

## 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](http://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 possible 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	<a href="https://www.sudoc.fr/037671464">https://www.sudoc.fr/037671464</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE173">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE173</a>
LISTE DES VOLUMES	
	<a href="#">1. Générateurs à vapeur. L'industrie en fer en 1867</a>
	<a href="#">2. [Machines motrices. Machines à gaz]</a>
	<a href="#">3. [Industrie du fer en 1867. Marine à vapeur commerciale. La métallurgie à l'exposition de 1867]</a>
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	<a href="#">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]</a>

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	Revue de l'exposition de 1867
Volume	<a href="#">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]</a>
Adresse	Paris : E. Noblet, 1870
Collation	1 vol. (495 p.) : 38 pl. dépl. ; 24 cm
Nombre de vues	539
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 173 (4)
Sujet(s)	Exposition universelle (1867 ; Paris) Mines -- Constructions Aciéries Industrie céramique
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	<a href="https://www.sudoc.fr/037671464">https://www.sudoc.fr/037671464</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE173.4">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE173.4</a>



REVUE  
DE  
L'EXPOSITION DE 1867.

Paris. — Typographie A. HENNUYER, rue du Boulevard, 7.

8<sup>o</sup> Xar 8<sup>o</sup>

7<sup>o</sup> 237

8<sup>o</sup> Xar 173

# REVUE

DE

# L'EXPOSITION DE 1867

MINES, MÉTALLURGIE

CHIMIE, MÉCANIQUE, NAVIGATION, CHEMINS DE FER

CONSTRUCTIONS, SCIENCES ET ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE

TOME QUATRIÈME.



PARIS

E. NOBLET, Directeur-Propriétaire,

11, RUE SAINT-DOMINIQUE-SAINT-GERMAIN.

1870

Tous droits réservés.



REVUE  
DE  
L'EXPOSITION DE 1867



PROPRIÉTÉ DE E. NOBLET.

(REPRODUCTION INTERDITE.)

SAINT-NICOLAS (MEURTHE). — IMPRIMERIE DE P. TRENEL.

7/255

S-Xae 79

8° Xae 173

# REVUE DE L'EXPOSITION DE 1867

PUBLIÉE PAR LA

## REVUE UNIVERSELLE

DES MINES, DE LA MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS  
DES SCIENCES ET DES ARTS

APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE

SOUS LA DIRECTION

**DE M. CH. DE CUYPER**

Chevalier de l'Ordre Léopold, Docteur ès-sciences, ancien Capitaine du Génie  
Professeur de la Faculté des sciences de l'Université de Liège  
Inspecteur des études à l'École des Arts et Manufactures  
et des Mines  
Membre de différentes Académies et Sociétés savantes



1<sup>er</sup> ET 2<sup>me</sup> NUMÉROS



Tout ce qui concerne l'administration générale doit être adressé à

**E. NOBLET, Éditeur-Propriétaire**

A PARIS

RUE ST-DOMINIQUE-ST-GERMAIN, N° 11



A LIÉGE

PLACE SAINT - PAUL, N° 6



REVUE  
DE  
**L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867**

---

EXPLOITATION DES MINES

---

FORAGE ET CUVELAGE DES PUITS  
A NIVEAU PLEIN

PAR

**M. A. BURAT**

Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures







## FORAGE ET CUVELAGE DES PUITS

A NIVEAU PLEIN



Parmi les travaux qui peuvent avoir la plus grande influence sur le développement de nos mines, le fonçage des puits est, sans contredit, le plus essentiel. C'est pour cela que les appareils de sondage tiennent une place importante dans l'Exposition.

Sur beaucoup de points, on a besoin de forer les puits à travers des dépôts tertiaires et secondaires, dont les roches généralement perméables, alternent avec des roches imperméables. Dans ce cas, les roches perméables ou fissurées, renferment toujours des niveaux d'eau, véritables cours d'eau souterrains, qui, dès que le mineur a suffisamment affaibli la roche imperméable superposée, soulèvent et rompent cette barrière opposée à leur force ascensionnelle et prennent un niveau plus ou moins rapproché de la surface du sol. Quelquefois, ces eaux se déversent même à la surface et constituent des sources jaillissantes dites artésiennes.

Les appareils de forage ou sondes, étaient exclusivement appliqués à la création des puits artésiens. Ces puits, d'abord de faible diamètre, de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,30, ont été exécutés depuis vingt ans, sur des diamètres de plus en plus grands. Le puits de Passy fut commencé, sur plus d'un mètre pour être achevé à 0<sup>m</sup>,70 ; les deux puits actuel-

lement entrepris pour la ville de Paris, l'un, à La Chapelle, par MM. Degousée et Laurent ; l'autre, à la Butte-aux-Cailles, près la gare d'Ivry, par M. Saint-Just Dru, ont été commencés au diamètre de 1<sup>m</sup>,80.

Les outils et procédés employés pour forer des puits de 1<sup>m</sup>,80, peuvent évidemment être disposés de manière à forer des puits de mine de 3 ou 4 mètres de diamètre.

L'application de la sonde au fonçage des puits à travers les terrains aquifères présente un avantage précieux : il n'est plus besoin d'épuiser les eaux et de dominer la *venue des niveaux* par des pompes assez puissantes pour protéger le travail des mineurs et tenir les eaux à plat pendant le travail du fonçage et du cuvelage. On peut, grâce aux appareils de sondage, forer un puits à *niveau plein*, évitant ainsi les frais et les graves inconvénients de l'épuisement des eaux, épuisement qui délite et appelle les roches incohérentes, et détermine des affouillements et des éboulements tels que le travail peut être compromis.

Les appareils de forage comprennent deux parties essentielles : les outils qui servent à entailler le sol et les appareils pour manœuvrer ces outils, qui deviennent d'autant plus lourds que le diamètre du puits est plus considérable. Les traits caractéristiques de cet outillage sont présentés par les expositions de MM. Dégousée et Laurent, Saint-Just Dru, Kind et Chaudron.

Les trépans employés par MM. Kind et Chaudron, ainsi que par M. Dru, sont à lames rapportées, espacées de telle sorte, qu'en imprimant à l'outil un mouvement giratoire, toute la surface du sol éprouve l'action de la percussion.

MM. Kind et Chaudron ont exposé les trépans qui ont servi à forer les puits de la Moselle, et l'examen de ces puissants outils ne laisse aucun doute sur leur efficacité pour broyer les roches soumises à leur percussion.

Le poids des trépans varie d'ailleurs avec le diamètre

des trous et suivant la dureté des roches. Il est, en général, de 3 à 8 tonnes.

La condition essentielle étant de forer un puits bien verticalement et exactement cylindrique, il peut être utile de donner quelques détails sur les derniers fonçages qui viennent d'être heureusement exécutés dans la Moselle.

Dans la concession de Saint-Avold, à l'Hôpital, le premier puits entrepris, le puits d'aérage, a été foncé au diamètre de 2<sup>m</sup>,56 ; le second, le puits d'extraction, au diamètre de 4<sup>m</sup>,10. Ces deux puits, forés à l'aide de l'outillage Kind, ont été cuvelés en fonte par le système Chaudron.

Le forage des puits a été exécuté sur deux diamètres successifs pour le petit puits et sur trois diamètres pour le grand.

Pour le puits d'aérage, les dimensions des trépans ont été :

Lame du premier trépan 1<sup>m</sup>,26 ; avec les dents 1<sup>m</sup>,37.  
Lame du grand trépan 2<sup>m</sup>,40 ; avec les dents 2<sup>m</sup>,56.

Pour le puits d'extraction :

Les trépans de 1<sup>m</sup>,37 et de 2<sup>m</sup>,56, précédemment appliqués au puits d'aérage. Lame du grand trépan 3<sup>m</sup>,95 ; avec les dents 4<sup>m</sup>,10.

Les puits de la Moselle ont été forés avec la rectitude convenable en deux et trois années, à la profondeur de 160 mètres.

Le point essentiel dans la construction des trépans, est la position et l'ajustage des dents sur la lame. MM. Kind et Chaudron ont toujours fixé les dents par des clavettes. Des doubles dents dessinent la circonférence ; elles sont jugées indispensables pour assurer la régularité du trou.

Dans un modèle qui figure à l'Exposition, M. Kind modifie la disposition des trépans et propose d'établir les dents des trépans élargisseurs sur lames inclinées, de manière à donner à l'élargissement la forme d'un tronc

de cône. Cette modification nous paraît heureuse , en ce qu'elle assurera la verticalité du trou , en ramenant toujours la tige vers l'axe du puits. La planche 1 représente la série des trois trépans avec tous les détails de construction que la longue expérience de M. Kind lui a conseillés.

Parmi les trépans, celui de M. Saint-Just Dru (planche 3) est remarquable par le mode de fixation des dents.

Le trépan de M. Dru est à lame pleine , les dents sont encastrées sur toute leur largeur et maintenues dans leur alvéole par des boulons. Cette disposition les maintient plus solidement que les clavettes et permet de les serrer dans le cas où elles auraient pris du jeu.

MM. Degousée et Laurent, pour forer leur puits de La Chapelle, ont modifié complètement la construction du trépan. S'inspirant des outils employés pour découper des *échantillons-témoins*, au fond d'un trou de sonde , ils ont composé leur trépan de six branches disposées de manière à broyer le sol suivant une zone annulaire.

La planche 2 représente ce trépan en plan et en élévation, pour un diamètre de 1<sup>m</sup>,80.

Les six dents encastrées et clavetées dans le porte-lames ont 0<sup>m</sup>,35 de largeur et sont soutenues par les six branches, de manière à présenter toute solidité. Leur percussion, avec le mouvement habituel de rotation , creuse une zone annulaire de 0<sup>m</sup>,45 à 0<sup>m</sup>,50 de largeur ; il reste donc au centre du trou un témoin de 0<sup>m</sup>,80 ou 0<sup>m</sup>,90 de diamètre. Ce témoin, dans les terrains peu consistants, s'effondre et ne forme qu'un cône irrégulier ; dans ce cas, on boulonne sur un diamètre une lame transversale qui triture le tout.

Cette modification du trépan a nécessité une modification de la tarière qui est annulaire et composée de tarières accolées de 0<sup>m</sup>,35 de diamètre.

Le trépan ainsi construit pèse 4.000 kilog. On objectera sa construction complexe et coûteuse qui ne pourrait guère être appliquée à des forages de 4 mètres , mais pour le

forage du premier trou et pour des diamètres de 1<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,80, il présente évidemment des avantages en garantissant mieux les conditions de verticalité et de régularité.

Après la construction des trépans, vient celle des appareils de manœuvre, dont la condition principale est d'imprimer le mouvement de *battage* ou *frappage* qui désagrège les roches et prépare l'action extractive des tarières à soupapes.

Monter et descendre la sonde, est un mouvement facile qui ne demande que de la précision et de la rapidité dans les manœuvres, mais le mouvement de frappage est plus difficile. Il s'agit de soulever la sonde de 0<sup>m</sup>,25 à 0<sup>m</sup>,30 ou 0<sup>m</sup>,50, puis de laisser retomber au fond, non pas toute la sonde dont le grand poids et les fouettements latéraux détermineraient toutes sortes d'accidents, mais seulement la partie inférieure, c'est-à-dire l'appareil percuteur dont le poids est réglé d'avance, suivant la dureté plus ou moins grande des roches.

La *chute libre* de l'outil a été obtenue par des appareils très-divers ; le plus ancien de tous, construit par M. d'OEynhausen, consistait en une coulisse interposée entre l'outil percuteur et la tige supérieure de la sonde qui était équilibrée. Plus tard, M. Kind imagina un disque parachute, ayant une certaine course ascendante. Lorsque la tige de sonde soulevée était abandonnée à elle-même, le disque parachute tombant avec la sonde dans le forage toujours rempli d'eau, éprouvait une résistance qui le faisait monter et ce mouvement ascensionnel déterminait, au moyen de deux tringles latérales, l'ouverture de deux crochets qui abandonnaient l'outil percuteur.

Tous les appareils qui sont actuellement employés dérivent du même principe ; ainsi, la tige du trépan de M. Degousée est saisie par deux crochets, et, par conséquent, enlevée par la sonde lorsqu'on la relève.

Une pièce mobile embrasse la tige au-dessus des crochets et se termine par une fourche dont les deux bran-

ches touchent le fond du trou; cette pièce n'est pas relevée lorsqu'on soulève la sonde d'une quantité moindre que la course possible du collier qui l'attache.

La partie supérieure des crochets soulevée par la sonde, glissera donc dans le collier et rencontrera un heurtoir qui les fera ouvrir : aussitôt l'outil tombera de tout son poids sur le fond du trou. La sonde abaissée reprendra ensuite l'outil par ses crochets et la manœuvre sera répétée de manière à obtenir le battage. La planche 2 indique la disposition de la tige fixe et des crochets de la chute libre.

M. Saint-Just Dru emploie habituellement, pour déterminer la chute du trépan, un mécanisme qui fait ouvrir les crochets, par un choc du balancier de battage contre un point fixe.

Pour les grands diamètres, il a remplacé ce mécanisme par une disposition représentée planche 3.

Il adopte aussi une tige qui reste appuyée sur le fond. Lorsque la sonde est arrivée par le mouvement du levier de battage au maximum de son élévation, l'outil ne retombe pas encore. Le décrochement ne s'opère que lorsque la tige redescend, par l'action d'un taquet indiqué sur le dessin. Ce taquet appuie sur le côté du crochet et le fait ouvrir.

L'outil décroché tombe au fond du trou de toute la vitesse qui résulte de son poids et de sa levée, la tige de sonde suit plus lentement le même mouvement et vient presque immédiatement ressaisir l'outil. M. Dru pense avoir obtenu par cette harmonie du mouvement de descente simultanée de l'outil et de la tige, les conditions les plus favorables à la conservation des pièces et à la régularité du sondage.

Ces perfectionnements mis en évidence à l'Exposition, soit par les pièces qui ont servi, soit par des modèles, attestent un grand progrès dans l'art de forer les puits ; et cet art, nous le répétons, est la condition essentielle du développement de nos houillères.

