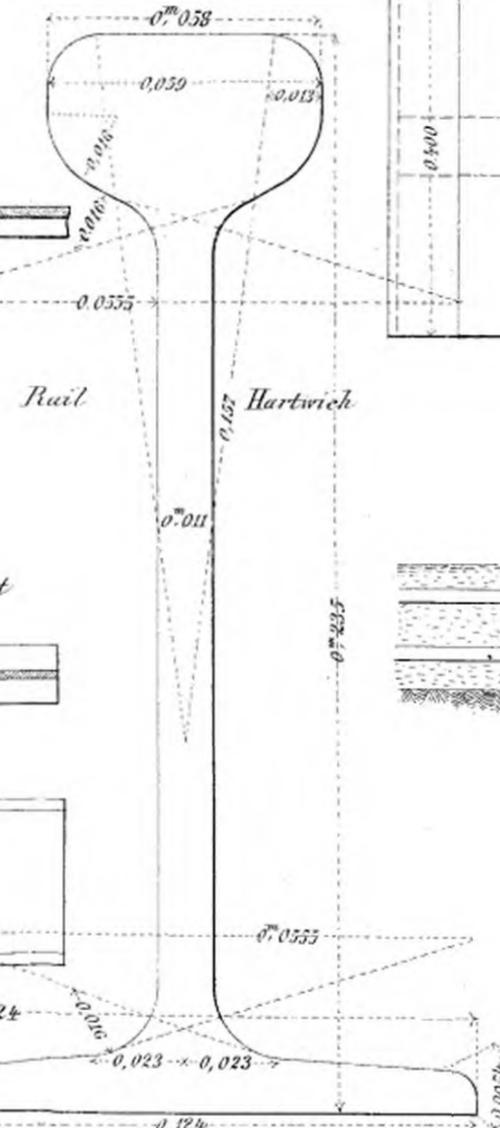
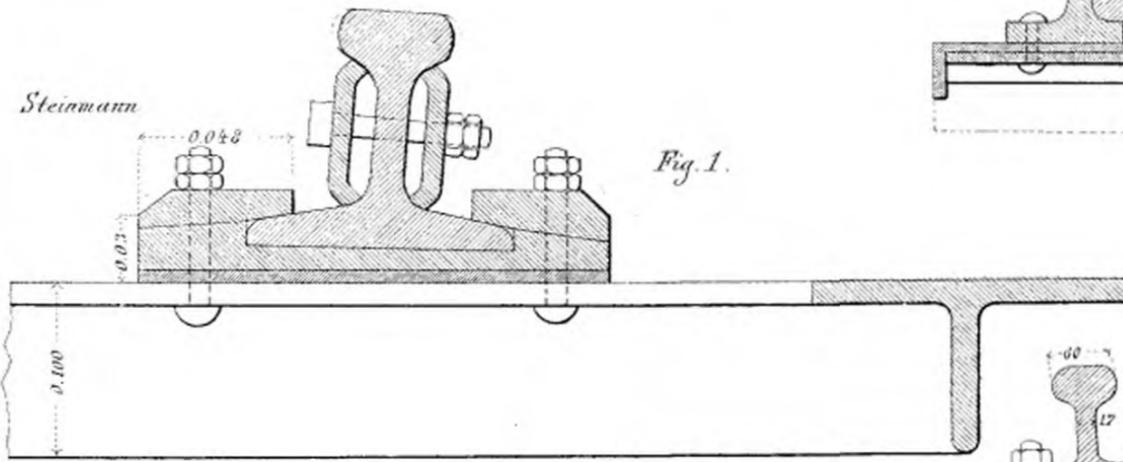
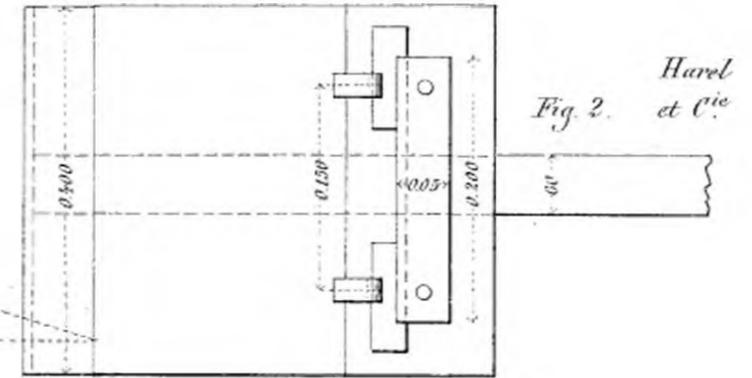
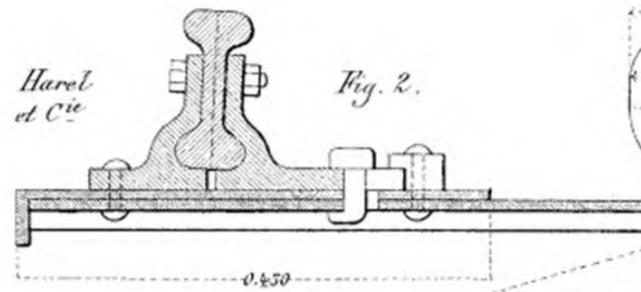
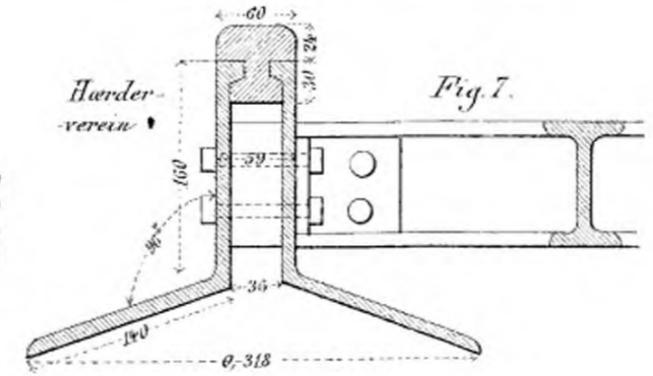
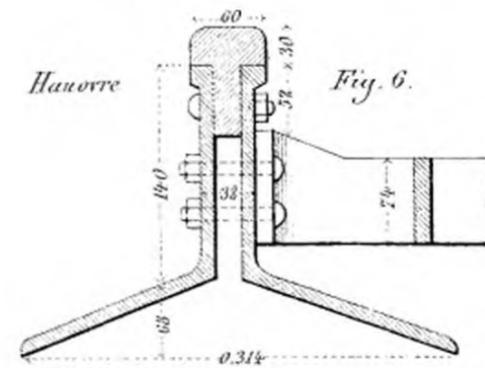
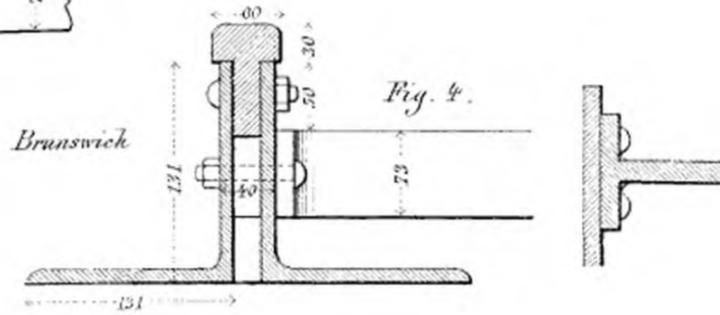
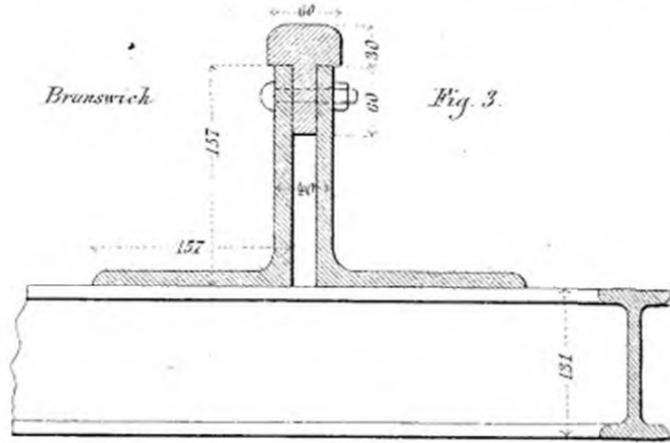
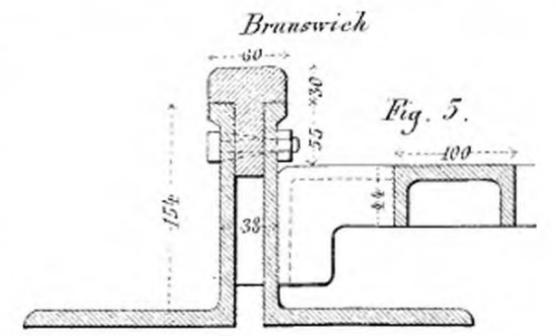
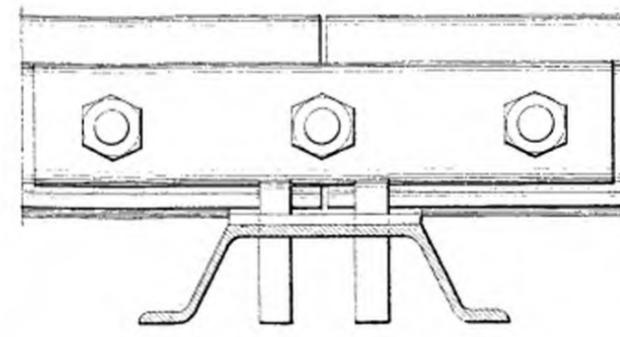
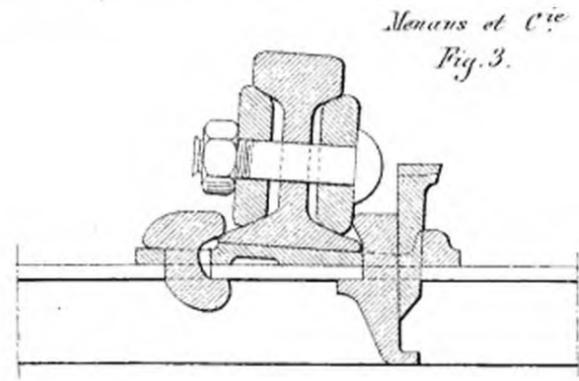
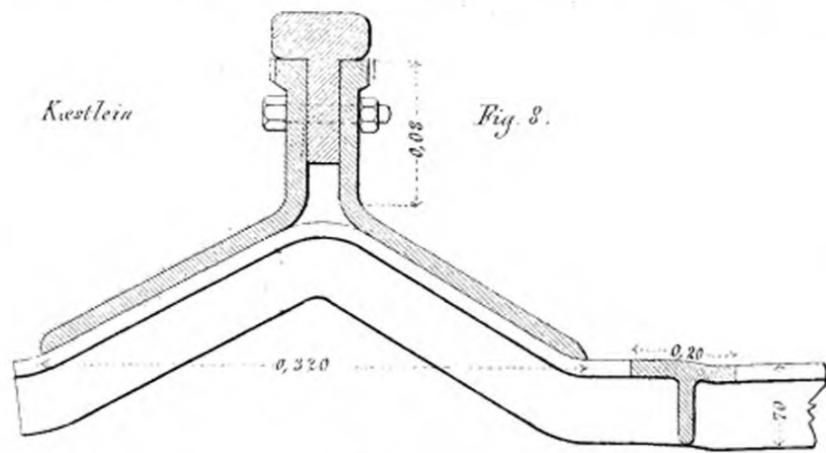


Fig. 3. Pont de Coblence
à trois arches.

Arche de la rive gauche



Chemin de fer du Nord.

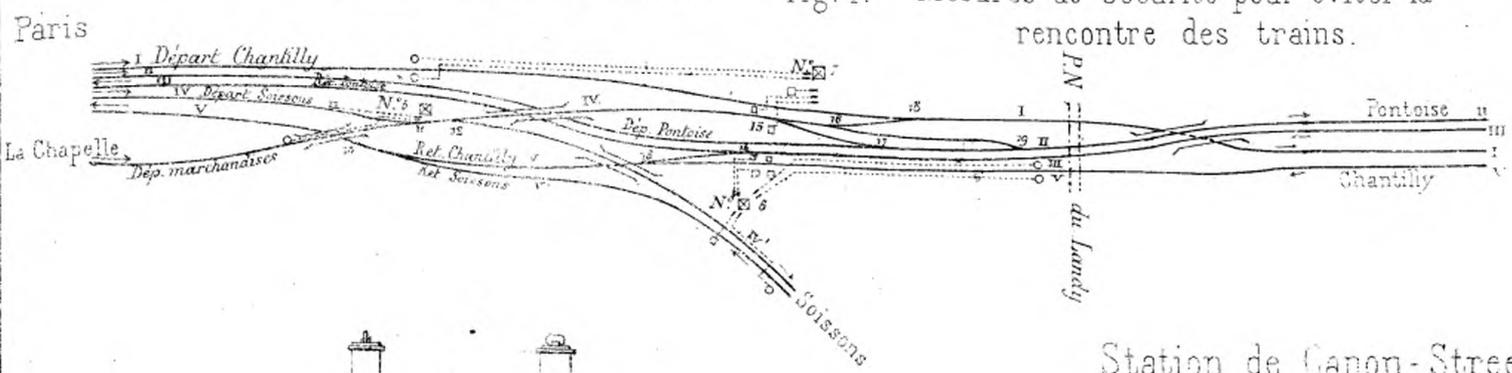
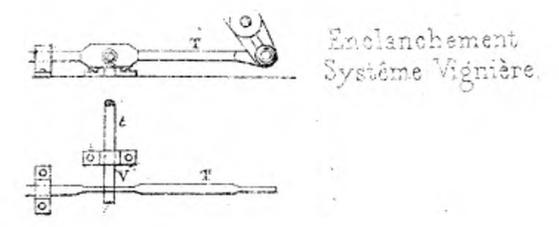


Fig. 1. Mesures de sécurité pour éviter la rencontre des trains.