Le forage et le cuvelage des puits sont, en effet, choses tellement importantes, que chaque perfectionnement obtenu pour les cas difficiles, a été une conquête pour l'industrie des mines et pour l'ingénieur une occasion précieuse d'honneur et de fortune.

Les difficultés principales résultent de la nature souvent inconsistante et ébouleuse des terrains aquifères, et en second lieu de la pression considérable et croissante des niveaux que l'on doit traverser.

Les sables mouvants aquifères rapprochés de la surface, étaient un premier obstacle à franchir, et cet obstacle se présentait dans les conditions les plus aggravées pour les sables qui forment le lit de la Loire et recouvrent le bassin houiller de la basse Loire. L'application de l'air comprimé, par M. Triger, résolut le problème, et ses appareils ingénieux ont eu d'heureuses applications dans le nord de la France et en Belgique.

Mais les ouvriers ne peuvent guère supporter une pression supérieure à quatre atmosphères ; l'air comprimé ne peut, en conséquence, être appliqué à des niveaux de plus de 35 à 40 mètres. Or, les terrains aquifères que l'on doit traverser dans la Moselle, dans le pays de Mons, où des étendues considérables de terrains houillers sont encore inaccessibles à l'exploitation, présentent des niveaux de plus de 100 mètres.

Lorsqu'un puits est foré à *niveau plat*, c'est-à-dire par l'épuisement des eaux et le travail direct de l'ouvrier sur le fond, la force d'irruption des eaux est telle à la partie inférieure, que les terrains sont délités, entraînés, et que les difficultés du soutènement prennent le caractère le plus dangereux. C'est alors que l'emploi de la sonde à niveau plein obtient une supériorité décisive. Mais il reste la pose du cuvelage qui exigera l'épuisement des eaux pour la pose des trousse de fondation et le montage successif du fond jusqu'au jour.

Dans la construction d'un cuvelage, la possibilité d'agir

par reprises successives qui masquent plus ou moins complètement les eaux à mesure que l'on descend, est un grand élément de succès. La plupart des puits du Nord et du Pas-de-Calais n'auraient pu être cuvelés, si l'on avait été obligé de foncer directement jusqu'aux dièves pour établir ensuite le cuvelage en une seule fois. On a essayé plusieurs moyens pour descendre le cuvelage à *niveau plein* dans le puits, et pour faire le joint de la partie inférieure sans épuiser les eaux.

Cette pensée de descendre un cuvelage de la surface, de le poser sur une banquette creusée dans une roche imperméable, en dessous des niveaux traversés, de faire le joint entre la roche imperméable et la base du cuvelage, par le fait même de la descente et de la pose, remonte déjà à plus de quinze ans. Divers procédés furent essayés sans succès, dans le Pas-de-Calais, la Moselle et la Westphalie.

Un premier succès fut obtenu en Westphalie au puits de Ruhr-Rhein. Le puits ayant été foré jusque dans le terrain imperméable, la partie inférieure fut élargie avec la sonde, puis remplie d'un mortier hydraulique dans lequel un cuvelage en fonte fut descendu. Le cuvelage pénétra dans le béton, le refoulant latéralement pour se faire place ; une fois assis sur la banquette, on laissa le mortier se durcir et on compléta l'enveloppe extérieure en descendant du béton entre le cuvelage et le terrain et le bourrant dans cette zone annulaire, de manière à former autour du cuvelage, un muraillement solide et imperméable.

Lorsque le mortier fut bien pris, l'eau qui remplissait le cuvelage fut épuisée, le fonçage fut repris d'abord dans le mortier qui remplissait le fond du puits, ensuite dans la roche imperméable où des trousseaux picotées furent établies. Un tube de raccordement entre ces trousseaux et le cuvelage supérieur scellé dans le mortier assura l'imperméabilité du tube.

Si ce procédé réussit une fois, il ne peut cependant être recommandé. La protection ainsi obtenue contre la pression et l'infiltration de niveaux supérieurs sera toujours tellement douteuse, qu'un succès ne peut être considéré que comme une chance exceptionnellement heureuse. Il fallait trouver un joint plus énergique et plus sûr, qui put remplacer celui des trousse picotées et ce joint fut obtenu par les dispositions que M. Chaudron appliqua d'abord dans le centre belge, et tout récemment dans la Moselle.

Le procédé de M. Chaudron est celui du stuffing-box. Le cuvelage porte à sa partie inférieure un cylindre rentrant à l'intérieur et muni d'une bride extérieure. Le cuvelage porte lui-même une bride extérieure à 1<sup>m</sup>,50 environ de celle du cylindre inscrit. Lors donc que l'appareil de cuvelage viendra se poser sur la banquette, les deux brides tendront à se rapprocher (planche 4).

Que l'on suppose entre ces deux brides une garniture en mousse bien comprimée et retenue par un filet. Cette mousse devra supporter toute la pression résultant du poids du cuvelage et cette pression chassera la mousse contre les parois cylindriques du sol imperméable.

Nous avons comparé cette disposition à celle d'un stuffing-box ; en effet, la paroi du puits est le cylindre, la bride saillante du cuvelage est le presse-étoupe. Le joint résultant de l'énorme pression exercée sur la mousse sera plus hermétique et plus étanche que celui qui aurait pu être obtenu par les procédés ordinaires du picotage.

Telle est l'idée que M. Chaudron réalisa heureusement pour traverser et cuveler les morts terrains à Péronne et Saint-Vaast dans le centre belge. Mais ces morts terrains n'avaient que 70 mètres environ d'épaisseur et dans la Moselle ils avaient 150 mètres. Les puits belges étaient de petites dimensions ; dans la Moselle il s'agissait de creuser avec la sonde et de cuveler un puits d'aérage de 2<sup>m</sup>,56 avec cuvelage de 1<sup>m</sup>,80 de diamètre intérieur ; un puits

d'extraction de 4<sup>m</sup>,10 , avec cuvelage de 3<sup>m</sup>,40 de diamètre intérieur.

Ce travail important fut confié à la direction de M. C. Lévy, ingénieur, qui avait déjà foncé et cuvelé le puits de Carling par les procédés ordinaires , et dont l'expérience était une précieuse garantie.

Les roches à traverser étaient le grès des Vosges aquifère sur une hauteur de 140 mètres ; puis le grès rouge, d'abord quartzeux et compact, mais avec fissures qui laissent passer les eaux, ensuite argileux, et présentant vers son contact avec le terrain houiller des bancs imperméables.

Un petit trépan de 1<sup>m</sup>,37 de diamètre , à fourche, transversa très-bien les grès des Vosges. Il pesait 2.085 kilog. et l'on faisait par jour 0<sup>m</sup>,35 à 0<sup>m</sup>,50 et jusqu'à 0<sup>m</sup>,75. Mais , vers 135 mètres de profondeur , on aborda des bancs de grès rouge quartzeux , fortement agrégés dans lesquels l'avancement tomba à 0<sup>m</sup>,11 , à 0<sup>m</sup>,15 par jour.

On substitua dès lors au trépan à fourches, un trépan à lame pleine dont le poids était :

Corps du trépan . . . . .	2700	3858 kil.
Guides . . . . .	340	
Lame repasseuse . . . . .	230	
4 dents de tête. . . . .	148	
4 dents intermédiaires . . . . .	88	
Plateaux et clavettes . . . . .	352	

Dès que ce nouveau trépan fut employé , l'avancement moyen fut pendant les deux mois suivants de 0<sup>m</sup>,39 par jour, c'est-à-dire triplé. C'est donc, dit M. Lévy, un trépan pesant, massif autant que possible, armé de dents peu allongées (0<sup>m</sup>,20 environ), qui convient dans les grès rouges.

Plus tard ce trépan employé au puits n° 2, obtint, en effet, un avancement journalier de 0<sup>m</sup>,80.

Le trépan élargisseur, à fourche, qui servit à porter le diamètre du puits à 2<sup>m</sup>,56 , pesait 3.980 kilog. détaillés comme suit :

Fourche . . . . .	2500	}
Lame . . . . .	906	
6 dents de tête . . . . .	102	
3 dents intermédiaires . . . . .	42	
2 plateaux . . . . .	430	

Ce trépan n'était relevé que de 0<sup>m</sup>,20, afin d'éviter la rupture fréquente des dents. L'expérience, ajoute M. Lévy, prouve qu'un trépan massif de 6.000 kil. eut été bien préférable, l'élargissement a toujours marché beaucoup moins vite que le forage central exécuté avec le trépan à lame pleine ; on ne put avancer, en effet, que de 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,35 par jour.

Le diamètre primitif du puits était. . . . .	2 <sup>m</sup> ,56
à 134 <sup>m</sup> on a réduit ce diamètre à. . . . .	2 ,45
à 155 <sup>m</sup> on l'a réduit à. . . . .	2 ,40
de 155 à 155 <sup>m</sup> ,50 à. . . . .	2 ,33
de 155 <sup>m</sup> ,50 à 158 (2 <sup>m</sup> ,50) à. . . . .	2 ,25

A cette profondeur, le petit puits de 1<sup>m</sup>,37 se continuait et une banquette circulaire, 0<sup>m</sup>,40, était disposée pour recevoir la base du cuvelage, c'est-à-dire la boite à mousse.

Le cuvelage fut descendu d'abord assez lentement : on mit environ quinze jours à descendre les douze premiers anneaux ; mais cette manœuvre s'accéléra, et l'on arriva à descendre facilement deux anneaux par jour, soit 4 mètres de longueur du cuvelage. En six semaines environ, les 70 anneaux furent descendus.

Jusqu'à la descente du 30<sup>e</sup> anneau, le cuvelage avait toujours été plus lourd que l'eau déplacée autour du tube central qui n'avait que 0<sup>m</sup>,25 de diamètre ; à partir de ce point, on fut obligé d'introduire de l'eau dans l'espace annulaire.

Lorsque la boite à mousse toucha la banquette, la compression se fit et la colonne conservant bien son aplomb, on put espérer le succès. L'espace annulaire autour de la

colonne d'équilibre, fut graduellement rempli d'eau pendant deux jours afin d'arriver progressivement à la compression maximum de la mousse.

On s'était beaucoup préoccupé du bétonnage à faire autour du cuvelage. Le béton fut composé comme suit :

200	mètres cubes de trass en poudre.
200	> de chaux hydraulique du Lias.
200	> de sable.
50	> de ciment de Rapp (Haute-Saône).

Ce béton représenta une dépense d'environ 12.000 fr., non compris la mise en place.

La mise en place fut organisée au moyen de trois caisses qui prenaient la forme de la zone annulaire à remplir et qui étaient descendues par des treuils, jusqu'au fond où elles s'ouvriraient et se videraient au moyen d'un second câble de manœuvre. Chaque caisse contenait environ 200 litres. Le mètre courant du vide à remplir étant d'environ 2.200 litres, il fallait descendre 11 caisses dites cuillers par mètre.

On arriva à descendre d'abord 30, puis 40 cuillers par jour, travail qui exigea environ un mois, en opérant jour et nuit, et descendant 70 à 80 cuillers par 24 heures. Cela fait, on laissa le béton durcir pendant un mois.

On procéda enfin à l'épuisement des eaux et au démontage de la colonne d'équilibre et du faux fond. La boîte à mousse fut trouvée bien assise et parfaitement étanche. On put donc franchir la banquette et continuer le fonçage du puits par les procédés ordinaires.

Ce premier succès obtenu en deux années avait coûté moins de 300.000 fr., de sorte qu'il était aussi complet qu'on put l'espérer au double point de vue industriel et économique ; il leva toute espèce de doute au point de vue de la réussite du grand puits d'extraction dont le forage se poursuivait en même temps.

Le puits d'extraction avait été commencé peu de temps après le puits d'aérage. Il a été creusé en trois passes, au

moyen des deux trépans de 1<sup>m</sup>,37 et 2<sup>m</sup>,56 qui servaient au petit puits ; il fut ensuite élargi par un grand trépan de 4<sup>m</sup>,10.

Le forage ne présenta aucun caractère particulier, mais la composition et la descente du cuvelage, plus grand et plus lourd qu'aucun de ceux qui avaient précédé, présentaient plus de difficultés. Le cuvelage fut composé dans les conditions suivantes, que nous extrayons du cahier des charges accepté par les fonderies d'Hayange.

Le cuvelage a été formé de 94 tronçons cylindriques de 1<sup>m</sup>,50 de hauteur et de 3<sup>m</sup>,40 de diamètre à l'intérieur des collets.

Les tronçons unis à l'extérieur, présentaient, à l'intérieur, deux collets d'assemblage de 0<sup>m</sup>,04 d'épaisseur, faisant saillie de 0<sup>m</sup>,08 ; en outre, entre les collets, deux nervures de 0<sup>m</sup>,04 de hauteur et de 0<sup>m</sup>,04 de saillie.

Les deux collets de chaque tronçon furent tournés à surfaces planes exactement perpendiculaires à l'axe, de manière à présenter des surfaces rigoureusement parallèles. Les tronçons superposés et ajustés formaient ainsi, après l'assemblage, un cylindre vertical de 141 mètres de hauteur.

Chacun des collets fut percé de 50 trous pour boulons de 0<sup>m</sup>,03 de diamètre.

Les épaisseurs des tronçons furent réglées comme suit :

14 tronçons de la base.....	0,060
10      »        .....	0,056
10      »        .....	0,052
10      »        .....	0,048
10      »        .....	0,044
10      »        .....	0,040
10      »        .....	0,036
10      »        .....	0,032
10      »        .....	0,028

Toutes ces pièces furent coulées en seconde fusion, avec conditions de rebut pour celles qui présenteraient

des défauts de fonte ou des différences d'épaisseur de 0,002. On leur fit en outre subir des expériences de pression de 28, 24, 21, 18, 15, 12, 9, 6 et 3 atmosphères, suivant les séries d'épaisseurs ; ces épreuves furent faites à la presse hydraulique.

La boîte à mousse placée à la base formait une zone de 1<sup>m</sup>,60 de hauteur et de 0<sup>m</sup>,17 de largeur.

La colonne d'équilibre placée à 4<sup>m</sup>,50 du fond, avait 0<sup>m</sup>,42 de diamètre intérieur, le faux fond était boulonné sur un cercle de raccord.

Les dispositions de la partie inférieure du cuvelage et de la boîte à mousse, sont représentées pl. 4, fig. 2.

La descente de la colonne s'opéra dans des conditions analogues à celles qui sont indiquées pour le premier puits ; la boîte à mousse ayant touché le fond, la colonne descendit normalement en comprimant la mousse ; on admet que sa hauteur fut réduite à 0,35.

Le bétonnage fut ensuite exécuté par les procédés indiqués pour le puits d'aérage, et les premières tentatives faites pour épuiser les eaux démontrent que le résultat était obtenu.

La réussite de ces deux cuvelages ; la sûreté de leur exécution, telle que les devis ne furent pas dépassés ; l'économie qu'ils présentaient comparativement aux fonçages exécutés dans la Moselle par la méthode ordinaire, font le plus grand honneur à M. Chaudron et à M. Lévy. C'est pour l'exploitation des mines, un des faits importants que nous trouvons exprimés à l'Exposition, par les outils et par divers plans ou modèles.

Les cuvelages des deux puits une fois terminés, les fonçages ont été continués par les méthodes ordinaires ; mais pour plus de sûreté, on a établi dans chaque puits, en dessous de la boîte à mousse, deux trousse picotées en fonte, placées sur deux trousse en bois simplement colletées et surmontées de deux anneaux de cuvelages à panneaux. Ces deux anneaux ont été raccordés à la base

de la boîte à mousse au moyen d'un picotage horizontal, de manière à confirmer, par un nouveau joint, les garanties d'imperméabilité.

Les trousse en fontes ont été composées de segments ajustés et boulonnés de manière à ne former qu'une seule pièce. Celles du puits d'aérage sont représentées pl. 4, fig. 1.

En y comprenant cette addition, les deux puits de l'Hôpital ont coûté 750.000 francs.

Le puits n° 1 a coûté 270.000 francs, dont 65.000 pour les fontes du cuvelage.

Le puits n° 2 a coûté 480.000 francs, dont 142.000 pour les fontes du cuvelage.

Les succès obtenus dans la Moselle ne sont pas seulement destinés à exercer une influence utile pour l'extension des exploitations de la localité et pour donner plus d'importance et de stabilité aux exploitations créées par la France en concurrence avec celles de Sarrebruck ; leur influence devra être décisive pour les parties du bassin belge, recouvertes par les morts terrains, au levant et au couchant de Mons.

Depuis bien des années, on fait des projets pour traverser les morts terrains qui, au couchant de Mons, recouvrent les combles nord du bassin, et au levant, une partie des combles sud. Ces morts terrains ont, d'après les sondages, de 180 à 230 mètres d'épaisseur et sont très-aquifères. Le forage des puits à niveau plein, avec la sonde et le cuvelage Chaudron, s'appliqueront à ces deux localités de la manière la plus heureuse et pourront par la suite doubler les richesses houillères du bassin de Mons.





INSTALLATION  
DES  
PUITS D'EXTRACTION  
ET DES  
PORTS SECS OU RIVAGES  
POUR LE CHARGEMENT DES CHARBONS  
PAR  
**M. A. BURAT**

Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures





INSTALLATION  
DES  
PUITS D'EXTRACTION  
ET DES PORTS SECS OU RIVAGES  
POUR LE CHARGEMENT DES CHARBONS

---

L'industrie des mines n'a jamais occupé, dans les Expositions, une place proportionnée à son importance. Les travaux souterrains, les grands appareils d'extraction, d'épuisement et d'aérage ne peuvent être présentés dans les conditions d'installation et de puissance qui caractérisent les exploitations modernes.

Les plans et les modèles abondent, mais ne donnent une idée des appareils exécutés qu'aux hommes du métier, habitués à lire ainsi, les innovations introduites dans les méthodes et le matériel des mines.

Cependant on trouve, dans les documents exposés, l'indication de tous les perfectionnements introduits depuis vingt ans et, d'ailleurs, rien ne nous empêche, en prenant ces documents pour point de départ, de compléter ce qui peut faire défaut, en nous transportant sur quelques sièges d'exploitation nouvellement établis.

Le caractère des houillères de l'époque actuelle est un matériel puissant et perfectionné pour les services d'extraction, d'épuisement, d'aérage et de transport, ainsi que l'installation des puits dont l'Exposition nous présente plusieurs modèles. Un seul puits d'extraction peut fournir

plus d'un million d'hectolitres par année ; s'il ne les fournit pas, c'est, en général, parce que les chantiers d'abattage ne peuvent suffire à cette quantité.

Cette organisation des sièges d'extraction a été l'objet de nombreuses études, tous les ingénieurs ont cherché à donner à leurs installations les caractères de puissance et de stabilité qui peuvent offrir les meilleures garanties.

Plusieurs modèles ont spécialement attiré notre attention, en ce qu'ils résument heureusement tous les perfectionnements obtenus ; ce sont les installations du puits Saint-Louis, près Saint-Étienne, du puits Cinq-Sous, à Blanzy ; d'un des puits de la compagnie de Douchy, dans le bassin du Nord ; des puits Crawfort, dans le Lancashire ; et pour le mode de chargement, l'établissement du rivage de Denain.

Les sièges d'extraction de la compagnie de Blanzy, comprennent deux puits : l'un, est le puits d'extraction proprement dit, consacré au service alternatif de deux cages, dont l'une monte les wagons pleins, tandis que l'autre descend les wagons vides. L'autre puits sert à descendre les wagons pleins de remblais et à remonter les wagons vides ; il effectue un travail inverse du premier, travail qui exige une force presque aussi considérable.

Au premier examen, rien ne doit être plus facile que la descente des remblais, une simple balance munie d'un frein énergique suffirait à ce travail. Il n'en est pas ainsi lorsqu'il s'agit de puits profonds : 2.000 kilog. de remblais à descendre dans des cages et des wagons qui pèsent 3.000 kilog., exigent des câbles très-pesants. Les masses mises en mouvement sont telles, que les irrégularités de ces mouvements ne peuvent être gouvernées avec certitude par un frein ; les accidents ont d'ailleurs des conséquences telles, dans les puits guidés, que l'exploitation pourrait se trouver paralysée ; il a donc fallu avoir recours à des moyens plus sûrs.

La plus simple serait, en apparence, de jeter les remblais

directement dans le puits, ils seraient ensuite mis en wagon et conduits aux divers chantiers d'exploitation ; en pratique, cela est impossible. Il faut, en effet, pour remblayer les couches de houille, des terres demi-grasses qui bientôt boucheraient le puits de manière à l'obstruer. On a essayé de faire descendre les remblais ainsi tassés dans le puits à l'aide de chaînes auxquelles on imprime des mouvements et des secousses ; mais ces moyens sont des palliatifs insuffisants ; il faut, avant tout, que l'arrivée du remblai soit organisée d'une manière sûre et régulière, c'est-à-dire que ce remblai soit mis en wagons dans les carrières, et que ces wagons, reçus au puits, soient encastrés et envoyés au fond.

Le moyen préféré a été l'emploi d'une machine assez forte pour maîtriser toute irrégularité de mouvement, et conduire les câbles avec certitude et rapidité.

Ce moyen présente d'ailleurs un autre avantage, il permet d'extraire des charges du fond, de descendre et remonter le personnel, d'épuiser les eaux, de suppléer au besoin à la machine d'extraction. Son application a présenté, à Blanzy, des avantages tels qu'on l'a étendue à tous les sièges d'extraction qui exigent des remblais.

D'après le type adopté, un siège d'extraction comprend donc : un puits d'extraction sur le modèle qui figure à l'Exposition, avec machine motrice à deux cylindres conjugués de 0<sup>m</sup>,80 de diamètre et de 2 mètres de course, machines qui développent un effort variable de 200 à 450 chevaux. A peu de distance, et près des carrières à remblais, se trouve le puits consacré à ce service, guidé et armé d'une machine motrice à deux cylindres conjugués de 0<sup>m</sup>,60 de diamètre et 2 mètres de course ; une de ces machines, destinée à la compagnie de Blanzy, est exposée par le Creusot qui l'a construite ; elle développe un effort qui va jusqu'à 150 chevaux.

La partie mécanique des installations sera décrite par

M. Havrez, un détail supplémentaire nous paraît devoir être ajouté, c'est la transformation des freins.

Les mâchoires du frein étaient autrefois placées sur de grandes pièces de bois qui obstruaient la vue, le nouveau type représenté planche 6 fait partie de l'installation du puits Cinq-Sous, à Blanzy ; il a été monté, il y a cinq ans, et depuis a été reproduit dans plusieurs machines du Nord. Les deux mâchoires sont mises en mouvement par quatre bielles, articulées sur un levier vertical, lequel est percé d'un œil pour laisser passer l'arbre des bobines. Le cylindre à vapeur horizontal saisit, par une bielle horizontale, l'extrémité de ce levier dont la course est réglée par un coulisseau. Les mâchoires, maintenues à une faible distance de la jante de la poulie de frein, sont immédiatement serrées de telle sorte qu'il n'y a pas de temps perdu.

Le frein est devenu un complément si essentiel des appareils d'extraction, que nous avons cru devoir signaler cette heureuse transformation.

Les installations ont pour but principal le versage, le triage et la classification des charbons, ainsi que leur chargement sur les wagons d'expédition.

Le versage des charbons ne peut se faire directement des wagons de la mine dans les wagons ou bateaux destinés aux expéditions. Une mise à terre est nécessaire, parce que les expéditions sont loin d'avoir la régularité des extractions et, en second lieu, parce qu'il faut trier les charbons et en écarter autant que possible les rochers qui en altèrent la pureté.

Le triage ou déchistage des charbons est un des caractères distinctifs des installations actuelles comparativement à celles du passé. Autrefois, les charbons étaient livrés aux consommateurs à peu près tels qu'ils sortaient de la mine ; les gros rochers étaient seuls écartés. Aujourd'hui, on pousse le triage à la main très-loin ; les morceaux barrés par des schistes sont même divisés au pic et deschistés. Cette opération faite sur une extrac-

tion de 3.000 hectolitres, moyenne des puits de Blanzy, exige une place considérable.

Dans le type de Blanzy, les wagons sont versés par une série de culbuteurs sur un quai de 50 à 60 mètres de longueur, pour les tout-venant. Une série de femmes et d'enfants procèdent, sur ce quai, à l'enlèvement des rochers.

Une galerie transversale conduit à deux cribles les charbons qui doivent être classés. Les fines sont expédiées aux ateliers de lavage ; les gros et gailletteries sont triés et deschistés, puis expédiés au port de chargement.

Les quais de triage ont sur ce côté la même longueur que pour les tout-venant, et ces deux lignes de quais sont surélevées au niveau supérieur des wagons qui reçoivent les charbons. Les quais sont d'ailleurs couverts de même que les voies supérieures du versage, de telle sorte que toutes les manutentions s'exécutent à couvert.

La couverture de tous les ateliers de triage permet aux ouvriers d'opérer en toute saison et par tous les temps, elle profite à leur bien-être et à leur travail qui est plus sûr et plus précis. Ceux qui se rappellent exactement l'impureté des charbons livrés au commerce, il y a douze ou quinze ans, surtout dans le centre et le midi de la France, et qui reçoivent aujourd'hui les mêmes charbons triés avec une précision méthodique, regardent avec intérêt les modèles des installations qui ont permis d'arriver à ces résultats.

Le triage de la mine est d'ailleurs complété sur les rives, et la compagnie des mines de Blanzy, qui pour livrer, en 1866, 5.500.000 hectolitres de charbon, a dû opérer sur une extraction totale de 6 millions ; 500.000 hectolitres de rochers plus ou moins charbonneux, ayant été écartés par le triage.

Le chevalet qui supporte les molettes est le trait principal des installations de Blanzy. On lui donne une grande hauteur afin d'éviter les envois de cages aux molettes :

une large base, afin que ce chevalet étant utilisé comme charpente pour la couverture du puits, abrite un espace suffisant pour toutes les manœuvres. Cet espace couvert est, d'ailleurs, augmenté par des appentis latéraux qui permettent de fermer l'enceinte par des cloisons verticales à travers lesquelles on ménage les ouvertures nécessaires au service.

L'ensemble et les détails de cette charpente ont été étudiés de manière à réduire autant que possible l'équarrissage des bois, tout en assurant les meilleures conditions de stabilité. C'est dans ce but que sont disposés les pous-sards intérieurs qui maintiennent les piliers de l'avant et se relient à ceux de l'arrière.

Les quatre piliers sont exhaussés sur des sabots en fonte destinés à les mettre à l'abri des influences de l'humidité.

La compagnie de Blanzy a fait monter un assez grand nombre de ces chevalets couverts, et elle a pu en établir le prix de revient.

Ce prix de revient comprenant les *molettes* et leurs paliers ainsi que toutes les ferrures qui entrent dans la construction du chevalet représenté planche 5, est détaillé par le tableau ci-joint.

On voit, d'après ce tableau, que le bois employé s'élève à un total de plus de 100 mètres cubes, y compris les planches, et que la dépense s'élève, de ce chef, bois et main-d'œuvre, au chiffre de 10.700 francs.

Le complément, pour atteindre le prix total de 17.869 francs, est représenté par les molettes et toutes les pièces de fonte ou fer, ainsi que par la peinture du tout.

M. Boitelle a exposé un chevalet qui doit être monté sur une des fosses du Pas-de-Calais. Ce chevalet n'a qu'une élévation de 10 mètres, ce qui permet des dispositions plus simples.