Fig. 2.



Enclanchement Système Vignière.

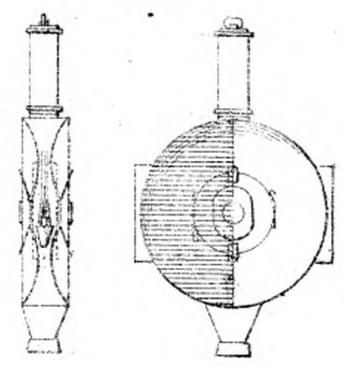
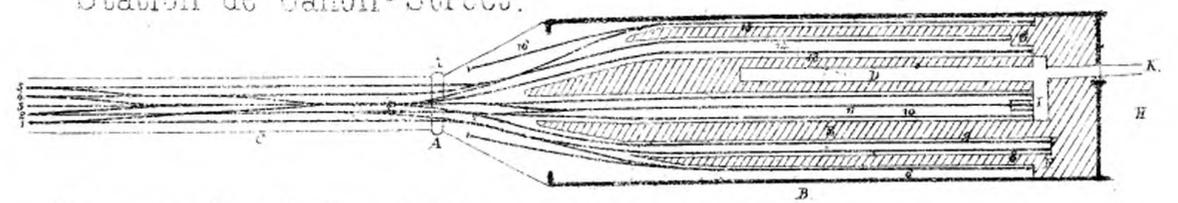


Fig. 3.

Station de Canon-Street.

Fig. 5.



Manœuvre des aiguilles et des signaux par un poste unique.

Plan de la station.

Elevation du poste de manœuvre AA.

Signaux Bender.

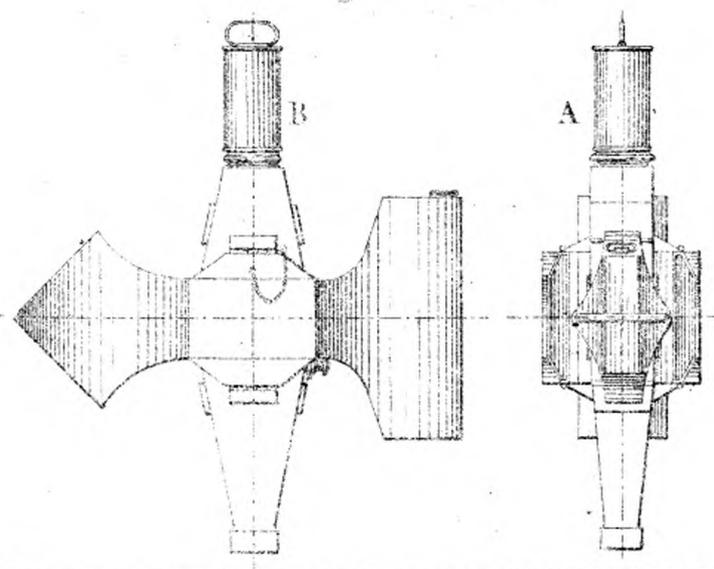


Fig. 4.

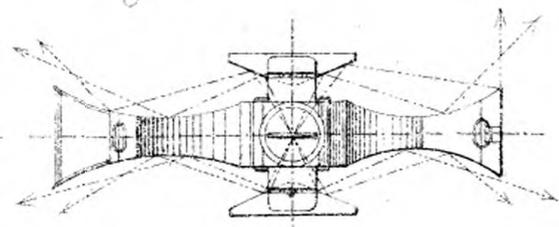
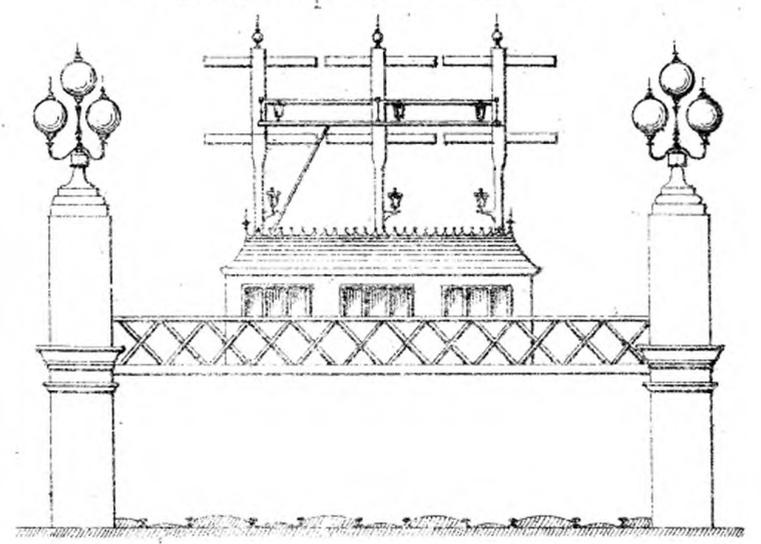


Fig. 6.

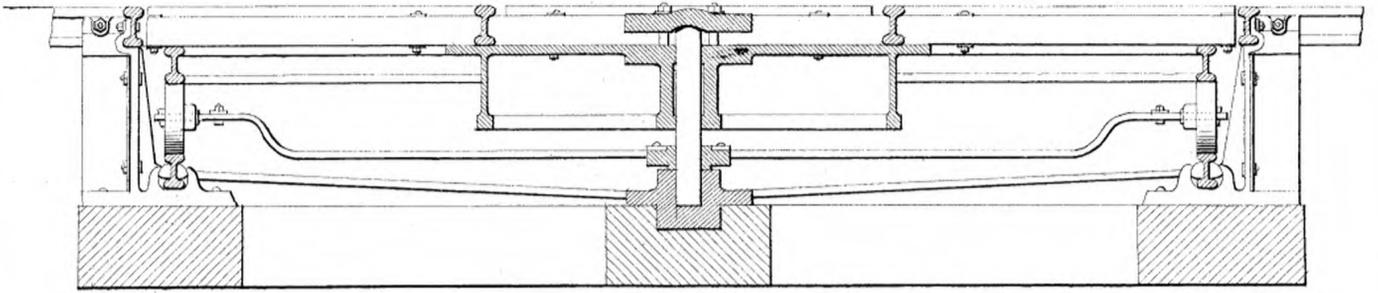


PLAQUE TOURNANTE EN FER FORGÉ
AVEC RAILS EN ACIER BESSEMER

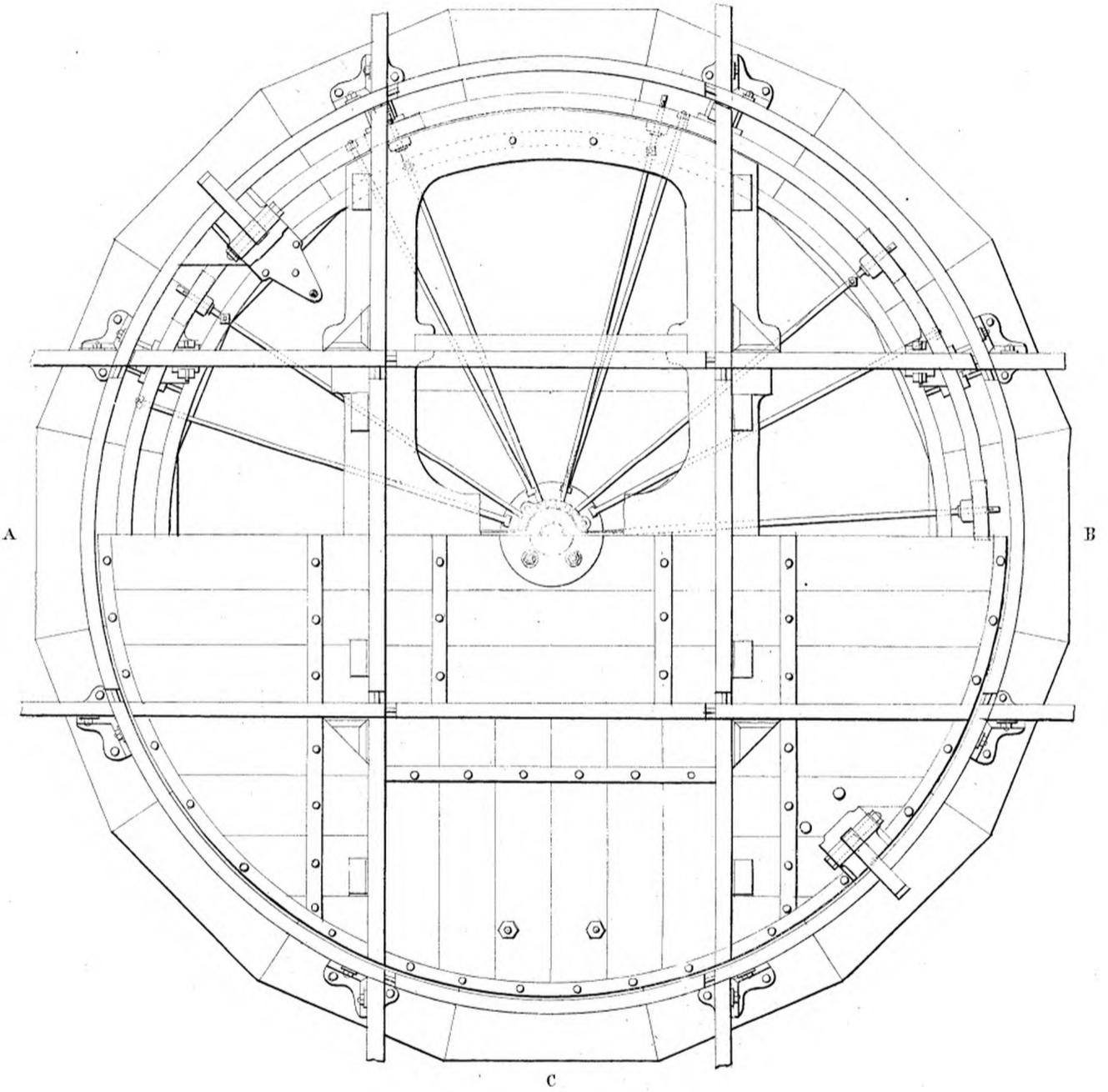
Systeme breveté de W. J. LANC.

Fabrique par THE RAILWAY STEEL ET FLANT C^{ie} LIMITED.

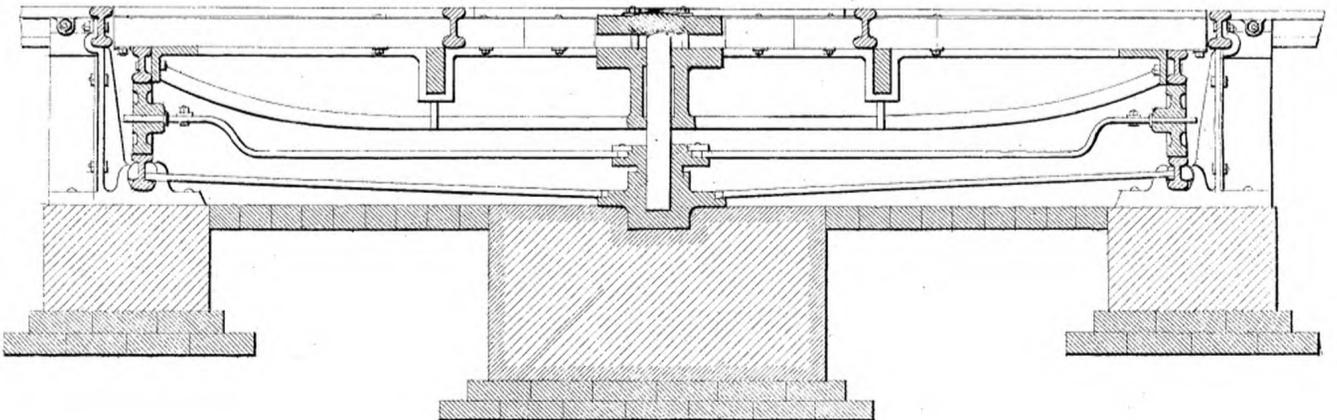
Coupe sur A B.