CHEVALET A MOLETTES de Blanzy.	CUBE.	LONGUEURS.	MATIÈRE brute à	TOTAL de la matière.	MAIN-D'OEUVRE, taille et mise en place.	TOTAL de la main- d'œuvre.	TOTAL de la matière et main-d'œuvre
Bois, guidage compris.	Gros bois chêne . .	6 <sup>m³</sup> 486 lit	73 <sup>m²</sup> ,75	110 <sup>f</sup> le <sup>m³</sup>	740 <sup>f</sup> ,16	Taille. 1 ,25 / 2 ,45 le met	158 <sup>f</sup> ,56
	Id. sapin . .	40 740	515 ,80	80 —	3259 ,20	Pose. 0 ,90 /	4368 ,97
	Petits bois chêne . .	7 248	287 ,00	110 —	796 ,88	Id. 2 ,15 —	1012 ,13
	Id. sapin . .	12 594	469 ,20	80 —	1007 ,52	Id. 0 ,75 —	1359 ,42
	Chevrons sapin . .	5 360	935 ,00	80 —	428 ,80	Id. 0 ,75 —	484 ,90
	Planchers sapin . .	26 524	920 <sup>m²</sup> ,05	2 <sup>f</sup> le <sup>m²</sup>	1840 ,10	Id. 0 ,06 —	56 ,10
	Ouvertures garnies de persiennes sapin.	*	40 <sup>m²</sup> ,76	2 <sup>f</sup> le <sup>m²</sup>	81 ,52	Id. 1 ,50 le <sup>m²</sup>	61 ,14
	Planches découpées des corniches sapin.	*	32 <sup>m²</sup> ,70	0 <sup>f</sup> ,60 le met	19 ,62	Id. 1 ,50 le met	68 ,67
	4 barrières chêne . .	0 400	8 <sup>m²</sup> ,65	110 <sup>f</sup> le <sup>m³</sup>	44 ,00	Id. 4 ,00 le <sup>m²</sup>	78 ,60
	Pose de 2462 kil. de pièces de fonte à 2 fr. les 100 kilog. . . . .					49 ,24	*
Montage et mise en place des deux poulies, à 30 fr. l'une . . . . .							60 ,00
2 poulies, fonte et fer avec leur arbre (prêtes à être mises en place), poids. . . . .							2394 ,91
4 paliers, fonte et bronze . . . . .							542 ,70
Ferrures, tirants, boulons divers. . . . .							477 ,21
Couverture en zinc mise en place . . . . .							1620 ,48
Poinçon du sommet. . . . .							95 ,00
Fournitures diverses, graisse, bitord, etc. . . . .							86 ,40
Total de la matière et main-d'œuvre. . . . .							15946 <sup>f</sup> ,40
Peinture, 2028 mètres carrés, à 2 couches, à 0 <sup>f</sup> ,85 le mètre carré . . . . .							1723 ,80
Total général . . . . .							17669 <sup>f</sup> ,90

L'exposition collective de Saint-Étienne présente un type d'installation d'un grand intérêt, le puits Saint-Louis.

Ce puits est guidé, et les cages sont reçues au jour avec toutes les dispositions d'usage, mais le chevalet est en fer, particularité remarquable, qui pose une question importante au point de vue de ces constructions. Les bois des chevalets exposés aux intempéries ne durent pas très-longtemps lorsqu'ils sont en sapin ; or, les bois de chêne ne fournissent pas des pièces assez longues et assez régulières pour être appliquées à la construction des grands chevalets. Lors donc qu'un puits doit avoir une longue durée, l'emploi du fer n'est-il pas plus logique que celui du bois.

Telle est la question que le modèle du puits Saint-Louis permet de discuter.

Le chevalet en fer du puits Saint-Louis, représenté planche 7, a été exécuté dans les ateliers de MM. Revollier et Biétrix, à Saint-Étienne. La forme des tubes, mieux étudiée que celle du puits Jabin, est ovalisée dans le sens des résistances, et les dispositions générales s'harmonisent très-bien avec les charpentes des hangars qui sont accolés sur les quatre faces.

Le poids total du fer, y compris celui des sabots en fonte, est de 22.000 kilog. exécutés au prix de 55 fr. les 100 k. Soit une dépense de 12.000 fr., y compris le montage.

Cette dépense, qui ne comprend ni les molettes, ni les bois de guidage et petits bois, ni les frais de peinture, correspond à celle de 10.000 fr. pour le chevalet en bois, décrit précédemment.

Or, le chevalet en bois de Blanzy est plus élevé de 4 mètres, le chevalet de Saint-Louis n'ayant que 11 mètres du sol à l'axe des bobines. Le premier présente en outre une surface couverte beaucoup plus considérable.

De telle sorte qu'on peut conclure de cette comparaison que le chevalement en fer entraîne une dépense notablement supérieure à celle d'un chevalement en bois. Or.

le bois ne présente aucune infériorité autre que celle d'une moindre durée, et l'on peut y parer par un bon entretien et surtout par une couverture exacte. Ainsi un chevalet couvert était en parfait état au bout de douze années de service, tandis qu'un autre, monté à la même époque mais laissé en plein air, s'est trouvé au bout de cette période, tout à fait hors de service.

La partie inférieure des chevalets en bois est celle qui s'altère le plus rapidement, ce qui a conduit la compagnie de Blanzy à adopter, pour une construction récente, un soubassement en maçonnerie.

Le soubassement a la forme rectangulaire, de 9 mètres de largeur sur 12 de longueur ; sa hauteur est de 4<sup>m</sup>,50. Les quatre angles, en forme de piliers arc-boutés, reçoivent les sabots des quatre piliers d'un chevalet analogue à celui qui est représenté planche 5, mais dont la hauteur n'est que de 10<sup>m</sup>,50 pour les axes des molettes, ce qui donne une élévation totale de 15 mètres. Les molettes et le chevalet sont couverts, et l'intérieur du pavillon est éclairé par diverses ouvertures fermées de châssis à persiennes.

De tous les éléments qui constituent un centre d'extraction, le chevalet des molettes est celui qui donne à l'ensemble des constructions le caractère le plus distinctif. Ce caractère des constructions établies sur un siège d'extraction n'est pas sans importance ; pour le mineur, c'est le clocher du village, il s'attache en général à la fosse au fond de laquelle il travaille et les traits essentiels de son architecture extérieure restent gravés dans sa mémoire.

C'est pour cela que de tout temps, les ingénieurs des mines ont cherché à donner à leurs bâtiments d'extraction un caractère spécial. En Belgique et dans le nord de la France, ce caractère est heureusement varié ; les fosses d'Anzin, celles que M. Cadot, a construites à Charleroi sont des types qu'on aime à se rappeler.

En Prusse, les constructions établies sur les fosses de

la Ruhr et de la Sarre ont un cachet féodal qui semble dans les goûts de la population, la grande élévation exigée par le Bergamt pour les axes des molettes, a nécessité la construction de tours, et ces tours carrées, ornées de tous les motifs des anciennes forteresses, semblent donner aux centres d'extraction une puissance et une stabilité toutes spéciales.

En Angleterre, le caractère des installations est essentiellement utilitaire. En général, rien n'est accordé au luxe, ni même au goût architectural. Mais précisément à cause de cette simplicité et de cette économie, il y a de bons exemples à étudier parmi les installations anglaises.

Le type dominant du chevalet est composé de deux piliers, avec poussards appuyés sur les bâtiments de la machine. Ces chevalets ne sont pas couverts, on se borne à y appliquer des abris sous forme d'auvents, partout où cela est utile. Il résulte de ces dispositions un aspect irrégulier et souvent négligé qui ne peut se justifier que par cette compensation : aucune dépense inutile.

Les chevalets anglais peuvent cependant être au besoin couverts et entourés de constructions étudiées de manière à satisfaire à la fois le service et le goût. Il en existe de nombreux exemples, et leur disposition a même été introduite sur le continent.

La planche 8 représente un chevalet analogue à celui des puits de Crawfort, au Wigan dans le Lancashire, récemment établis au charbonnage d'Hibernia, dans le bassin de la Ruhr.

On voit que l'on a obtenu à la fois une grande hauteur et une grande simplicité de construction. Cette grande hauteur, qui est en nombres ronds de 12 mètres au-dessus du versage et de 18 mètres au-dessus des rails d'expédition, permet de multiplier les opérations du criblage et donne en même temps tous les moyens d'éviter l'envoi des cages aux molettes.

Les manutentions de la houille pour magasinage et chargement sur wagons ou sur bateaux sont des opérations coûteuses à un double point de vue. Les charbons déposés en tas pendant un temps plus ou moins long , s'altèrent, se délitent, produisent une certaine proportion de menu et subissent ainsi une dépréciation plus ou moins grande , mais toujours sensible ; de plus , il faut reprendre les tas, charger les charbons sur brouettes ou wagonnets et les placer sur les wagons d'expédition et sur les bateaux , ce qui ne peut se faire sans une main-d'œuvre assez coûteuse

Pour prendre les charbons à leur arrivée à Paris , les mettre sur voiture et les camionner dans la ville , il en coûte 2 francs par tonne. Ce chiffre donne une idée de ce que pourraient coûter sur un port ou rivage des manutentions analogues , si l'on ne prenait les mesures convenables pour opérer d'une manière plus économique.

Les ports de l'Angleterre présentent des types d'installations remarquables , pour tous les cas qui peuvent se présenter dans la manutention des charbons.

Sur les quais de la Tyne , les charbons du bassin de Durham arrivent à des niveaux assez élevés au dessus du pont des navires qui doivent les recevoir. Les charbons fins sont versés dans des *spouts*, couloirs inclinés, pourvus à la partie inférieure de soupapes et de tabliers qui règlent l'écoulement dans le bateau. Quant aux charbons criblés, les wagons arrivant des mines sont reçus sur des *drops* , plateaux guidés et équilibrés qui les descendent au niveau convenable pour la mise à bord de leur chargement, et ramènent ensuite les wagons vides au niveau de départ. Ces chargements se font en moyenne à 20 centimes par tonne.

Sur les quais de Cardiff, les charbons du pays de Galles arrivent à niveau du sol, et pour être mis à bord , ils doivent être exhaussés de 2 à 4 mètres. Des grues à vapeur et des presses hydrauliques sont organisées pour cette ma-

nœuvre et les chargements ne coûtent pas plus que ceux qui sont effectués automatiquement par les drops.

Lorsque les manutentions se font à niveau de quai, il ne faut pas moins éléver les charbons pour faire des tas qui, suivant les qualités, ont de 1<sup>m</sup>,50 à 4 mètres de hauteur, puis procéder au chargement, lorsque la consommation demande ces charbons. L'Exposition nous montre plusieurs grands travaux exécutés pour rendre ces opérations aussi économiques que possible.

Le port de Montceau-les-Mines est une création toute nouvelle exécutée par la compagnie de Blanzy sur le canal du Centre. Une dérivation de ce canal passe sous la route impériale et conduit à deux vastes bassins de chargement qui présentent une longueur de 700 mètres, soit plus de 1.400 mètres de quai.

Les chargements se font à niveau de quai et les tas sont disposés sur une surface d'environ 10 hectares, au moyen d'un réseau de chemin de fer dont la voie est élevée de 4 mètres au-dessus des quais. Les tas se font au moyen de wagons à bascule pour les menus et les tout-venant. Les gaillettes sont préparées au moyen de six cribles avec tables de triage.

Ce vaste port est en outre pourvu d'un quai d'embarquement sur wagons dont le développement dépasse 1 kilom.

Le port de Montceau-les-Mines expédie annuellement 5.500.000 hectolitres de houille, dont on a séparé 500.000 hectolitres de rochers ou de charbons impurs. C'est une manutention de 6 millions d'hectolitres, qui, en 1866, a employé 425 ouvriers (hommes et femmes).

Le réseau de chemin de fer qui réunit le port aux puits d'extraction a un développement de 32 kilomètres ; il est à la voie de 0<sup>m</sup>,80, et desservi par six locomotives de 6 tonnes, dont un spécimen figure dans l'exposition du Creusot.

Cet ensemble donne une grande idée des installations créées par les exploitations houillères pour les manuten-

tions et les chargements de leurs produits. Nous en trouverons un autre exemple remarquable parmi les modèles exposés par la compagnie d'Anzin.

Les rivages d'Anzin et de Denain exécutent leurs chargements à niveau de quai sur l'Escaut et ses dérivations. Les wagons qui amènent les charbons sont des trucs portant trois caisses de 1.500 kil. chacune ; ces caisses sont enlevées par des grues à vapeur à grande volée, élevées au niveau convenable pour la mise en tas, puis basculées.

Pour les tout-venant qui constituent la masse principale des expéditions et pour les fines, un nouveau mode de chargement, imaginé par M. Courtin, a été successivement établi à Anzin et à Denain. Le modèle de ces chargements est exposé ; il est représenté planche 9.

Le but de ce mode de chargement est d'éviter la reprise à la pelle, pour le chargement à la brouette soit au panier, tel qu'il se pratique habituellement. Voici la description donnée par M. Courtin :

L'aire des rivages, magasins ou quais, au lieu de présenter une surface plane, forme une série de surfaces prismatiques comme des toits à deux versants.

Ces surfaces sont parallèles entre elles et séparées par des galeries ou *tiroirs* dans lesquels peuvent circuler sur une voie ferrée, des chariots ou wagonnets destinés à recevoir la houille.

Ces galeries sont en contre-bas de toute la hauteur des chariots par rapport à l'arête inférieure des prismes, et cette même arête est garnie d'une plate ou sablière, posée en encorbellement au-dessus des faces latérales des chariots, de sorte que les sablières de deux prismes consécutifs laissent entre elles une fente longitudinale un peu plus étroite que la largeur des chariots.

Cette fente est recouverte par des planches transversales simplement juxtaposées et suffisamment jointives pour qu'il n'y ait pas tamisage dans les galeries.

Les choses étant ainsi disposées, c'est-à-dire les fentes

des galeries étant recouvertes par les planches, les charbons sont déposés à l'aide des grues à vapeur sur toute la surface ondulée du magasin ou rivage.

Les charbons en tas couvrent les faces inclinées de l'aire et le dessus des galeries dont le plafond est formé par les planches jointives qui reposent sur les sablières. Les chariots, circulant dans ces galeries, peuvent dès lors être remplis avec la plus grande facilité ; il suffit d'enlever les planches successivement et une à une en commençant par la partie la plus rapprochée des bateaux ou wagons à charger. Les charbons glissent alors doucement dans les chariots par la fente longitudinale, leur éboulement étant facilité par les pentes convergentes des prismes de droite et de gauche, de sorte qu'il ne faut guère faire usage de la pelle que pour régler cet éboulement, qui se fait comme dans une trémie.