Plan
D

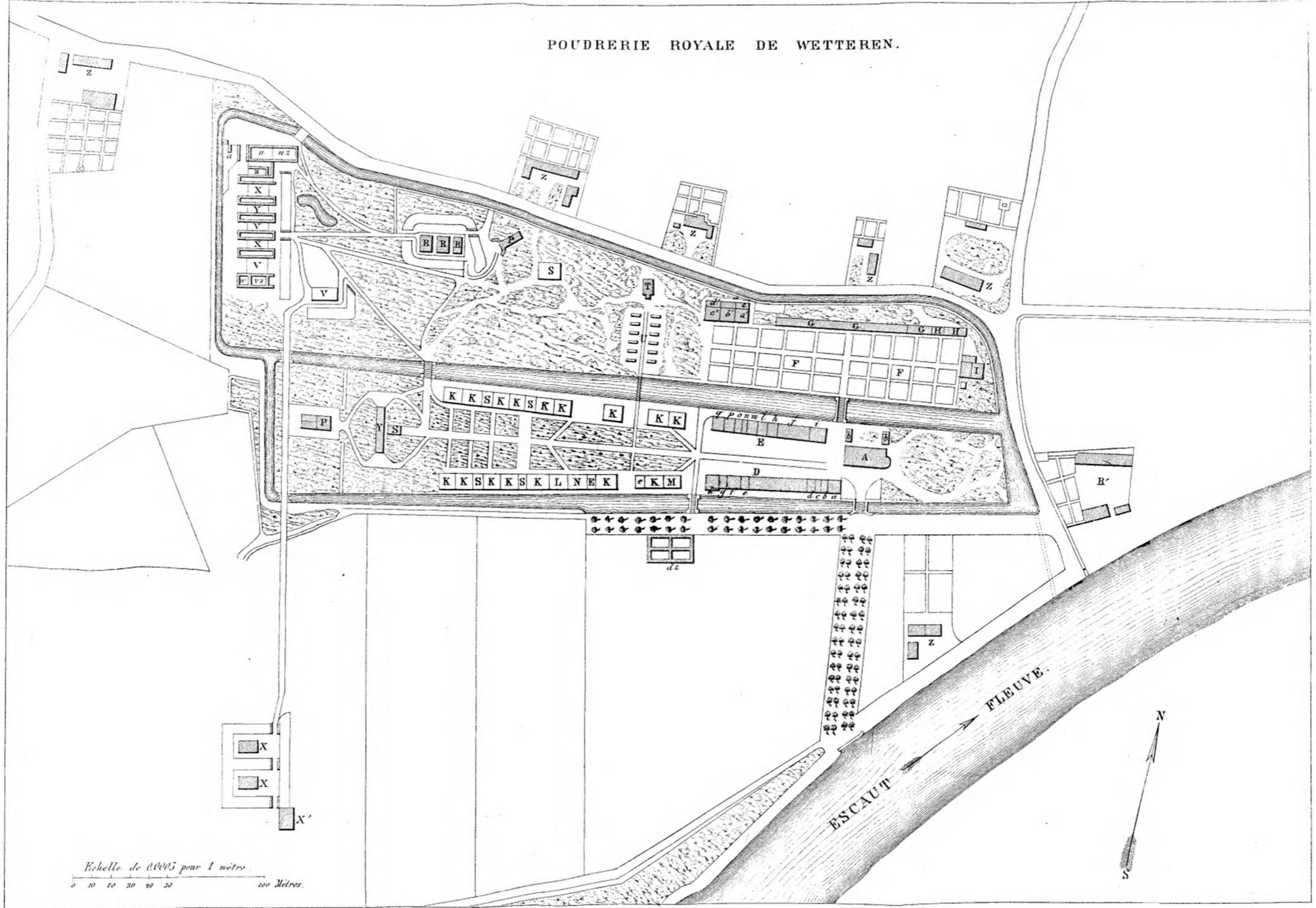


Coupe sur B C.



Echelle de 0^m 030 par mètre.

POUDRERIE ROYALE DE WETTEREN.



Gazogène
Coupe longitudinale
Fig. 1.

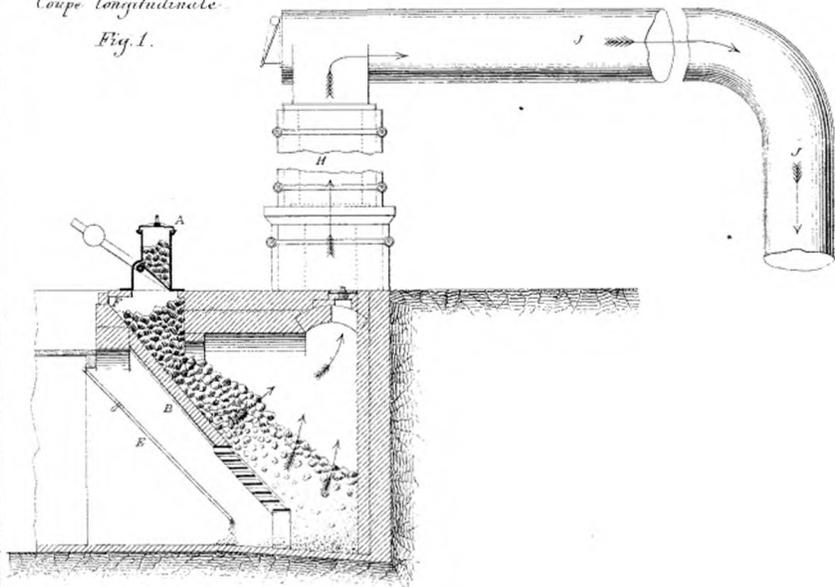


Fig. 3. Diagramme d'un four à gaz et à chaleur régénérée.

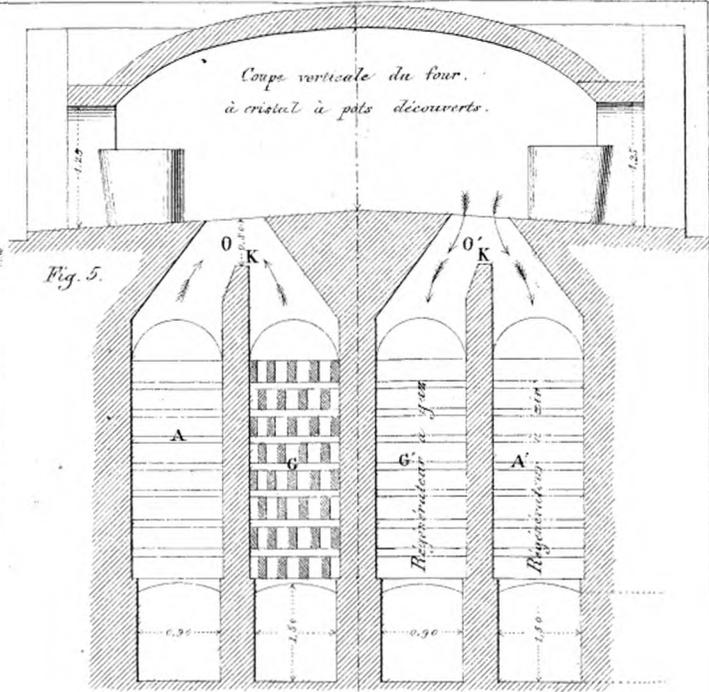
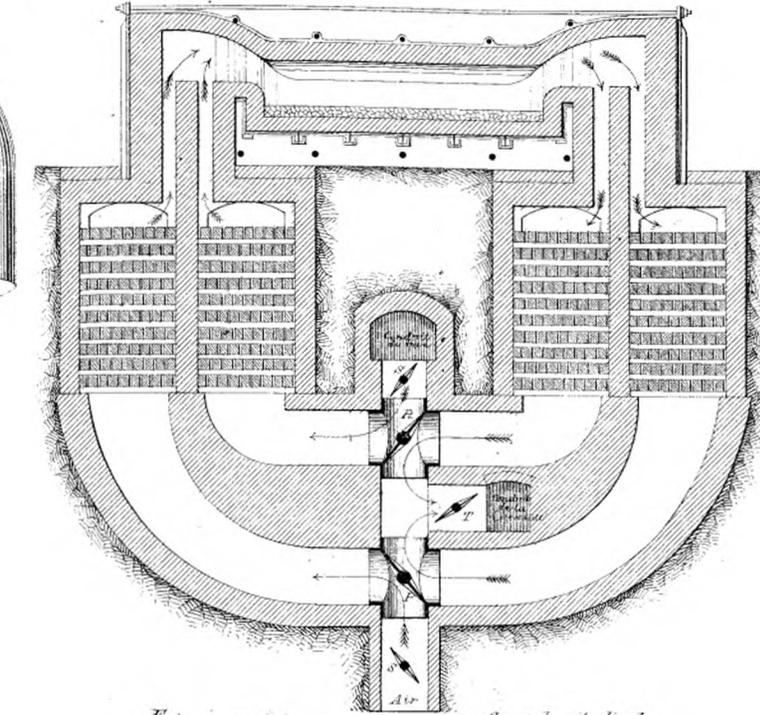
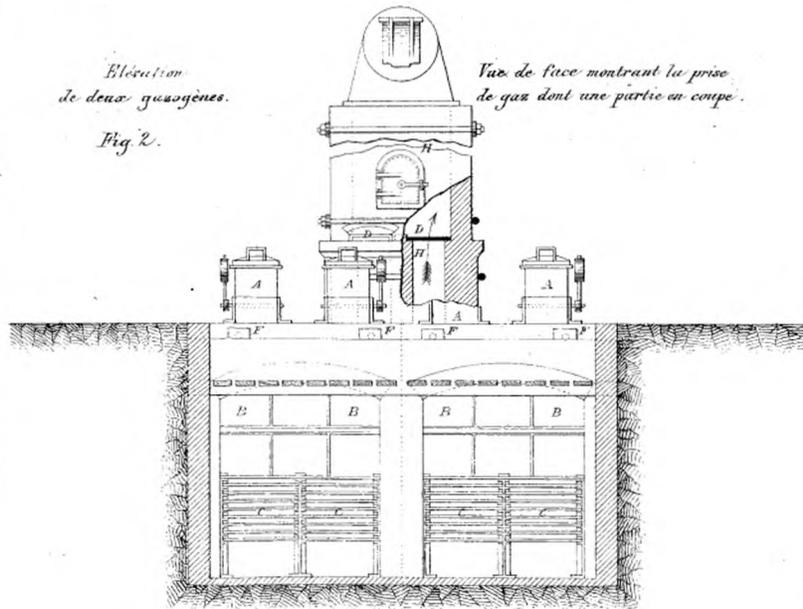


Fig. 5.

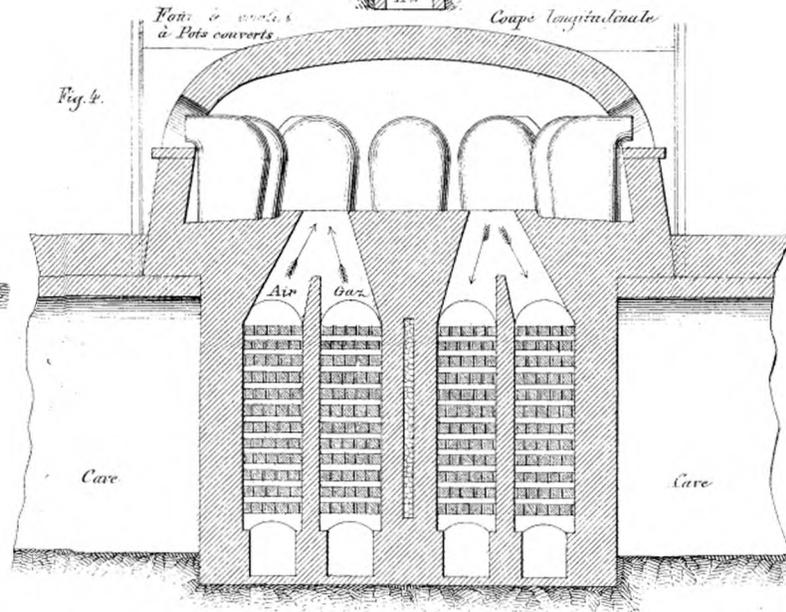
Coupe verticale du four
à cristal à pots découverts.

Elevation
de deux gazogènes.
Fig. 2.



Vue de face montrant la prise
de gaz dont une partie en coupe.

Four à pots
à Pots couverts
Coupe longitudinale
Fig. 4.



Plan et coupe des fours à cristal de St Louis.

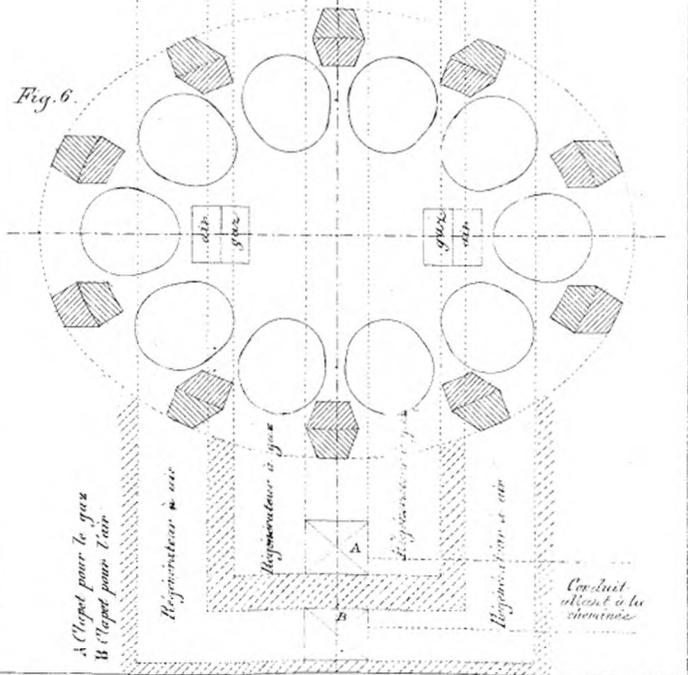


Fig. 6.

A Clapet pour le gaz
B Clapet pour l'air

Régénérateur à air

Régénérateur à gaz

Régénérateur à gaz

Régénérateur à air

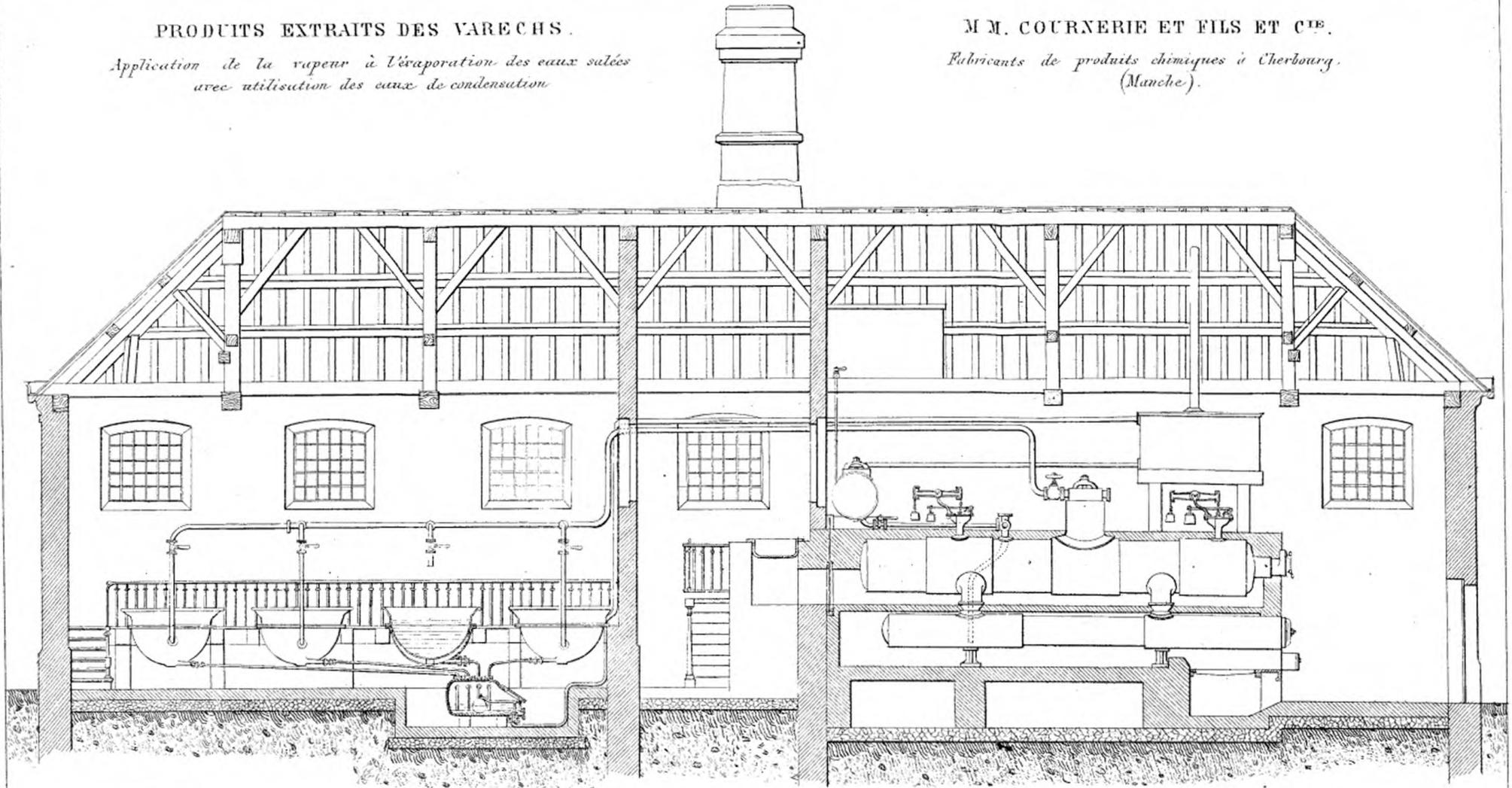
Conduit
abouté à la
cheminée

PRODUITS EXTRAITS DES VARECHS.

Application de la vapeur à l'évaporation des eaux salées
avec utilisation des eaux de condensation

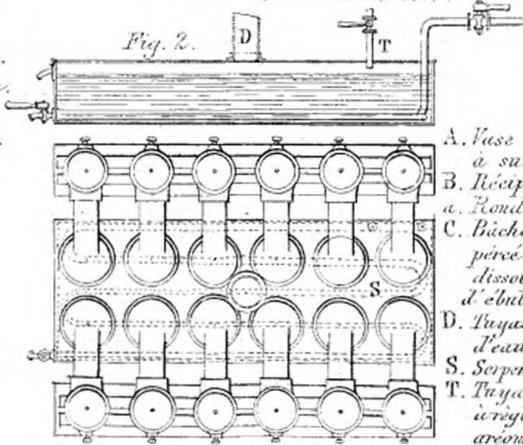
M. M. COURNERIE ET FILS ET C^{IE}.

Fabricants de produits chimiques à Cherbourg.
(Manche).



Application de la vapeur
au traitement de l'Iode.

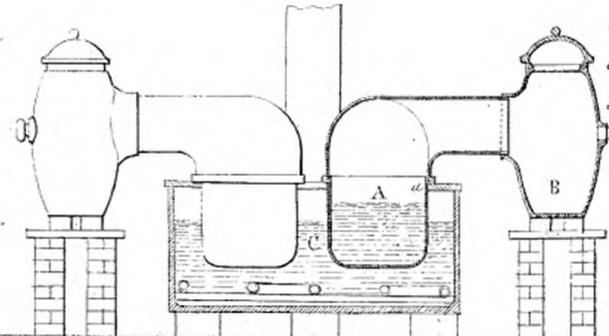
Appareil
pouvant sublimer 1000^{kg}
par mois.



LEGENDE.

- A. Vase en poterie contenant l'Iode à sublimer.
- B. Récipient en poterie.
- a. Rondelle en caoutchouc
- C. Bâche en tôle avec couvercle percé de trous, contenant une dissolution saline dont le degré d'ébullition est supérieur à 70° c.
- D. Tuyau de dégagement de la vapeur d'eau.
- S. Serpentin amenant la vapeur.
- T. Tuyau à eau froide destiné à régler le niveau et le degré aréométrique constants de la dissolution saline.

Coupe Transversale.



Echelles

au 105^{ème} pour la Fig. 1.

au 60^{ème} pour la Fig. 2.

au 30^{ème} pour la Fig. 3.

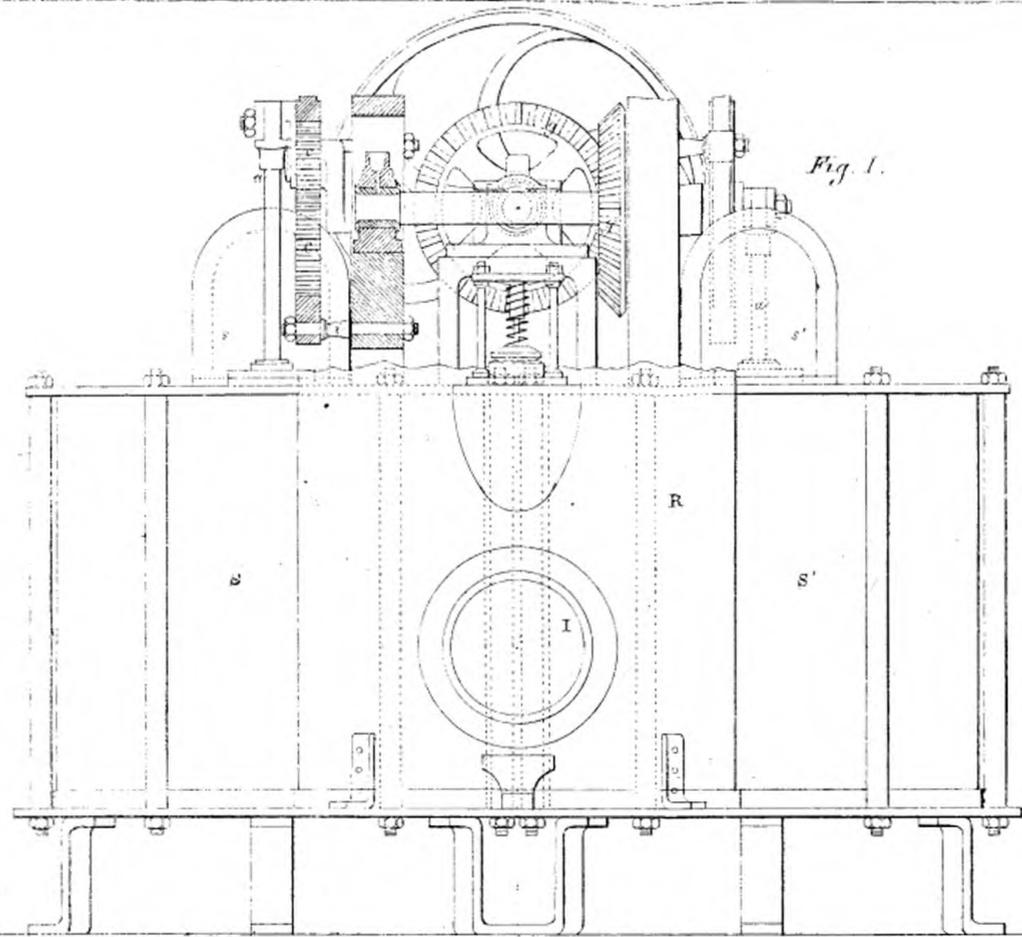


Fig. 1.

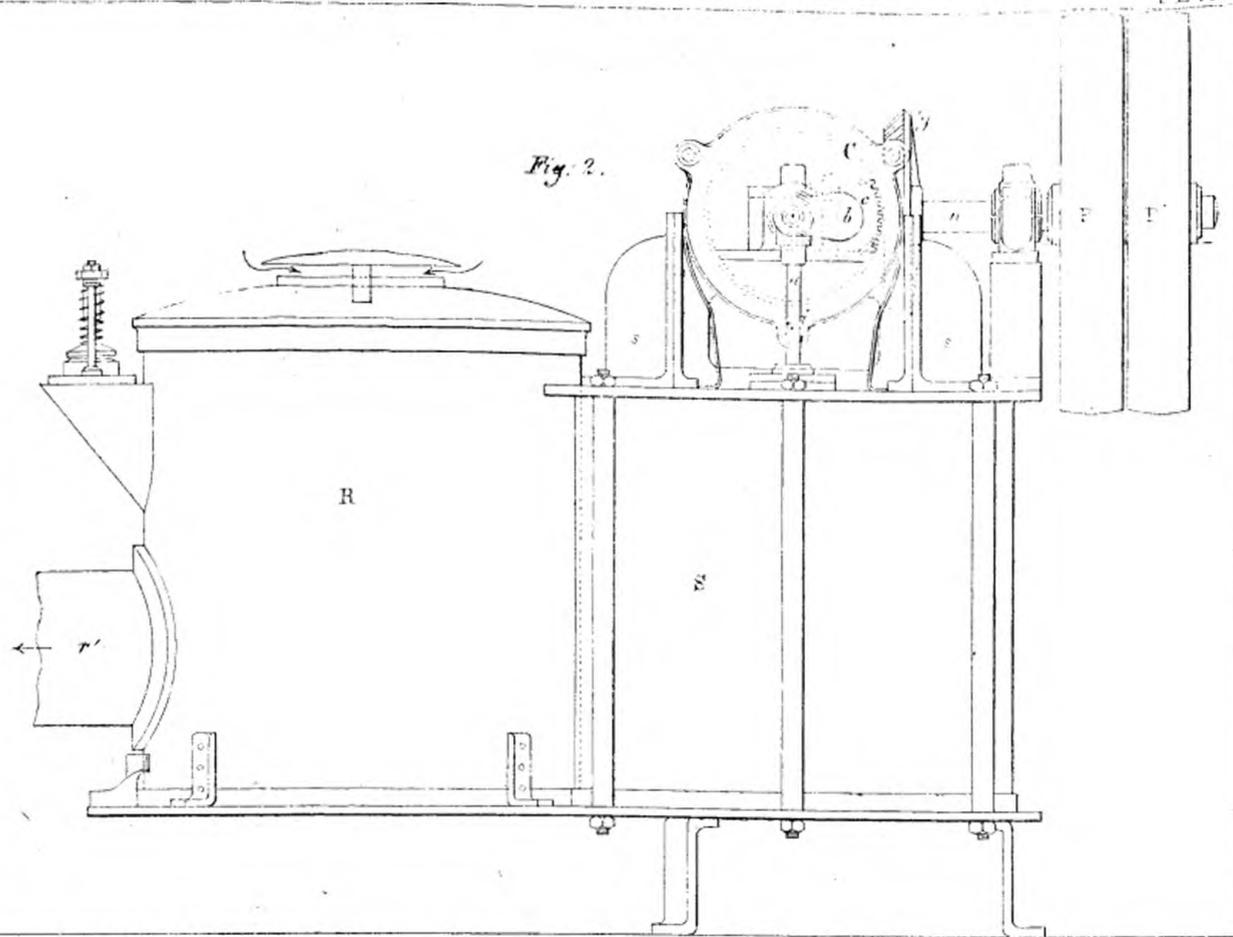


Fig. 2.

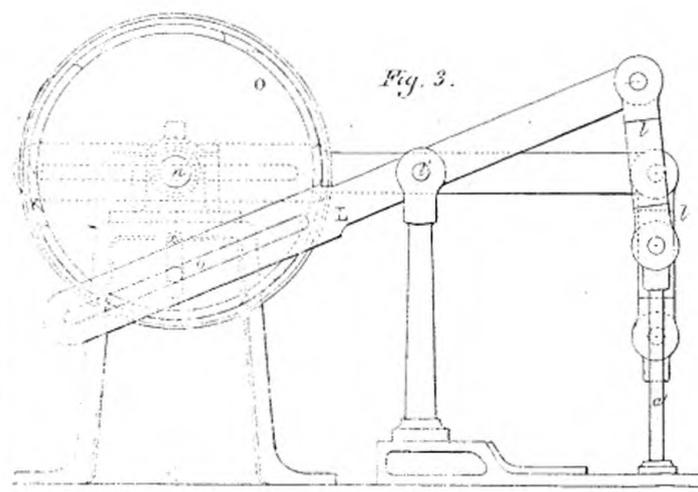


Fig. 3.