Les chariots portent à leur partie supérieure des hausses évasées qui se logent sous les sablières et qui empêchent les matières de tomber sur la voie ferrée.

Ces chariots se composent d'une caisse rectangulaire de capacité uniforme, montée sur deux essieux et quatre roues placées extérieurement aux caisses. L'essieu d'avant est presque dans la verticale passant par le centre de gravité de la caisse. Celle-ci peut donc basculer autour de cet essieu comme autour d'un axe, sans qu'il soit besoin d'un grand effort ; à cet effet, la face d'arrière est pourvue de deux poignées qui servent à l'ouvrier pour soulever la caisse.

La face d'avant est une porte montée à charnières s'ouvrant de bas en haut et du dedans au dehors de la caisse ; elle est maintenue fermée par deux crochets placés vers le bas et qui se manœuvrent de l'arrière au moyen de petites manivelles et de leviers articulés.

Le chariot étant rempli par éboulement, comme nous venons de l'indiquer, il ne reste qu'à le basculer dans le bateau ou dans le wagon.

Ce mouvement est obtenu par le prolongement de la voie au-dessus des bateaux ou wagons, avec recourbement des rails pour former arrêt.

Ajoutons que s'il est besoin de peser la charge du chariot avant de la verser, on a fait passer ce chariot sur une bascule placée à la sortie du tiroir.

Les quais à tiroirs du système de M. Courtin, établis à Anzin et Denain ont rendu de très-grands services au point de vue de la rapidité et de l'économie des chargements. Les tiroirs étant placés à 5<sup>m</sup>,50 de distance, trois ou quatre de ces tiroirs peuvent être simultanément affectés au chargement d'un même bateau. Un bateau de 300 tonnes est facilement chargé dans la journée et la dépense dépasse à peine cinq centimes par tonne, tandis que leur chargement à la brouette coûtait au moins vingt centimes.

La planche 9 indique la disposition générale d'un de ces quais à *tiroirs*, disposition qui permet d'apprécier la simplicité et l'économie des manœuvres de mise en tas ou de chargement en bateaux.

Les exploitations anglaises ont sur les nôtres de grands avantages, les charbons sont plus purs, ils peuvent dans beaucoup de cas être chargés directement pour l'expédition sans passer par les mises à terre, les triages et les manutentions qui grèvent les nôtres. Aussi, toutes les fois qu'un progrès est réalisé dans ces installations, ce progrès peut être considéré comme un pas fait vers le rétablissement d'un équilibre bien désirable dans les conditions de la production.





# MACHINES MOTRICES

PAR

**M. V. DWELSHAUVERS-DERY**

RÉPÉTITEUR A L'ÉCOLE DES MINES DE LIÈGE

---

I. MACHINES A ROTATION DIRECTE

II. MOULINS A VENT

III. MACHINES A VAPEUR FIXES





## MACHINES MOTRICES

---

### I. MACHINES A ROTATION DIRECTE.

MACHINE BREVETÉE DE MM. PILLINER ET HILL. — La machine rotative exposée par MM. Pilliner et Hill, dans le secteur anglais, a fonctionné pendant 14 mois sans accroc, dans une corderie, avec une vitesse de 550 révolutions par minute. Cette machine qui, avec 1 2/3 atmosphères de pression et 200 révolutions par minute, fournit une force indiquée de 138 chevaux, n'occupe pas un espace horizontal de plus d'un mètre carré et demi. On a rarement fait une machine à rotation directe de cette force ; l'essai de MM. Pilliner et Hill a complètement réussi.

Le piston moteur se compose de deux roues parallèles portant chacune huit dents d'engrenage. L'une de ces roues, celle qui dans le mouvement est roue menante, est calée sur l'arbre moteur qui porte la poulie de transmission ; l'autre, la roue menée, tourne sur un axe spécial qui n'est en communication avec aucune autre pièce de la machine.

Ces deux roues sont enfermées dans une boîte ou cylindre, où elles tournent librement, mais de manière que la vapeur ne puisse fuir entre la pointe des dents et la paroi de la boîte. A cet effet, à la pointe des dents, dans une entaille pratiquée longitudinalement, sont placées une ou deux barres méplates en acier que des ressorts pressent vers l'extérieur. Des buttoirs empêchent les ressorts de

chasser les lames d'acier hors de la rainure qui les loge. Il est inutile d'armer plus de deux dents de ce genre de bourrage, et les constructeurs se sont arrêtés à ce nombre dans la machine exposée.

En se reportant à la planche 10, fig. 1, on comprendra aisément l'action du fluide moteur sur les pistons. Dans cette figure, *a* représente la roue menante ; *b*, la roue menée ; *c*, le cylindre, ou boite enveloppe. Dès que la vapeur arrive dans le cylindre, les dents de la roue menée se pressent étroitement contre celles de la roue menante, et le fluide moteur exerce sur cette dernière une pression proportionnelle à la section de l'une des dents faite par un plan méridien, depuis la pointe jusqu'à la racine. Le moment de cette pression a pour bras de levier le rayon moyen entre le rayon du cylindre et celui de la racine des dents. Dans la machine exposée, le rayon du cylindre mesure 0<sup>m</sup>,256 et celui de l'origine des dents, 0<sup>m</sup>,164 ; celles-ci ont donc 0<sup>m</sup>,092 de hauteur sur 0<sup>m</sup>,914 de largeur, soit 0<sup>m</sup>,0841 de section. Sous une pression effective de 40 livres par pouce carré (2<sup>k</sup>,81 par centimètre carré), la machine exécute 200 révolutions par minute ; c'est-à-dire que la vitesse de l'extrémité du rayon moyen de la dent est de 264<sup>m</sup> par minute. La pression sur une dent étant de 2.363<sup>k</sup>, le travail de la vapeur en kilogrammètres et par minute est de 623.832<sup>km</sup>, ce qui équivaut environ à 138 1/2 chevaux de 75<sup>km</sup> par seconde. Le volume de vapeur consommée par minute, indépendamment des espaces morts, est de 22<sup>m</sup>,200, soit de 111 litres par tour. L'espace mort est d'environ 6 1/2 pour cent du volume utilisé, ce qui donne, par tour, une dépense réelle de 118 litres de vapeur.

Les conduits de vapeur contournent la boîte qui contient la roue menée, aboutissent d'une part au-dessus et au-dessous du point de contact des circonférences primitives des dents, et, d'autre part, vers l'extérieur, se réunissent à un robinet à 4 voies représenté en *f*, fig. 1. La vapeur,

arrivant de la chaudière par le conduit *d*, contourne le cylindre par le dessous, fait tourner les roues dans les sens indiqué par les flèches, puis s'échappe par le conduit du dessus du cylindre et par le robinet *e*. Si l'on veut renverser le sens de la marche, il suffit de faire faire au robinet un tiers de révolution : la vapeur arrivera alors par le dessus du cylindre et s'échappera par le dessous. En faisant tourner le robinet d'un sixième de tour, on arrête la machine. La facilité de renverser la marche est une des qualités les plus précieuses de cette machine. Il est facile de voir qu'il n'y a pas de point mort, et, par conséquent, qu'il ne faut pas de volant. Aussi, la poulie montée sur l'arbre suffit-elle pour maintenir la marche parfaitement régulière.

L'extrémité de la boîte où se trouve le robinet, repose sur un bâti solide *g*. L'autre partie de la boîte repose sur l'arbre moteur qui lui-même est soutenu par les paliers fixés au socle.

La condition essentielle pour que cette machine fonctionne bien, est que les roues restent parfaitement centrées dans leur boîte. Pour atteindre ce but, MM. Pilliner et Hill emploient des coussinets d'une forme particulière représentée fig. 2. Le tourillon de l'arbre est cylindrique ; l'extérieur des coussinets a la forme d'un tronc de pyramide à base octogonale et s'emboite à frottement dans une vis percée à cet effet. Un renflement de la paroi des boîtes porte l'écrou de cette vis. Le tourillon étant dans ses coussinets, il suffit de serrer la vis pour que ceux-ci, formant coin, serrent fortement l'arbre. Si l'usure a été plus considérable en un point du coussinet, le déplacement de ce point, par la manœuvre de la vis, remet nécessairement l'axe parfaitement en place. Une petite cale sert à fixer solidement la vis à sa place, comme on le voit fig. 3.

Cette dernière figure montre la disposition adoptée pour ajuster l'axe conique de la roue menée, au moyen d'une vis de rappel, et enfin le moyen de maintenir tou-

jours la paroi plane de la boîte appuyée contre celle des roues, afin que la vapeur ne puisse fuir entre elles. Le plateau qui ferme la boîte porte en son milieu une rainure dont le fond est incliné. Un coin qui s'engage dans cette rainure et que l'on peut manœuvrer au moyen d'une vis placée à l'extérieur, combiné avec les ressorts qui pressent latéralement le couvercle de la boîte, permet d'obtenir telle pression que l'on veut de la paroi mobile contre les roues à dents. Les constructeurs préfèrent, cependant, une autre disposition qui consiste à former les parois des roues de plaques incrustées dans le corps et poussées extérieurement par des ressorts, ou même par une matière élastique quelconque. Quoique les ressorts soient moins accessibles que le coin, la simplicité du dernier moyen indiqué le rend de beaucoup préférable.

Malgré l'emploi des roues dentées, le mouvement de cette machine est très-doux. C'est que les inventeurs ont rendu les dents élastiques, si je puis dire ainsi, en les fendant du haut en bas sur leur longueur et interposant dans le creux, du caoutchouc ou une autre substance élastique.

On voit, par ce qui précède, que toutes les surfaces qui s'usent sont combinées de façon que l'usure soit un avantage et non un détriment.

Les inventeurs assurent que, par une disposition spéciale, ils peuvent faire marcher leur machine à détente. Quelle que soit cette disposition, elle ôterait à la machine son cachet de simplicité. Cette machine n'a pas de régulateur.

Les inventeurs ont estimé l'espace mort à 6 1/2 pour cent, y compris les passages de la vapeur. Ce chiffre me semble exagéré, car les passages étant continuellement en communication avec la chaudière, ne peuvent pas plus constituer un espace mort que le tuyau à vapeur lui-même.

A côté de cette machine à vapeur, les exposants ont un modèle de compteur pour les liquides, basé sur le

même principe et muni, en outre, d'un indicateur du nombre de tours effectués. Dans l'usage de cet instrument, on commence par jauger fort exactement la quantité de liquide qui traverse l'appareil en un tour.

Enfin, cette machine peut servir de pompe rotative, comme on le conçoit facilement.

MACHINE ROTATIVE BREVETÉE DE M. BEHRENS. — Cette machine est exposée par la maison H.-C. Dart et C<sup>ie</sup>, de New-York. Elle est accompagnée d'une seconde machine à vapeur rotative, actionnant une pompe rotative de la même construction.

Elle se compose (pl. 11, fig. 10), d'une boîte formée de deux cylindres à base circulaire et à axes parallèles, se pénétrant environ jusqu'au tiers de leur diamètre. L'axe de chacun de ces cylindres est celui d'un arbre auquel est calé un piston *abcd* dont la forme se voit dans les fig. 1, 2, 3, etc. Le pourtour extérieur du piston glisse à frottement doux sur la paroi cylindrique de la boîte, et le pourtour intérieur frotte sur une douille fixée au couvercle de la boîte et traversée par l'arbre du piston. De la sorte, le fluide moteur, introduit dans le cylindre, peut être renfermé entre la paroi cylindrique de la boîte, la douille et les deux faces courbes *ab*, *cd* du piston. Il paraît inutile de faire aucun bourrage spécial pour empêcher la vapeur, ou l'eau, de fuir entre le piston et la boîte, ou la douille.

La distance des axes des cylindres étant d'environ deux tiers du diamètre, et le diamètre des douilles étant d'environ la moitié de celui des cylindres, il s'ensuit que chaque douille doit être entaillée de manière à livrer passage au piston de l'autre cylindre. Les arbres des pistons sont reliés en avant de la boîte cylindrique par deux roues dentées de même diamètre, de manière que les deux pistons se meuvent avec la même vitesse en sens contraire. L'un des arbres porte un petit volant servant de poulie.

Quand la machine marche dans un sens, le conduit qui amène le fluide moteur est celui du dessus de la boite, et le conduit d'échappement est celui du dessous, et *vice versa*. On peut pourvoir au renversement du sens de la machine par un jeu de tuyaux et robinets convenablement disposés ; mais la machine exposée, n'étant pas munie d'un semblable appareil, ne peut tourner que dans un seul sens : le tuyau d'arrivée de vapeur est au-dessus, et celui d'échappement est au-dessous.

Le tuyau d'arrivée est muni d'un modérateur et d'un régulateur du système Porter, agissant sur une camme, et empruntant son mouvement à une poulie fixée sur l'arbre du volant, près de la roue d'engrenage.