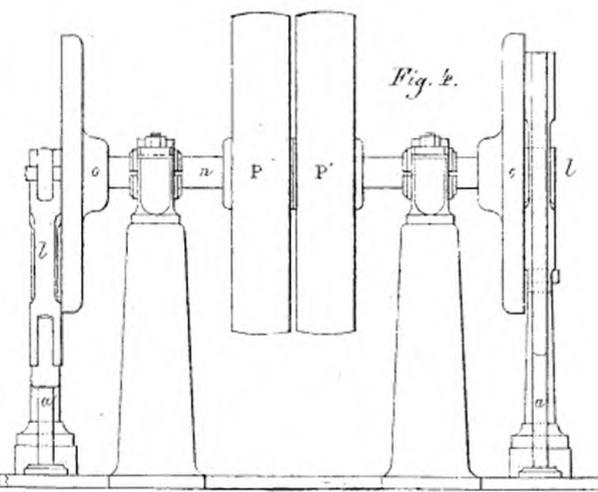


Fig. 4.

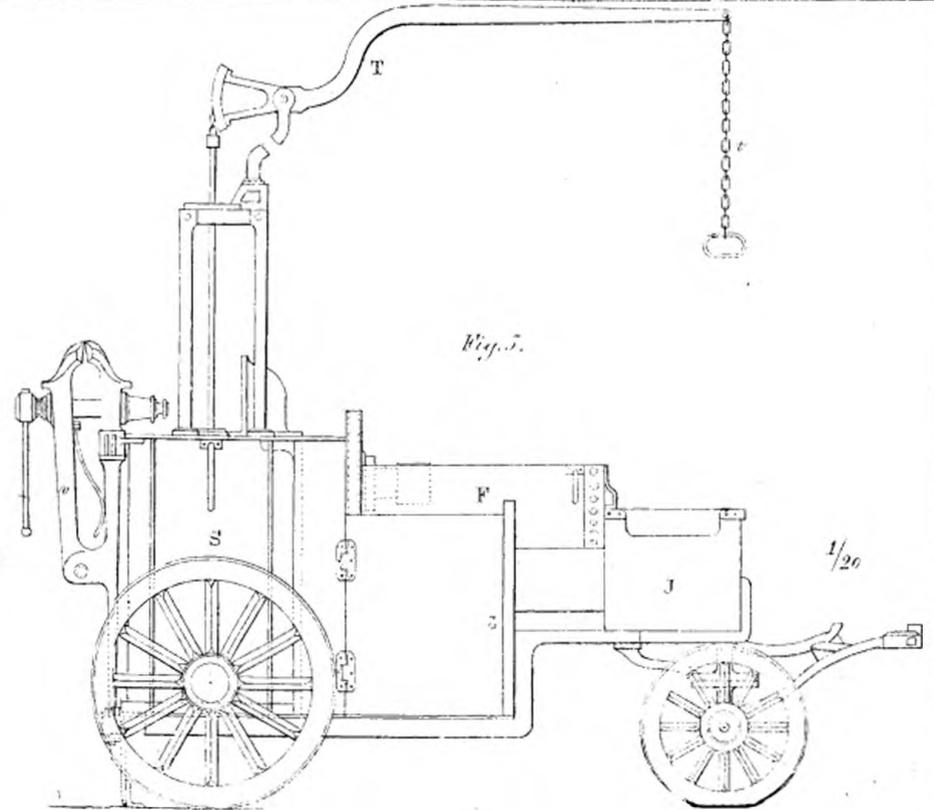


Fig. 5.

1/20



Fig. 6.

1/20

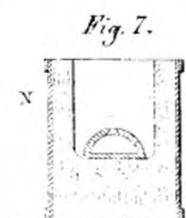


Fig. 7.

SOUFFLETS ET FORGES.

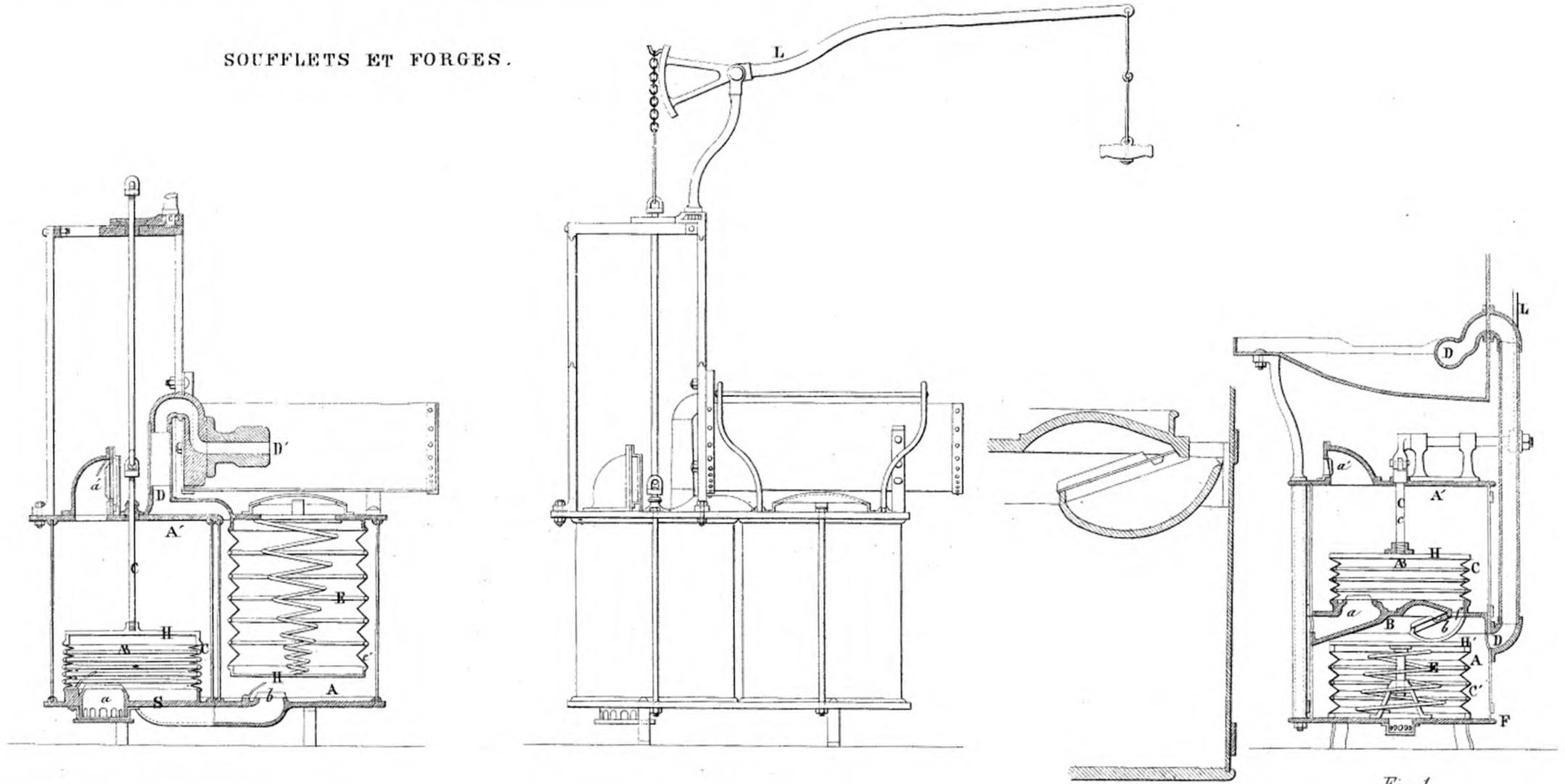


Fig. 1.

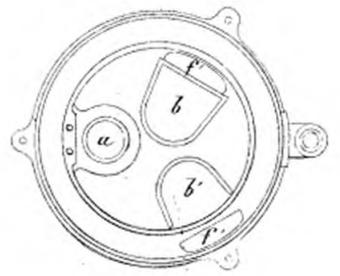
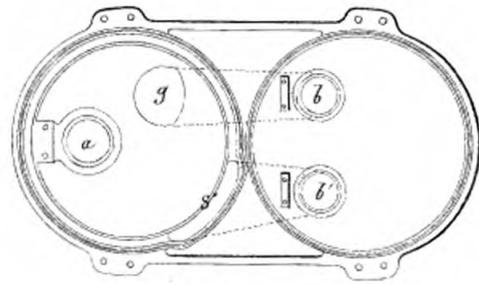


Fig. 2.

Echelle de 0,083 pour mètr.

Filter-Presse Cylindrique.

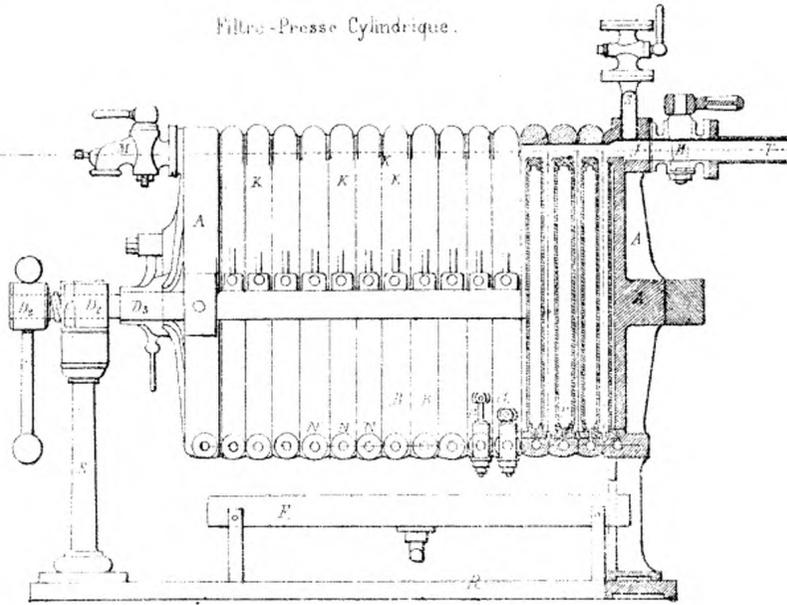


Fig 1. Coupe verticale suivant A B en fig. 5.

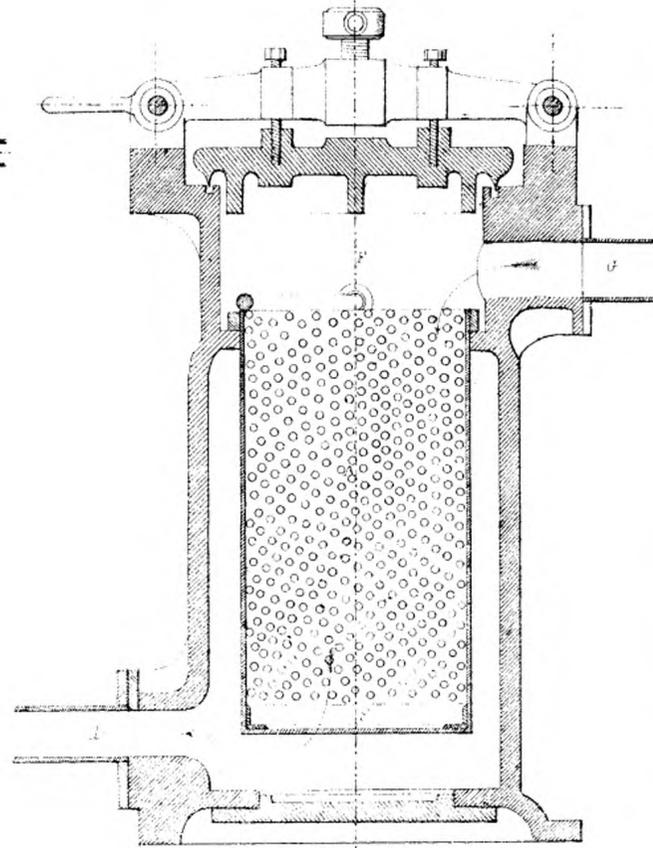


Fig 5. Tamisoir.

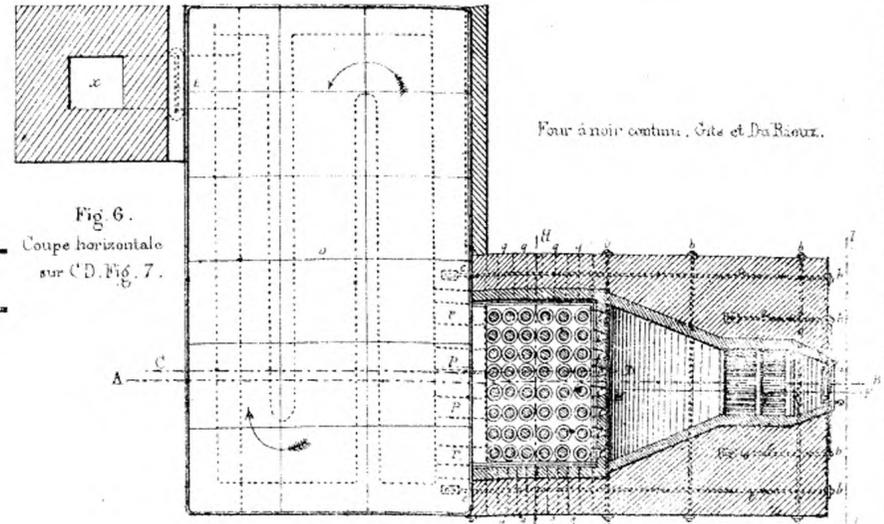


Fig 6. Coupe horizontale sur CD. Fig. 7.