Pour bien faire comprendre le mode d'action de la vapeur dans cette machine, nous avons dessiné les pistons dans huit positions différentes, de fig. 1 à 8. Dans la fig. 1, la vapeur arrivant par le tuyau V presse sur le pourtour extérieur du piston P', sans pouvoir lui communiquer aucun mouvement, et sur la face *ab* du piston P, qui prend un mouvement de rotation dans le sens indiqué par la flèche. Sous l'action des roues d'engrenage, le piston P' qui sert d'appui à la vapeur pour pousser le piston P, se meut en sens inverse de celui-ci et décrit un chemin égal. C'est ainsi que les pistons arrivent dans la position indiquée fig. 2, et que la chambre *a'b'c'd'*, d'abord fermée de toutes parts, vient en communication avec le tuyau d'échappement X. Le piston P, pressé par la vapeur sur sa face *ab*, continue son mouvement en entraînant le piston P', et arrive dans la position indiquée fig. 3, qui est une position limite. A partir de cet instant, et, comme on peut le voir par la fig. 4, l'action de la vapeur s'exerce également sur les deux faces *ab* et *cd* du piston P, qui cesse donc d'être piston moteur ; mais la pression sur la face *a'b'* du piston P', n'est pas équilibrée sur la face *c'd'*, de manière que le piston P' devient piston moteur et le piston P, entraîné par lui en sens inverse,

lui sert de point d'appui. La face  $a' b'$  du piston  $P'$  est construite de manière que l'arête  $d$  du piston  $P$  la frotte, ou à peu près, dans son mouvement. Son profil est, par conséquent, un arc d'épitrochoïde dont la construction est donnée à la fig. 9. Dans celle-ci, C et D représentent les mêmes points que les mêmes lettres dans les figures précédentes ; et M représente le point qui, dans la fig. 5, porte les lettres  $a'$  et  $d$ . Pour obtenir des points de la courbe, on divise la distance  $Dc'$  en un certain nombre de parties égales, quatre par exemple ; on divise les arcs égaux  $cM$  et  $MD$  dans le même nombre de parties égales et on trace les arcs de cercle concentriques  $rc'$ ,  $pb$ ,  $ma'$  ; puis, en portant  $a' 1$  égal à  $nm$ , on a en 1 un point de la courbe ; puis  $b' 2$  égal à  $pq$ , et on obtient le point 2 de la courbe ;  $c' 3$  égal à  $sr$ , ce qui donne le point 3, et ainsi de suite. On peut remplacer l'arc de la courbe qui relie ces points, par un arc de cercle dont le centre serait convenablement choisi.

Comme on le voit par la fig. 5, si l'arête  $d$  du piston  $P$  glissait en touchant la face  $b'a'$ , il se formerait un vide dans l'espace  $b'Ca'$ , et la pression de la vapeur sur la face  $a'b'$  du piston, depuis la position fig. 3 jusqu'à la position fig. 5, irait en diminuant, ce qui amènerait un point mort dans l'action de la vapeur. Il faut donc qu'il y ait un jeu entre la courbe décrite par le point  $d$  et celle que l'on adopte pour le profil des faces des pistons. Les constructeurs, voulant éviter le point mort, ont en effet laissé un jeu convenable, et le profil de la face de leur piston est un arc de cercle.

D'autre part, cet arc de cercle ne doit pas trop s'écartez de l'arc de l'épitrochoïde, car si la machine a pour qualité d'être sans point mort, elle a le défaut de présenter un espace mort très-considérable et qui se compose de deux parties : premièrement, le volume restant entre les faces  $ab$  et  $cd$  du piston et un plan diamétral passant par les points  $a$  et  $d$  ; secondement, l'espace compris entre le

creux de la douille et la face interne du piston. Plus la courbe *ab* s'écartera de l'arc d'épitrochoïde, plus sera grand l'espace mort que nous venons de nommer en premier lieu. Il faut régler le rayon extérieur, le rayon intérieur du piston et la distance des centres de manière que le volume de l'espace mort soit réduit autant que possible. Dans les proportions adoptées par le constructeur, le volume de vapeur employée à chaque tour du piston est de 9 0/0 environ plus grand que le volume engendré par la face d'un piston en un tour. Et le volume de la vapeur renfermée dans l'espace mort FSD est d'environ 5 0/0 du volume engendré en un tour par la face du piston. Perte, 14 0/0.

Sous ce rapport, la machine de M. Behrens ne peut être économique. L'inventeur prétend cependant qu'elle donne beaucoup de travail utile, proportionnellement à la quantité de vapeur dépensée, et il apporte des expériences à l'appui de son assertion. S'il y a économie, elle provient de ce que les frottements de la machine ne peuvent être très-considérables.

Pour diminuer l'influence de l'espace mort, l'inventeur se réserve la faculté de faire marcher sa machine à détente et de pousser celle-ci jusqu'à un point tel que la pression à la fin de la détente soit fort peu supérieure à celle de la contre-pression. Dans ce cas, le tuyau à vapeur doit rester fermé jusqu'au moment où les pistons ont pris la position fig. 7 ; et, entre les positions fig. 3 et 7, aucun piston n'agirait. Le volant devrait donc être très-considérable. Du reste, l'emploi de la détente compliquerait les organes de la machine, et tout ce qui tendrait à lui enlever son caractère de simplicité, devrait être regardé comme un défaut.

La machine exposée est de 12 chevaux ; le diamètre extérieur des pistons est de 0<sup>m</sup>,407, le diamètre intérieur de 0<sup>m</sup>,204, et leur longueur de 0<sup>m</sup>,204. La distance de centre à centre des axes des roues d'engrenage mesure

0<sup>m</sup>,282. La pression de la vapeur est de 4 atmosphères, avec une contre-pression de 1 1/5 atmosphère. Le nombre de tours par minute, 150. Je ne sache pas que l'on ait mesuré la force de cette machine à l'indicateur. Son coefficient d'effet utile, sans avoir égard à l'espace mort, serait de C = 0,64.

Mais l'espace mort le réduit à  $\frac{C}{1,14} = 0,56$ .

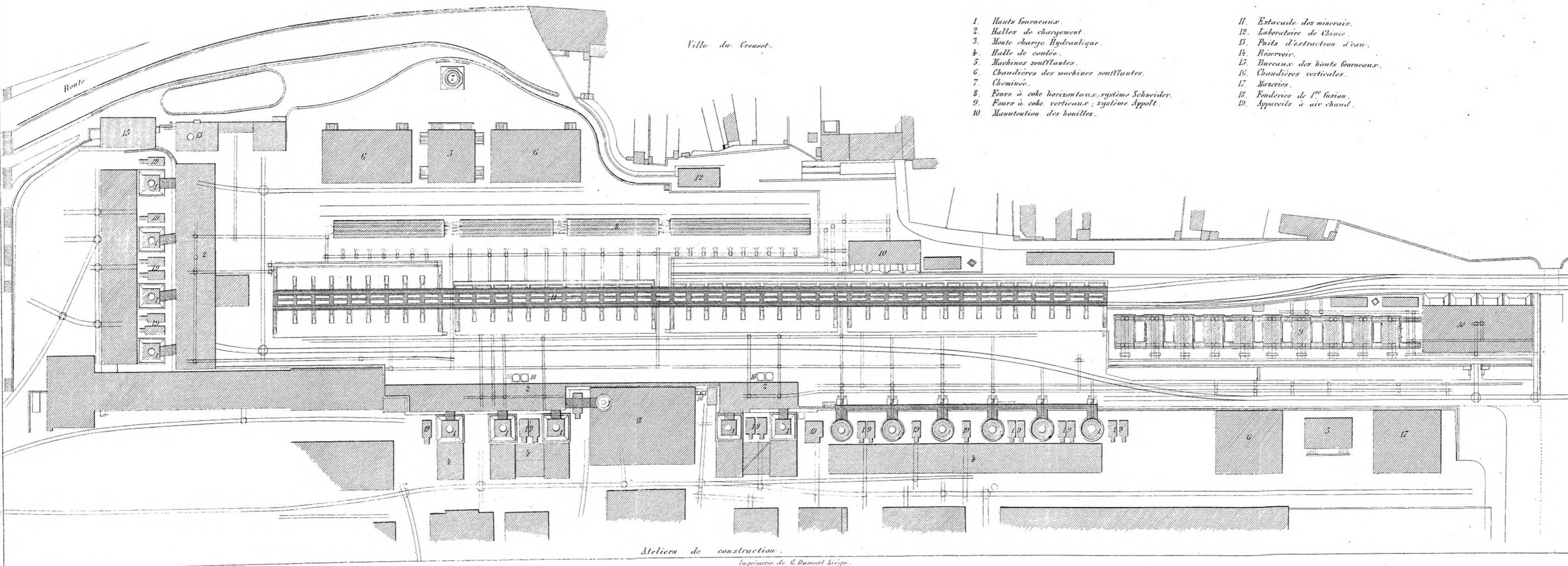
Chaque fois qu'un piston cesse d'être menant pour devenir mené, c'est-à-dire deux fois par tour, il y a des chocs dans les roues d'engrenage, ce qui produit un bruit assez désagréable, une perte de force vive et aussi une déformation de la denture.

Quoique une des plus simples de son genre, cette machine est loin d'avoir atteint le dernier degré de perfection. Les pièces sont finies et exécutées de la manière la plus parfaite ; mais tout est combiné avec tant de soin, que le système même ne paraît plus susceptible d'aucune amélioration. A ce point de vue, elle nous paraît inférieure à la précédente.

M. Behrens expose aussi une petite machine rotative, actionnant une pompe construite sur le même principe. On conçoit aisément quel doit être le jeu des pistons pour que la machine que nous avons décrite devienne une pompe foulante. La vapeur arrive par le dessous et s'échappe par le dessus du cylindre, de manière que le mouvement se fait en sens inverse de celui de l'autre machine. L'arbre de chaque piston à vapeur se prolonge dans le cylindre des pompes, où il porte un second piston. Entre les deux cylindres se trouvent les roues d'engrenage. Un léger volant, calé à l'extrémité de l'un des arbres, permet de faciliter la mise en train de la pompe, au cas où le besoin s'en ferait sentir.

Ce genre de pompe rotative n'exige, pour ainsi dire, pas de réparation et il est beaucoup plus sûr dans son jeu que

## PLAN GÉNÉRAL DES HAUTS FOURNEAUX DU CREUSOT.



les pompes centrifuges à hélice. L'effet utile est beaucoup plus considérable que celui d'aucune autre pompe. Elle est spécialement adaptée au service des brasseries et des raffineries, et peut également bien éléver de l'eau ou de la bière chaude, des liquides épais, des mélasses, etc.

La pompe exposée, qui a fonctionné dans la brasserie de MM. Shannugel et Reitzer, de Brooklyn, élevait en 15 minutes 85 barils de bière à 33 pieds de hauteur, ce qui suppose un travail utile d'environ 2 1/4 chevaux.

MACHINE ROTATIVE DIFFÉRENTIELLE DE THOMSON. — Les figures de la planche 12 représentent la machine rotative de M. Thomson, exposée dans le secteur anglais ; une autre machine semblable, appliquée au mouvement d'une grue, fonctionne dans le parc.

L'examen de la planche fait voir que les deux pistons se composent chacun de deux secteurs pleins, diamétralement opposés et fixés à un arbre dont l'axe coïncide avec celui du cylindre. Le piston A (fig. 1) se termine à droite par un arbre qui porte une roue d'engrenage elliptique ; le rapport des axes de l'ellipse primitive est supposé comme 1 : 2. Le piston B, à gauche, placé d'équerre avec le piston A dans les figures 1, 2 et 5, se termine de l'autre côté du cylindre par un arbre qui porte aussi une roue dentée elliptique égale à la première. La position dans laquelle ces ellipses sont calées sur leur arbre, est telle que leur grand axe est parallèle à l'axe de ses deux secteurs diamétralement opposés. Il s'ensuit que dans les figures 1, 2 et 5, la roue dentée du piston A est à angle droit avec celle du piston B.

L'arbre qui porte le volant-poulie est muni de deux ellipses dentées égales aux premières et calées à angle droit l'une avec l'autre, engrenant respectivement avec ces premières. Ainsi, dans la position des pièces, commune aux figures 1, 2 et 5, l'ellipse du piston A, que nous appellerons 4<sup>e</sup> ellipse, a son grand axe vertical ; celle du piston B, ou la première, a son grand axe horizontal ; la

deuxième qui, calée à l'arbre du volant, engrène avec celle du piston B, a son grand axe vertical et la troisième enfin a son grand axe horizontal.

La vapeur s'introduit entre les pistons A et B ou s'en échappe par quatre lumières, deux à deux diamétralement opposées et remplissant les mêmes fonctions, ou deux à deux symétriquement placées par rapport à un axe vertical et remplissant des fonctions inverses. Ainsi, si la vapeur arrive comme l'indiquent les flèches de la fig. 2, les lumières d'admission sont  $L_1$  et  $L_2$ , et les lumières d'émission,  $L_3$  et  $L_4$ . Le tuyau d'admission et le tuyau d'émission sont placés l'un à côté de l'autre et ouverts ou fermés par un seul robinet dont la clef est percée de deux trous rectangulaires placés à angle droit, l'un pour le tuyau d'admission, l'autre pour celui de décharge. Dans la fig 2, le robinet est placé dans la position qu'il occupe lorsque la machine est au repos. Il suffit de le faire tourner d'un fort petit angle vers la droite pour que les lumières  $L_1$  et  $L_2$  mettent le cylindre en communication avec la chaudière, et les lumières  $L_3$  et  $L_4$ , en communication avec la décharge. Au contraire, une petite rotation vers la gauche ferait, des lumières  $L_3$  et  $L_4$ , les lumières d'admission, et de  $L_1$  et  $L_2$ , celles d'émission; et, en ce cas, le sens de rotation de la machine serait opposé à celui que les flèches indiquent. On voit par là combien il est aisément de renverser la marche. C'est, du reste, une des bonnes qualités que cette machine partage avec celle de MM. Pilliner et Hill. Le trou du robinet par lequel passe la vapeur émise, est indiqué par des lignes ponctuées dans la fig. 2. En examinant les figures 1 et 2, on comprend aisément la disposition des conduits de vapeur.

Lorsque la vapeur est introduite entre les pistons A et B, elle les pousse également dans des sens opposés; mais par suite de la liaison entre les axes du piston et l'arbre du volant, le piston B marche plus rapidement que le

piston A pendant un certain temps, après lequel sa vitesse diminue et celle du piston A augmente pour diminuer, et ainsi de suite, chaque période durant un quart de révolution de l'arbre du volant.

Pour se rendre bien compte de ce mouvement différentiel, d'où l'inventeur a tiré le nom qu'il donne à sa machine, il est bon d'avoir recours au calcul ou aux diagrammes.

Appelons  $\omega$  la vitesse angulaire du piston B ;  $\omega'$ , celle de l'arbre du volant qui porte les ellipses 2 et 3 ;  $\omega''$ , celle du piston A ;  $r, r', r'', r'''$ , les rayons de contact des ellipses primitives des roues 4, 3, 2, 1 respectivement ;  $a$  et  $b$  les demi-grand et demi-petit axes de ces ellipses.