Fig 7. Coupe verticale sur AB Fig. 6.

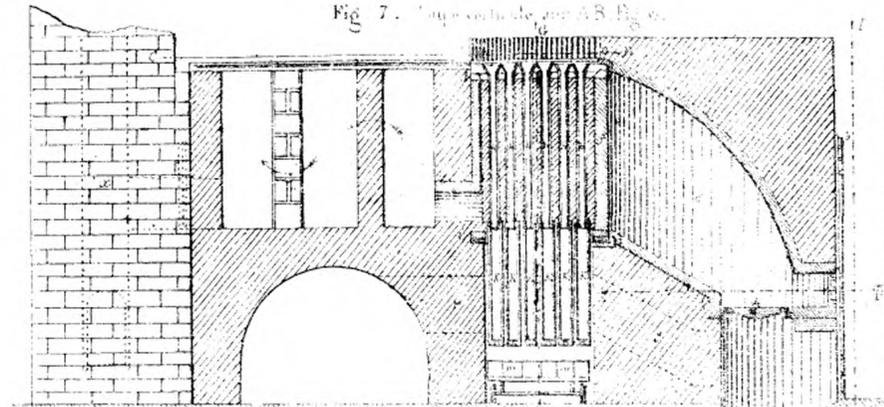


Fig 8. Diagramme de l'épave.

Fig 9. Diagramme de l'épave.

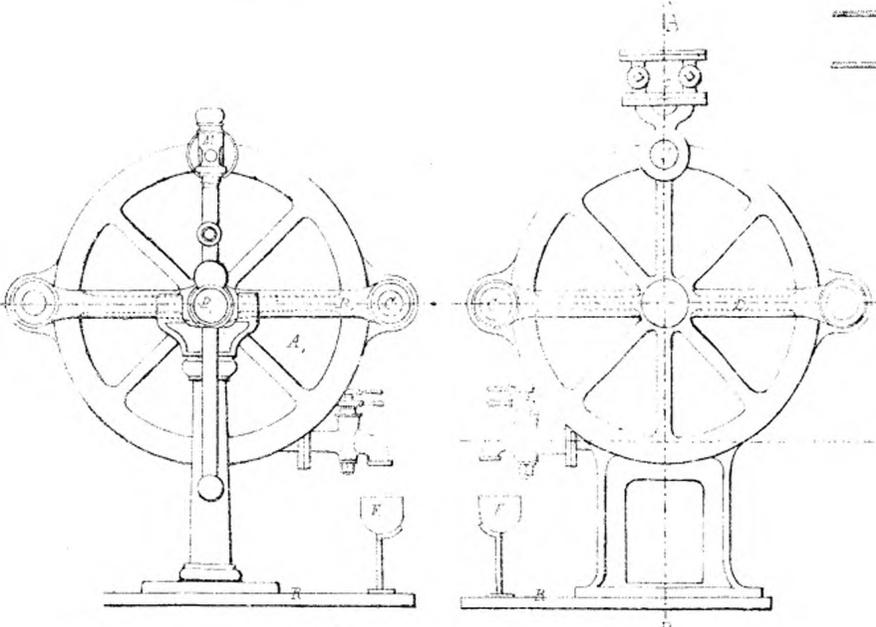
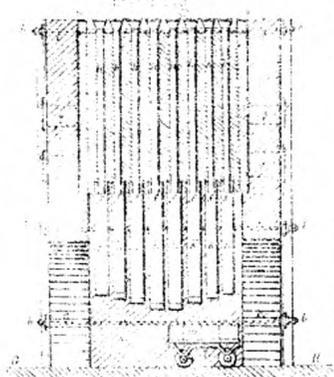
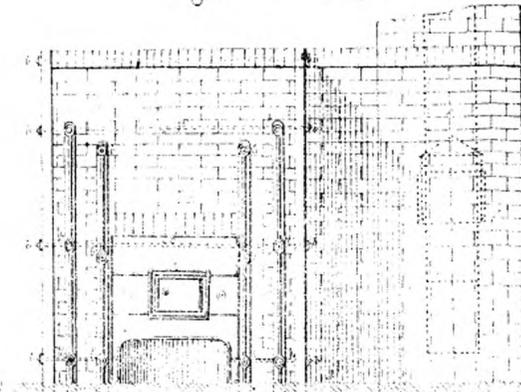


Fig 2. Vue du plateau mobile et de la vis de serrement.

Fig 3. Vue du plateau fixe inséré dans l'armature en fer.

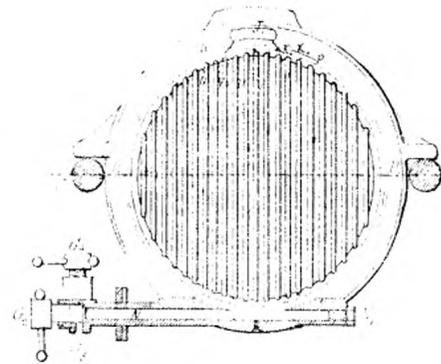
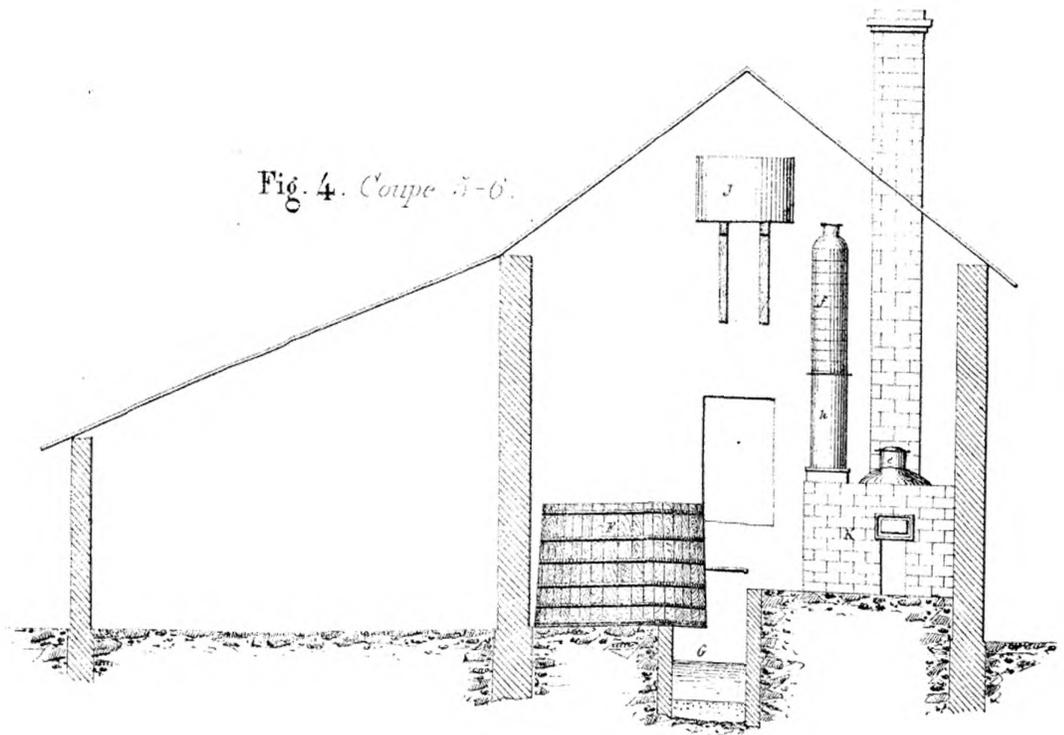
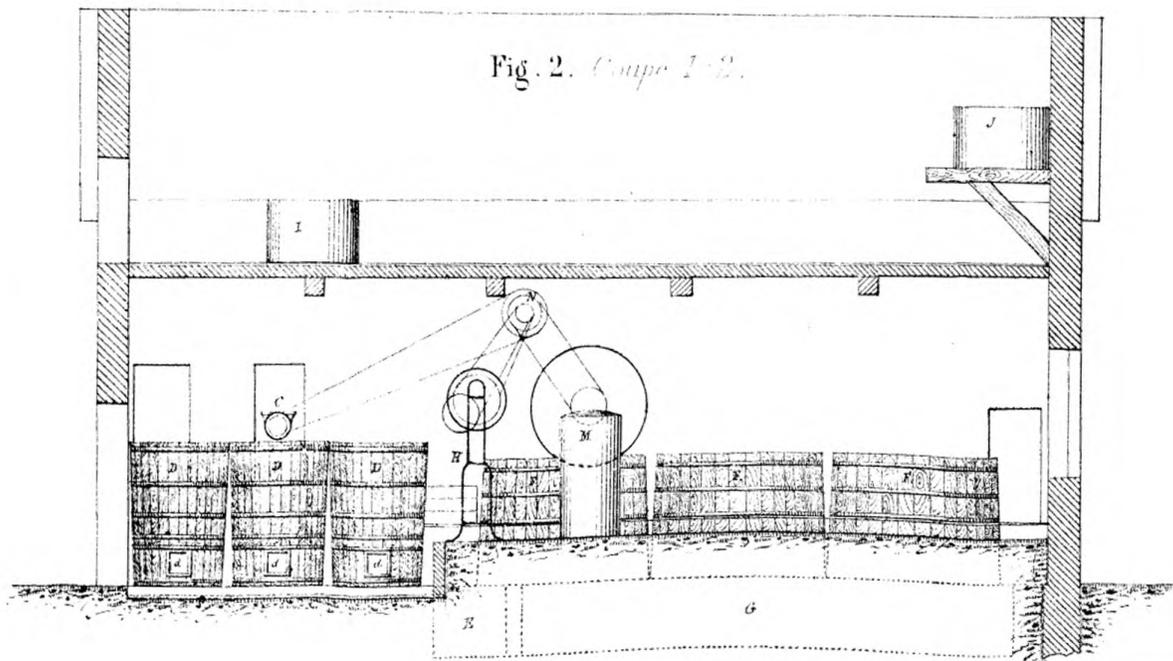
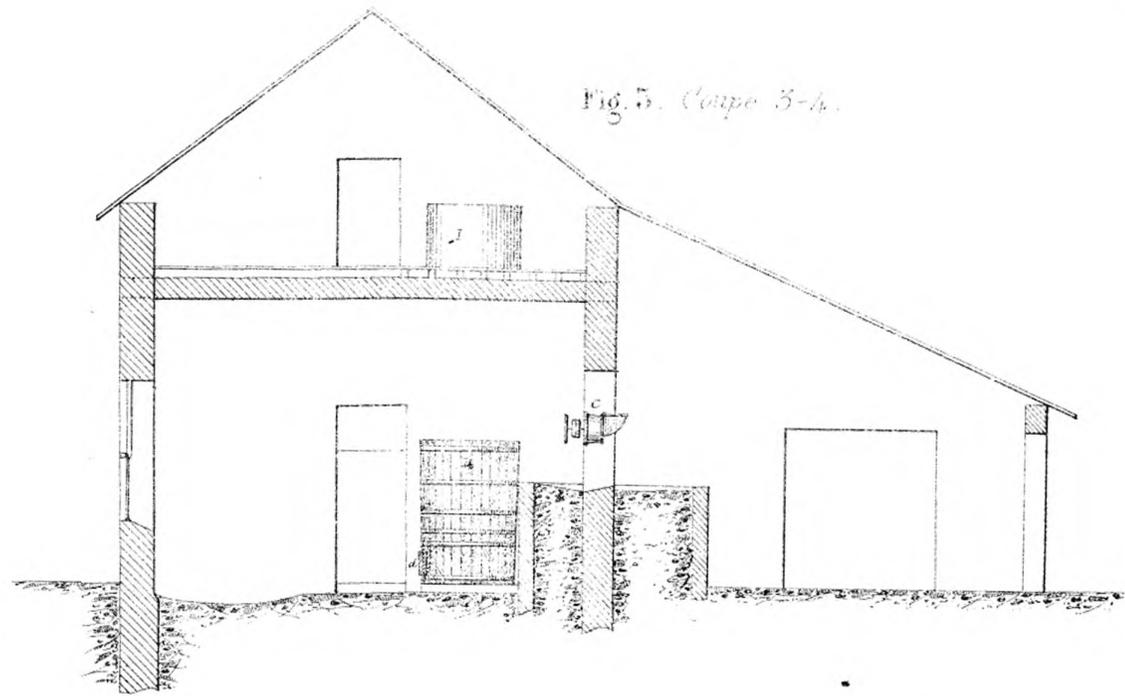
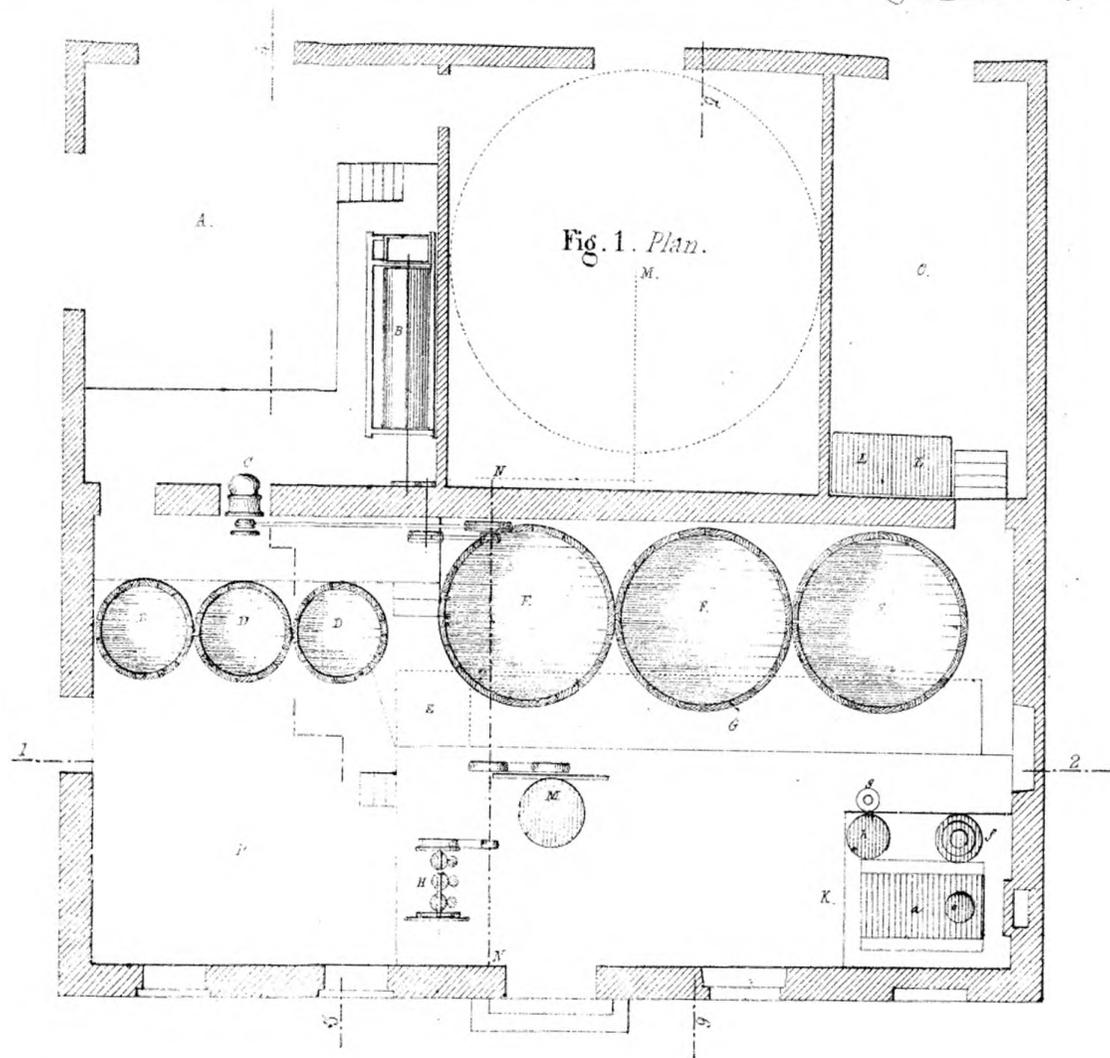


Fig 4. Vue d'un cadre.



Echelle de 0^m.01 par mètre.

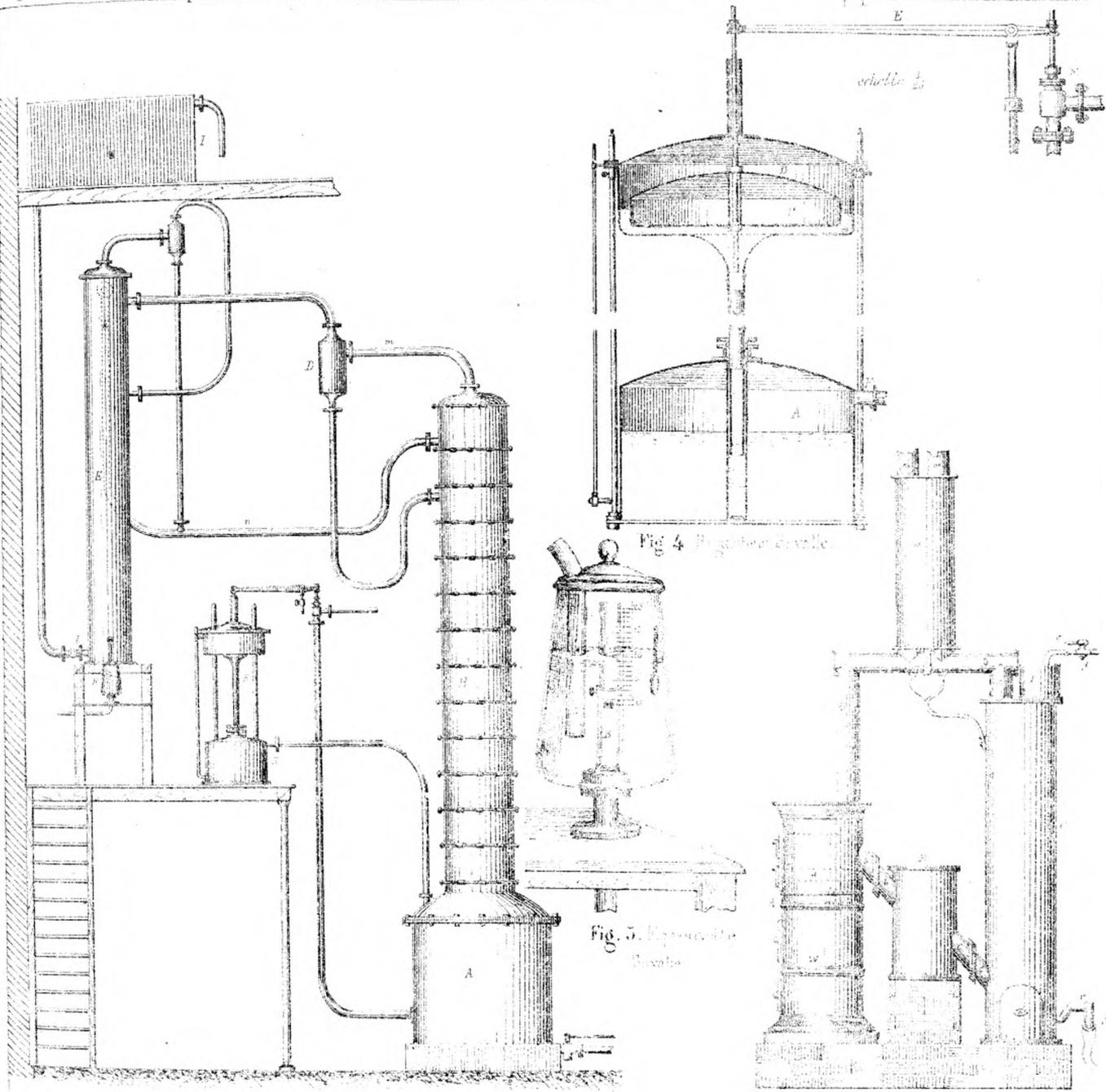


Fig. 5. Appareil Savalle

Fig. 1. Appareil Babcock

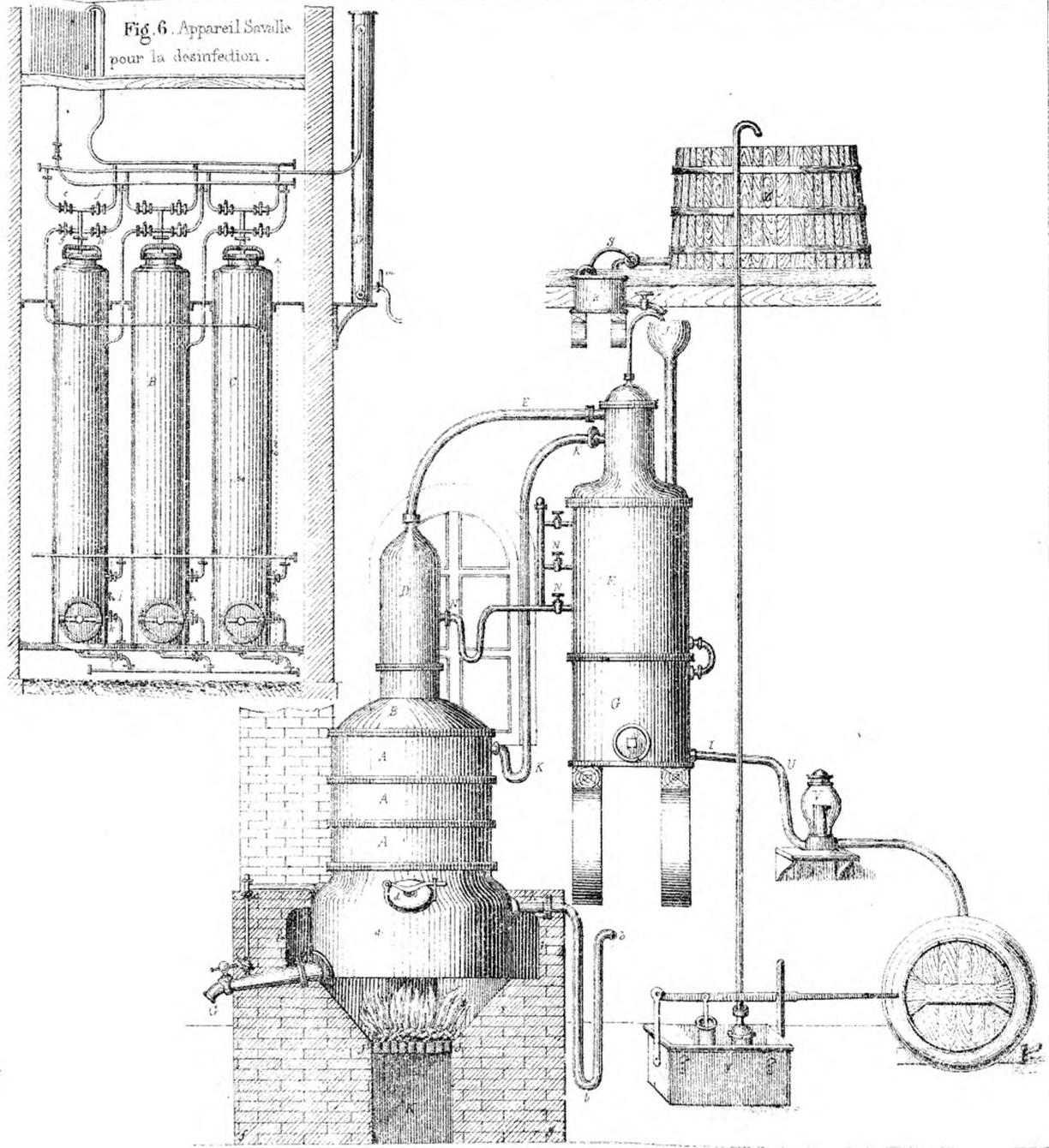
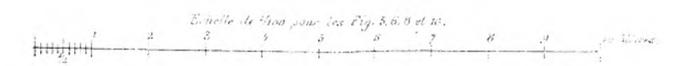
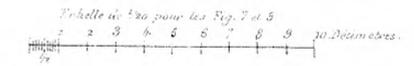
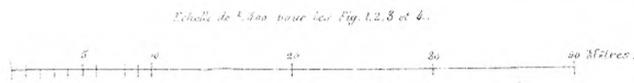
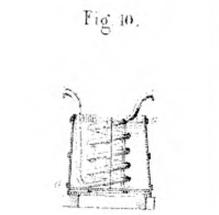
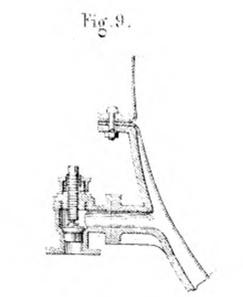
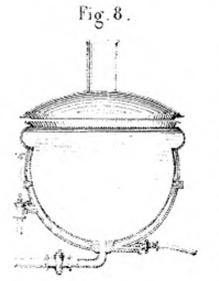
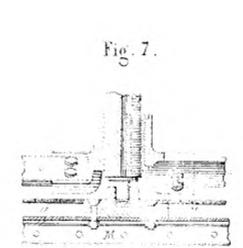
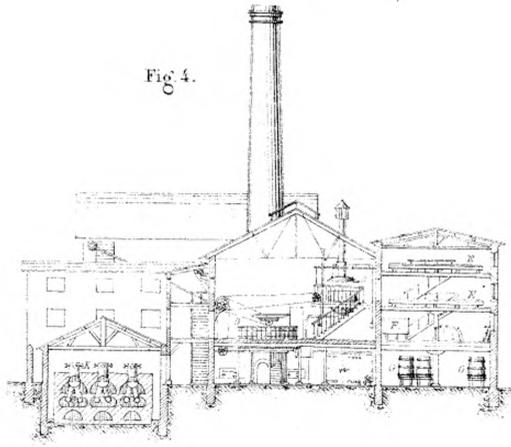
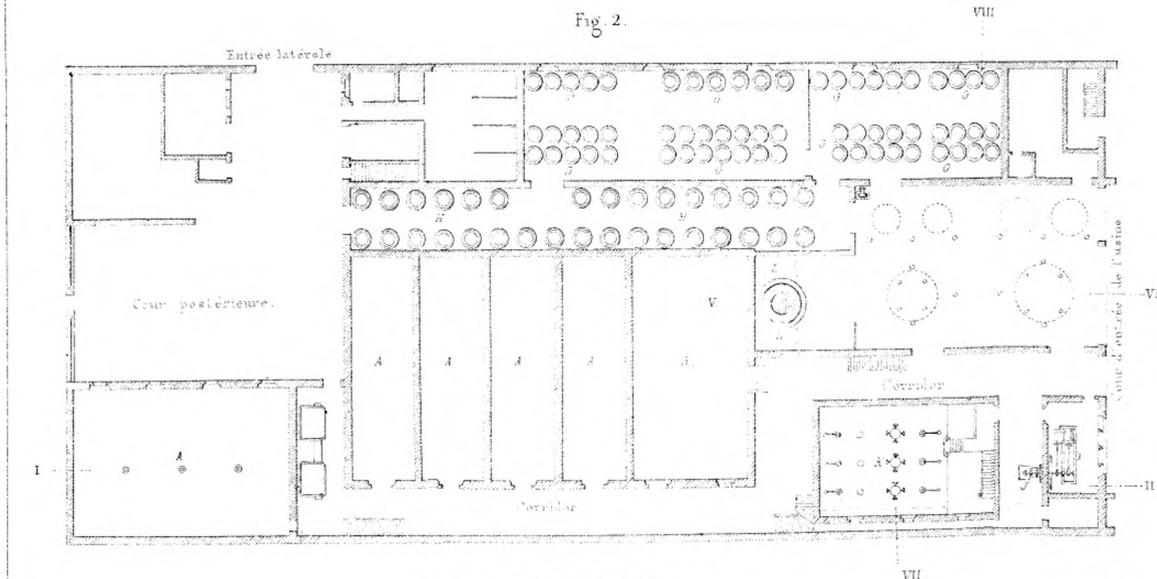
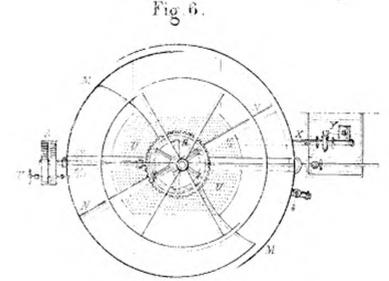
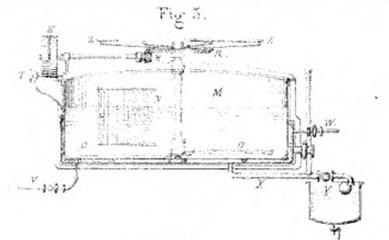
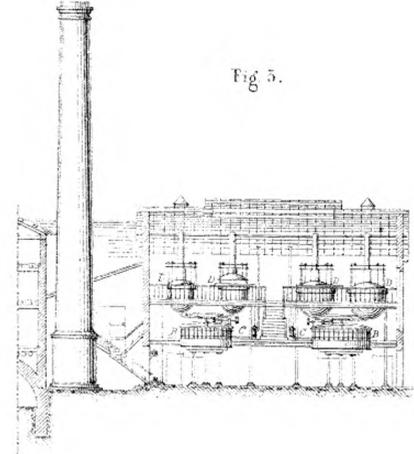
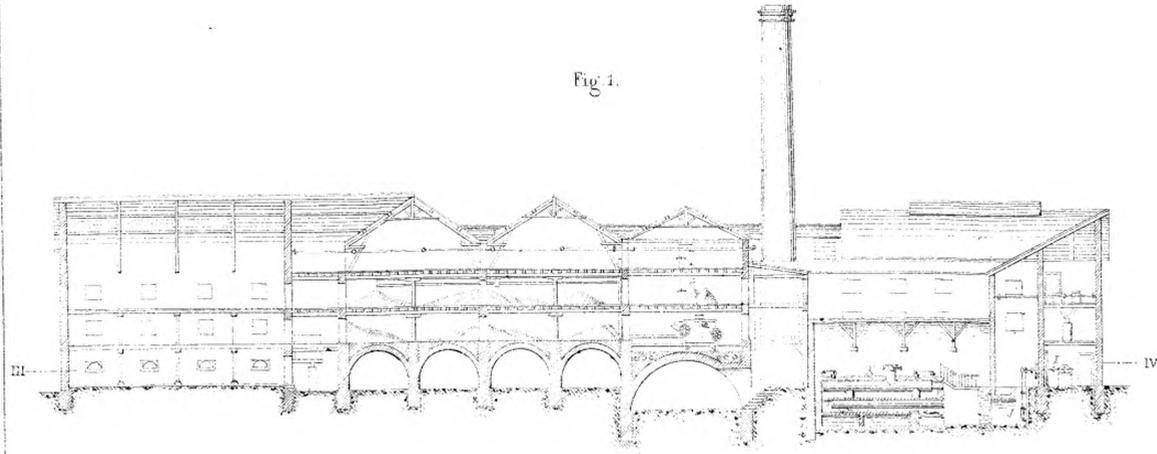