Dans la position de la figure 2, on a :

$$\begin{aligned} r &= b, & r'' &= b, \\ r' &= a, & r''' &= a. \end{aligned}$$

Considérons une position des ellipses correspondante au moment où le piston B a décrété un angle  $B$  depuis sa position primitive ; l'arbre des deux ellipses intermédiaires, un angle  $\alpha$ ; et le piston A, un angle  $A$ . Les rayons de contact seront alors :

$$\left. \begin{aligned} r &= \frac{ab}{\sqrt{b^2 + (a^2 - b^2) \cos^2 B}} \\ r' &= \frac{ab}{\sqrt{a^2 - (a^2 - b^2) \cos^2 \alpha}} \\ r'' &= \frac{ab}{\sqrt{b^2 + (a^2 - b^2) \cos^2 \alpha}} \\ r''' &= \frac{ab}{\sqrt{a^2 - (a^2 - b^2) \cos^2 A}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

et l'on aura les relations :

$$\left. \begin{aligned} r + r' &= a + b. \\ r'' + r''' &= a + b. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Entre les vitesses angulaires des divers arbres, on aura les relations suivantes :

$$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{r'}{r}, \quad \frac{\omega'}{\omega''} = \frac{r'''}{r''},$$

d'où

$$\omega'' = \omega \frac{r' r''}{r' r'''}. \quad (3)$$

Ces expressions permettent de calculer facilement l'angle A décrit par le piston A, quand on se donne l'angle B décrit par l'autre piston ; et en outre le rapport des vitesses angulaires des deux pistons. Au départ (fig. 2), le rapport des vitesses angulaires est  $\frac{b^2}{a^2}$ .

Si le rapport des axes des ellipses primitives des roues dentées est comme 1 : 2, le rapport des vitesses angulaires au départ est comme 1 : 4 et les expressions (1) et (2) combinées conduisent aux suivantes :

$$\left. \begin{aligned} \frac{2}{\sqrt{1 + 3 \cos^2 B}} &= 3 - \frac{2}{\sqrt{4 - 3 \cos^2 \alpha}} \\ \frac{2}{\sqrt{4 - 3 \cos^2 A}} &= 3 - \frac{2}{\sqrt{1 + 3 \cos^2 \beta}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

En éliminant  $\alpha$ , centre de ces deux équations, on obtiendrait une relation entre A et B qui permettrait de calculer le premier angle, le second étant donné. L'expression à laquelle on parviendrait de la sorte est trop compliquée pour être facilement utilisée. Il est préférable de dresser un diagramme des espaces parcourus par les pistons, tel que celui que nous donnons fig. 4.

Les abscisses représentent les chemins décrits par le piston B supposé marchant uniformément, un millimètre correspondant à 1°. Les arcs parcourus par le piston B

peuvent également se mesurer par les ordonnées d'une droite inclinée à  $45^\circ$  sur l'axe des abscisses, et, par conséquent cette droite peut être considérée comme le diagramme des espaces parcourus par le piston B.

Quant au diagramme des espaces parcourus par le piston A, c'est une courbe PMR symétrique par rapport à la droite OS perpendiculaire au diagramme PR. Le coefficient angulaire de la touchante à ce diagramme repré-

sente le rapport des vitesses angulaires  $\frac{\omega''}{\omega}$  du piston A et

du piston B. Ce diagramme fait voir clairement que le piston A marche d'abord très-lentement et de plus en plus vite jusqu'à atteindre en M une vitesse égale à celle du piston B ; sa vitesse continue à augmenter ensuite et très-rapidement, si bien que les deux pistons ont décriv dans le même temps un angle de  $90^\circ$ . Dès cet instant, leur position est l'inverse de celle du départ (fig. 2) ; le piston B' est dans la position que A occupait au départ et le piston A dans celle que B occupait. Le mouvement va donc commencer dans les mêmes conditions que ci-devant, seulement le rôle des pistons est interverti.

On peut déterminer facilement la position du point M dans le diagramme fig. 4 ; et il est important de le faire, puisque c'est alors que la vitesse des pistons est la même, que leur écart est le plus grand, ce qui permet de déterminer l'arc embrassé par le secteur des pistons :

La condition  $\omega'' = \omega$  entraîne cette autre :

$$r' r''' = r r'',$$

et comme  $r + r' = r'' + r''' = a + b$ , on en déduit :

$$r' = r'',$$

ce qui correspond à un angle  $\alpha$  de  $45^\circ$ . Il est visible, par les expressions (1) et (2) que, à un angle  $\alpha$  de  $45^\circ$ , correspondent deux angles A et B complémentaires. Dans

l'hypothèse  $\frac{b}{a} = \frac{1}{2}$ , les expressions (4) donnent pour les

valeurs de A et B correspondantes à  $x = 45^\circ$  :

$$A = 70^\circ 40', \quad B = 19^\circ 20'.$$

D'où suit que, depuis leur position primitive, les deux pistons se sont écartés d'un angle  $A - B = 51^\circ 20'$ .

Voici comment ces valeurs particulières de A et B mènent aux dimensions des pistons.

Pour que l'espace mort soit réduit à son minimum, il faut que les pistons se touchent un instant. Or, cela ne peut avoir lieu qu'au moment précis (fig. 6) où le piston A, marchant de plus en plus vite, a atteint une vitesse égale à celle de B qu'il dépassera ensuite. Or, si  $x$  était l'écartement primitif des pistons A, B (fig. 5), leur écartement dans la position fig. 6 est  $2x$ . Donc, quand le piston B a décris un angle de  $70^\circ 40'$ , et le piston A un angle de  $19^\circ 20'$ , c'est-à-dire quand les pistons se sont écartés de  $51^\circ 20'$ , leur écartement primitif est doublé ; il s'ensuit que cet écartement primitif est de  $51^\circ 20'$ . D'autre part, il est facile de voir que l'angle du secteur formant piston est complémentaire de l'angle d'écartement primitif. Par conséquent, l'angle des secteurs est de  $38^\circ 40'$ . Il est bon d'observer que dans la position de la fig. 6, le piston A a décris un angle égal à la moitié de l'angle de son secteur.

Les lumières d'admission ou d'émission  $L_1$  et  $L_2$  doivent être placées à une distance angulaire de  $38^\circ 40'$  de milieu à milieu.

Ce qui précède suppose que le rapport des axes des ellipses primitives des roues d'engrenage est comme 1 : 2. Il paraîtrait, d'après les renseignements que l'on recueillait dans le Palais, que le secteur des pistons embrassait un arc de  $67^\circ 30'$ . S'il en est ainsi, pour la position d'égale vitesse des pistons, on aurait :

$$B = 56^\circ 15', \quad A = 33^\circ 45', \\ B - A = 22^\circ 30'.$$

Si, d'après ces données, on calcule quel doit être le rap-

port  $\frac{b}{a}$  correspondant, on reconnaît qu'il doit s'approcher

de  $3/4$  et non pas de  $\frac{9}{14}$ , comme on nous l'a donné. Le

rapport des vitesses angulaires des pistons varierait en ce cas depuis 1 jusque  $\frac{9}{16}$ , au lieu de varier depuis 1 jus-

que  $\frac{1}{4}$ , comme dans le premier cas.

La lame d'acier qui fait l'office des cercles d'un piston ordinaire, est, comme dans presque toutes les machines rotatives, placée dans une rainure au fond de laquelle se trouvent des ressorts qui la poussent vers le dehors. La rainure, et par conséquent le bourrage, se trouvent placés au milieu du secteur du piston. Si la distance entre les deux bords intérieurs des lumières  $L_4$  et  $L_5$  était égale à l'arc du secteur, comme l'assurent certaines personnes, il y aurait un moment où les lumières d'admission et d'émission  $L_4$  et  $L_4$  ainsi que les lumières  $L_2$  et  $L_3$  seraient en pleine communication. Ce serait l'instant où les pistons ont pris la position indiquée fig. 6.

En effet, il faut que la lame d'acier formant bourrage puisse fermer complètement la lumière et ait même quelque peu de recouvrement. D'autre part, il faut qu'il y ait un jeu entre le piston et la paroi cylindrique afin que la vapeur expulsée entre les pistons au moment où ils se touchent (fig. 6), puisse se loger quelque part sans être comprimée au-delà de toute mesure pendant un court instant où toutes les lumières sont fermées. Il existe donc nécessairement un petit espace mort, d'autant plus réduit que le rapport des axes des ellipses est plus petit. Nous tenons à faire remarquer qu'il doit nécessairement y avoir un jeu entre les pistons et le cylindre et qu'il en faut tenir compte dans la disposition que l'on donne aux lumières et

au bourrage. On pourrait évidemment placer le bourrage à droite ou à gauche du milieu du secteur dans le piston A. Si on le place à droite, on augmente et l'espace mort et la distance des lumières ; le contraire a lieu si on le place à gauche et on aura toujours la pleine pression pendant toute la course des pistons dès que l'on fait coïncider l'axe de la lame d'acier avec celui de la lumière, dans la position fig. 6. On conçoit aisément qu'en rapprochant les lumières  $L_1$  et  $L_3$ , sans déplacer la lame d'acier sur le secteur, on peut faire marcher la machine avec une certaine détente ; mais alors, pendant un instant, les lumières  $L_1$  et  $L_3$  seraient en communication. Il y aurait un seul moyen d'obtenir la détente sans mettre ces lumières en communication : ce serait de supprimer l'une d'elles. Mais, en ce cas, la machine ne pourrait marcher que dans un sens seulement.

Ce qui précède montre assez combien il est important que la lame d'acier ait un peu de recouvrement sur les lumières, et dès lors il y a un point mort dans le jeu de la machine.

M. Thomson ne prétend pas remplacer par sa machine toutes les machines à mouvement alternatif. Il se trouve assez d'occasions où il est nécessaire d'avoir une grande force avec une machine peu volumineuse et avec une grande facilité de renverser le sens de la marche. L'expansion de la vapeur est certes chose économique, et, par conséquent, désirable dans beaucoup de cas ; mais pour manœuvrer une grue, un cabestan, etc., sur des navires ou autrement, les deux conditions susdites sont beaucoup plus importantes. C'est pourquoi l'inventeur a placé, à l'Exposition, sa machine dans les conditions qui lui sont le plus favorables ; il l'a appliquée à une grue. Deux grands navires, le *Leith* et l'*Amsterdam*, sont déjà pourvus de cabestans manœuvrés de cette manière et un bel avenir semble réservé à la machine différentielle dans ce genre d'applications.

A un point de vue général, cette machine ne représente

pas un grand progrès. Elle est difficile à bien construire à cause des roues elliptiques. Elle fait beaucoup de bruit et les chocs des dents tendent à les détériorer, amènent une perte de travail et produisent de nombreuses et gênantes vibrations. C'est aussi un des défauts de la machine de Behrens que celle de MM. Pilliner et Hill n'a pas. Des trois machines exposées, c'est cette dernière qui nous paraît le mieux combinée.

Nous ne connaissons pas le prix des machines de Behrens ou de Pilliner et nous ne pouvons assurer qu'il serait moindre que celui de la machine Thomson ; cependant, celle de Behrens devrait être la moins coûteuse. Celle de Thomson coûte, prise à Edimbourg, 1.000 fr. pour une force de 8 chevaux.

Le diamètre du cylindre est de 0<sup>m</sup>,225 ; sa longueur 0<sup>m</sup>,200. Elle occupe peut-être 3/4 de mètre carré en plan. Le nombre de révolutions par minute est de 400.

La grue exposée complète, telle qu'elle est, coûte à Édimbourg 5.000 fr.

MACHINE ROTATIVE DE M. ÉDOUARD SCHEUTZ, DE STOCKHOLM. — A Londres, en 1862, M. Scheutz avait exposé une machine rotative de 5 chevaux qui fonctionnait très-bien, et à laquelle le Jury avait accordé une mention honorable. Cette année, il expose simplement un dessin de la même machine avec les perfectionnements nouveaux qu'il a introduits. Le but principal des recherches de M. Scheutz est de faire une machine rotative qui convienne à la marine et surtout aux chaloupes canonnières. Il a réussi à composer un moteur qui fonctionne bien, régulièrement, dépense peu de vapeur, permet l'emploi de la force expansive de ce fluide, mais qui est compliqué d'un trop grand nombre de pièces : la simplicité qui distingue les trois machines qui précédent, ne se retrouve plus ici.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 de la planche 13 représentent une machine du système de M. Scheutz, de la force de 10 chevaux, marchant à 5 atmosphères de pression, à

2/3 d'expansion, sans condensation et exécutant 150 révolutions par minute.

Comme on le voit dans la coupe longitudinale (fig. 1), la boîte en fonte dans laquelle se meut le piston n'est plus conique, elle est simplement cylindrique, mais possède près du fond ou couvercle une petite portion conique qui permet, au moyen des quatre écrous fixés à l'extrémité de l'arbre près de l'étrier, de rapprocher ou d'éloigner les surfaces coniques correspondantes du piston, afin de fermer hermétiquement les chambres sans occasionner un excès de frottement.

Le piston se compose d'une roue *a* munie de quatre palettes mobiles *b*, *c*, *d*, *e*. Ces palettes sont de simples lames d'acier logées dans des rainures, ou coulisses, ménagées dans la roue le long des génératrices rectilignes. Des ressorts sur lesquels elles s'appuient tendent constamment à les faire sortir de leurs rainures et à les appuyer contre la surface du cylindre. Des guides *u*, *u*, fixés dans la longueur du cylindre, les font rentrer dans leur coulisse au moment voulu.