Fig. 2. Appareil Egrot.



Architecte: M. Bouché, Pl. St. Louis, 8, rue de Paris.

Fig. 1.

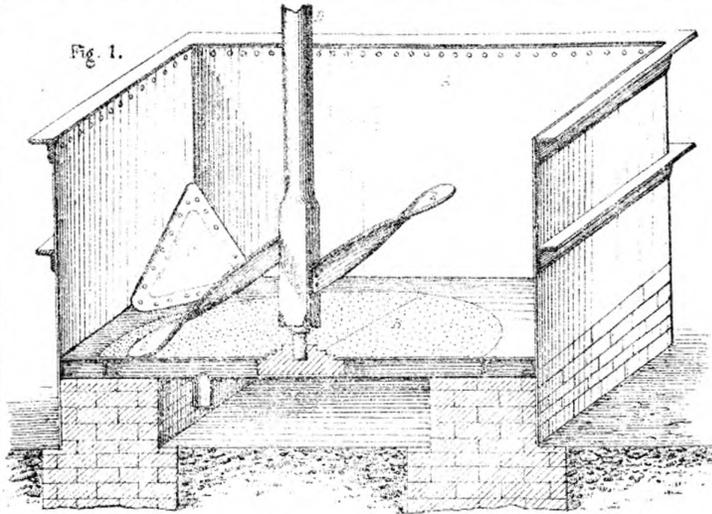


Fig. 3.

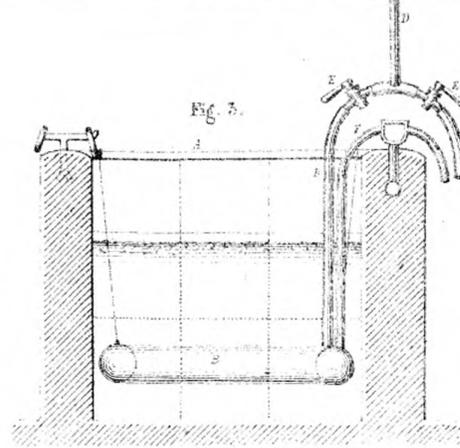


Fig. 7. Pompe Pneumatique.

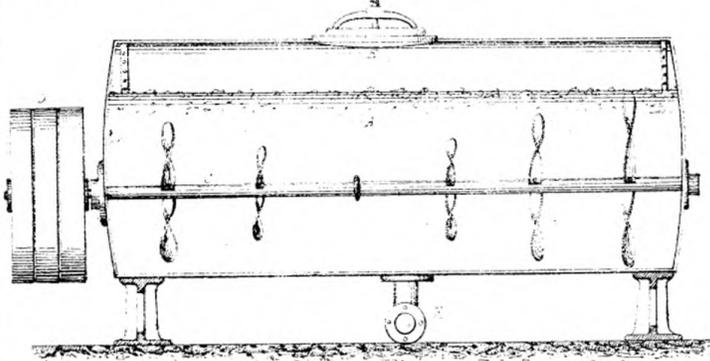
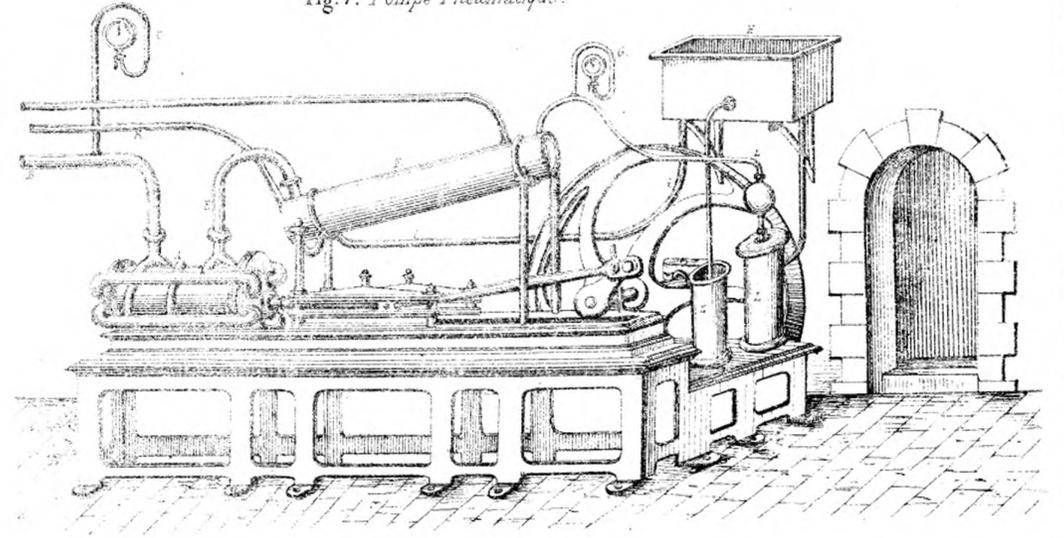


Fig. 2.

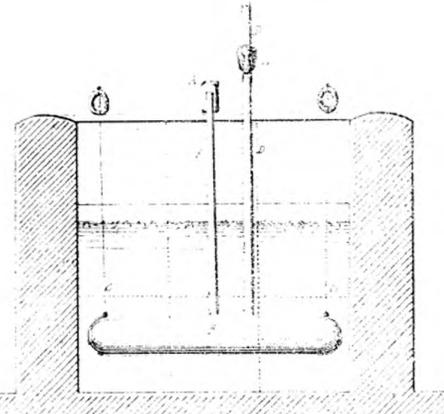


Fig. 4.

Fig. 8.

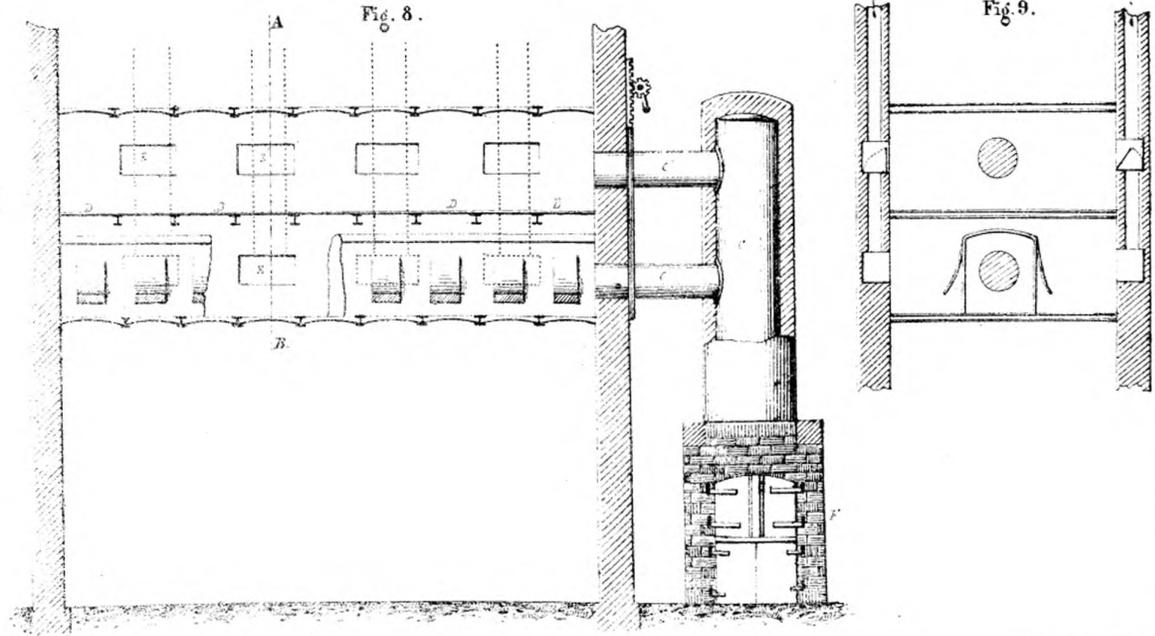


Fig. 9.

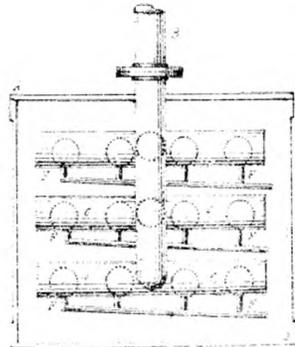
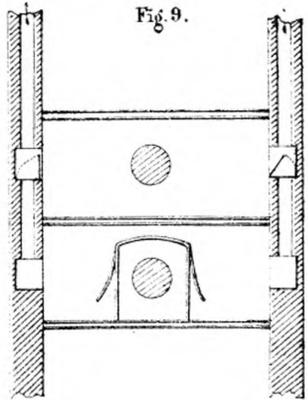


Fig. 5.

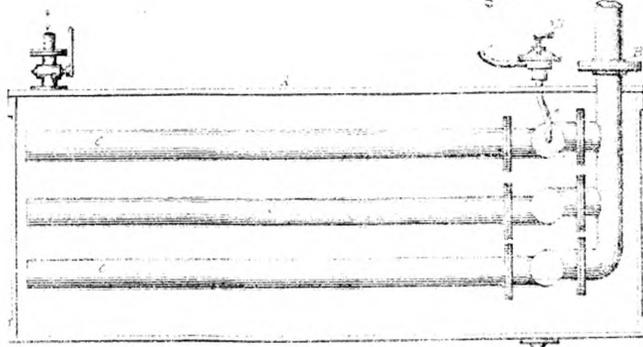


Fig. 6.