Les quatre palettes se meuvent dans la capacité annulaire comprise entre la roue et le cylindre et qui est divisée en deux chambres par les parois *g* et *h*. La vapeur arrivant de la chapelle par des tuyaux qui contournent le cylindre, s'introduit en même temps par les deux canaux *i* et *k* pour agir simultanément sur les deux palettes *b* et *d*. La vapeur qui a déjà travaillé entre les palettes *d* et *e* et les palettes *b* et *c*, s'échappe par les orifices *l* et *m* qui aboutissent tous deux au tuyau de décharge *n*. Cela suppose que le sens de la rotation de la machine est celui indiqué par la flèche ; mais on remarque que de part et d'autre des palettes, il y a complète symétrie et que par conséquent, s'il y avait communication entre les canaux *i* et *k* et le tuyau d'échappement, tandis que par les orifices *l* et *m* la vapeur affluerait, le sens du mouvement serait renversé. Le mécanisme le plus simple per-

met d'opérer ce renversement, comme on va le voir.

La fermeture du canal d'arrivée de la vapeur au moment où l'on veut que la vapeur agisse par détente, s'opère par un tiroir *p* qui, au lieu d'avoir une forme plate comme les tiroirs ordinaires, est rond, c'est-à-dire à la forme cylindrique, de manière que pour découvrir ou fermer la lumière, il faut lui donner un mouvement de rotation autour de l'axe du cylindre suivant lequel il est tracé, et non pas un mouvement de translation.

Quant au mouvement d'oscillation du tiroir autour de son axe, M. Scheutz l'obtient au moyen d'un excentrique et d'une bielle *q* placés derrière la machine. Le tiroir a deux lumières *r*, *s*, qui permettent l'introduction du fluide moteur par le passage *t* pratiqué dans un second tiroir. Ce dernier tiroir sert à régler la marche de la machine. Au moyen du levier *o* qui manœuvre ce tiroir, on peut le placer de manière à faire marcher la machine en avant, en arrière, à pleine pression ou à détente, sans faire décrire au levier un arc de plus de 30°. Cette machine étant construite pour deux tiers d'expansion, la vapeur ne commence à pénétrer dans le cylindre que lorsque les palettes forment des cloisons parfaitement hermétiques en adhérant exactement à la surface du cylindre, sur laquelle elles glissent, ce qui n'a lieu qu'au premier tiers de la course.

Cette machine est parfaitement équilibrée : en deux points diamétralement opposés de la roue, la pression de la vapeur sur la roue est parfaitement la même, comme on peut s'en assurer par l'inspection de la fig. 2. De même, lorsqu'une palette commence à rentrer dans sa coulisse, à cause de la forme du guide *u*, pour passer l'une des parois *g* ou *h*, elle a déjà franchi l'orifice d'un canal par lequel la vapeur s'échappe ; la palette en rentrant dans sa coulisse est donc équilibrée par la vapeur, et le frottement qu'elle éprouve est indépendant de la pression de la vapeur. Il en est de même encore quand la

palette sort de la coulisse : la pression des deux côtés est celle de la vapeur affluente. Le frottement de l'axe de la roue sur ses coussinets, ainsi que celui des palettes dans leurs coulisses est donc indépendant de la pression de la vapeur. De là, un rappel facile de l'usure. On le voit tout est combiné de manière à démontrer beaucoup de sagacité et d'expérience chez l'inventeur.

La fig. 3 montre à part la roue garnie de palettes mobiles et en contact avec les parois *g*, *h*. La fig. 4 est le plan du tiroir de renversement de mouvement. La fig. 5, le plan de la boîte à vapeur avec son fond. La fig. 7, les guides servant à faire rentrer les palettes dans leurs coulisses.

## II. MOULINS A VENT.

### MOULIN A VENT DE M. L'ABBÉ THIRION, D'AISSCHE-EN-REFAIL.

— Ce moulin présente plusieurs particularités fort remarquables et indique de grands perfectionnements dans ce genre de moteurs. Comme les ventilateurs à ailettes, il a douze ailes assemblées par des charnières à un cercle mobile et au bossage d'un axe commun. Cet axe repose sur une chaise mobile toute en fer, placée au sommet d'une pyramide formée de 3 ou 4 pièces reposant à terre et se réunissant à l'extrémité à deux anneaux en fonte. Les bords de ceux-ci, munis de galets, servent de support à la chaise mobile. En bas se trouve une maisonnette abritant les meules, etc.

Quoique sans voile à l'arrière, le moulin s'oriente de lui-même. C'est que les ailes se tiennent, par rapport au vent, derrière la pyramide ou corps du moulin, au lieu de se tenir devant, comme dans les moulins ordinaires. La flèche — qui offrirait un coup-d'œil plus agréable si elle était plus élancée — est à jour et ne se compose que de pièces assez minces ; il s'ensuit qu'elle n'offre aucun obstacle à l'admission du vent dans la roue. Il va sans dire qu'un contre-poids puissant sert à équilibrer le poids des

ailes ; par là, le mouvement de rotation horizontale de la roue est extrêmement facile.

Le moulin se règle de lui-même : les ailes présentent au vent une inclinaison et, par suite, une surface variables suivant la force même du vent ; ce qui s'obtient par le va-et-vient de deux leviers à force centrifuge agissant sur le cercle mobile auquel sont attachées toutes les ailes. Le point d'appui de ces poids à force centrifuge, ainsi que de toutes les charnières des ailes, est un second cercle fixe muni de rais et d'arcs-boutants. Les ailes fonctionnent ainsi comme des jalouses et suivent forcément les mouvements des poids régulateurs. Le fonctionnement parfait de cet appareil exige que le cercle régulateur soit exactement plan et ne serre pas trop dans les guides qui le maintiennent contre le cercle fixe. Sous ce rapport, le moulin exposé laisse à désirer ; mais ce n'est là qu'un petit détail de construction qui n'ôte rien au mérite du moteur et surtout à celui de l'inventeur.

Un des grands avantages du système de M. Thirion, c'est que, sous un petit diamètre, la roue présente une grande surface de voile à l'action du vent. On peut à volonté n'ouvrir qu'un certain nombre d'ailes et les incliner moins, c'est-à-dire, attacher moins loin le cercle mobile, quand le vent est trop violent. Mais, quelle que soit l'inclinaison que l'on donne d'abord aux ailes en fixant le cercle mobile au ressort, elles conservent toujours leur mouvement variable à partir de cette première inclinaison une fois donnée.

La transmission du mouvement de l'axe des ailes à l'arbre moteur vertical des meules, a lieu au moyen d'un engrenage conique. Toutefois, M. Thirion est breveté pour un système de transmission aussi original qu'ingénieux, représenté fig. 1, 2, 3, 4, pl. 14. Les deux arbres supposés dans le prolongement l'un de l'autre (fig. 1), portent à leur bout chacun un plateau auquel ils sont solidement fixés. Aux plateaux se rattachent les extrémités d'une

forte hélice en fer. Il est évident que si l'un des arbres tourne, l'hélice, après avoir subi une légère torsion pourra transmettre le mouvement de rotation à l'autre arbre. Cela posé, si les deux arbres font entre eux un angle quelconque, par exemple, un angle droit, comme on le voit fig. 2, le mouvement ne se transmettra pas avec moins de facilité. Je l'avoue, ce système de transmission m'a inspiré au premier abord fort peu de confiance ; mais l'expérience est là qui en démontre toute la valeur : plusieurs hélices de ce genre fonctionnent, sans accident, depuis plusieurs années ; l'une d'elles, depuis six ans. Ensuite, l'inventeur a pris tous les soins nécessaires pour donner à son hélice la raideur voulue dans le sens de la torsion et la flexibilité également exigée dans le sens de l'éloignement ou du rapprochement des spires.

Dans ce but, l'hélice est faite d'une barre de fer de 15 à 16 mètres de longueur, de 40 millimètres de largeur et de 7 d'épaisseur, tournée sur champ. Souvent même, cette barre se compose de plusieurs autres reliées les unes aux autres par un assemblage à rainure et languette (fig. 3). Le diamètre extérieur de l'hélice est de 325 millimètres, de manière que l'hélice résiste à la torsion à peu près comme un arbre creux de 325 mill. de diamètre et de 40 mill. d'épaisseur. D'autre part, le nombre des spires est très-considérable et l'épaisseur n'est que de 7 millimètres. Une plus grande épaisseur ferait dépasser la limite d'élasticité et amènerait la rupture, ce que l'expérience a appris. Une hélice qui a fonctionné pendant six ans chez M. Thirion, s'est cassée au point d'attache d'un des plateaux des arbres. C'est qu'on y avait foré des trous sans prendre soin de serrer le point d'attache au moyen d'une plaque boulonnée comme il est indiqué à la fig. 4.

Ce genre de transmission a sur les engrenages coniques l'avantage de n'exiger aucun graissage et, en outre, de se prêter à une torsion qui empêcherait le bris des arbres dans le cas où une pièce à grande force vive con-

tinuerait son mouvement, tandis que les ailes s'arrêteraient ; ceci a de l'importance, particulièrement lorsqu'il s'agit de mettre des meules en mouvement.

M. Thirion a aussi apporté des améliorations dans la disposition des meules. La meule supérieure ne peut que tourner sans osciller. Elle est suspendue à l'arbre qui, lui-même, est soutenu par un plateau qui lui est calé et qui porte sur un système de sphères mobiles. De la sorte, l'axe est guidé verticalement et parfaitement soutenu, et il pivote sans beaucoup de frottement et sans user d'huile. La meule inférieure, au lieu d'être fixe comme d'ordinaire, repose sur un pivot, sur lequel elle peut se balancer, mais sans tourner, étant retenue par une chaîne. Le pivot se termine par une vis qui permet de l'élever ou l'abaisser à volonté ; quand on veut moudre, il suffit de tourner l'écrou pour remonter la meule.

Si le placement des meules est parfait, la meule inférieure ne bougera pas quand l'autre tournera ; mais cette immobilité qui exigerait une précision mathématique est parfaitement inutile. Car, si la meule tournante penche d'un côté, la meule dormante se laisse conduire avec la plus grande facilité et en suit tous les mouvements. Dans les moulins ordinaires, c'est la meule tournante qui peut osciller ; ici, au contraire, la meule tournante ne fait que tourner et la meule inférieure ne fait que se balancer sur sa rotule. Cette idée ingénieuse a plus d'un résultat remarquable. D'abord on peut serrer les meules aussi fort que l'on veut, et la pression sera toujours uniforme sur toute la surface ; ensuite, si les meules sont bien dressées, non-seulement elles restent telles, mais si elles ne l'étaient pas, elles se réformeraien d'elles-mêmes en tournant.

M. Thirion a aussi pensé à faciliter le rhabillage des meules. A cet effet, la meule dormante repose sur le dessus d'une porte solide. Quand on veut rhabiller les meules, on n'a qu'à ouvrir cette porte et la meule dormante, qui y reste fixée, vient se placer à côté du moulin.

On peut alors faire pirouetter la meule tournante sur deux tourillons pour présenter en haut sa face taillée.

La trémie qui fournit le grain à moudre est fixée à la meule tournante et tourne par conséquent avec elle. Le grain descend à mesure que le vide se fait dans cette trémie et le vide ne se fait qu'à mesure que le grain se moud. C'est par le système de deux tuyaux plongeant, l'un dans la trémie, l'autre dans l'œillard de la meule, que ce résultat s'obtient. De la sorte, il ne peut y avoir ni engorgement, ni manque de grain, et le tic-tac (agréable pour les oreilles seules qui n'en sont pas rassasiées) est supprimé. La farine obtenue est de la plus belle qualité.

Le bas prix auquel les constructeurs de Chatelineau-Couillet fournissent les moulins du système de l'abbé Thirion en est encore une des qualités les plus précieuses. Le mouvement de l'air est une des puissances de la nature qu'il n'est pas permis à l'homme de laisser à l'état de richesse inutile. Or, bien des petites industries pourraient s'alimenter au moyen de ce moteur. Pour celles auxquelles le chômage, pendant les calmes, ne serait pas permis, elles pourraient accumuler de la force motrice dans un réservoir à eau alimenté par une pompe mue dans les temps de bon vent, et d'où l'eau viendrait agir au besoin sur un de ces moteurs hydrauliques que l'on confectionne aujourd'hui à si bas prix.

M. Thirion expose encore un frein de voitures sur lequel nous espérons revenir en temps et lieu.

**MOULIN À VENT DE M. MOERATH, DE VIENNE.** — Dans le secteur autrichien, M. l'ingénieur Moerath a exposé les dessins d'une roue à vent de son système, qui dénote autant de science que de pratique dans l'art des constructions mécaniques. Autant les roues à aubes courbes et les turbines sont supérieures aux roues à palettes planes de l'antiquité, autant la roue de M. Moerath est supérieure aux moulins à vent employés jusqu'aujourd'hui, et qui, depuis Smeaton, n'avaient guère fait de progrès que

dans ces dernières années. Le moulin de M. Mahoudeau, exposé en 1855 et qui fonctionnait le premier encore à l'Exposition de 1867, était perfectionné, simple de construction et peu coûteux. Celui de M. Lepaute, exposé cette année, est fort élégant, d'une construction aussi parfaite que les pièces d'une horlogerie fine, mais d'une complication et d'un prix qui le mettent hors de la pratique. Car il est remarquable que dans les applications mécaniques, les perfectionnements sont presque toujours des simplifications. Il est toujours facile à un mécanicien d'arriver à un résultat demandé ; il est presque toujours difficile d'y arriver par des moyens simples et économiques. Pour des machines-outils où la précision est la chose essentielle, la complication est encore permise jusqu'à un certain point, mais le contraire est vrai pour les machines motrices, où l'économie est le but véritable qu'il faut atteindre.

La roue à vent de M. Moerath est si simple et si rationnellement construite, qu'on s'étonne de ne pas l'avoir trouvée avant lui. C'est une imitation de la turbine de W. Thomson qui reçoit l'eau par l'extérieur et la rejette par l'intérieur, et qui est la mieux combinée de toutes pour régler l'affluence du fluide. La roue à vent, représentée pl. 15, se compose donc d'une série d'aubes courbes formées de toiles maintenues dans des cadres en fer P. Les cadres sont rattachés à deux plateaux horizontaux calés à l'arbre moteur L. En plan, fig. 4, ils ont la même courbure que les aubes de la turbine Thomson. Pour que l'arbre se maintienne parfaitement dans sa position verticale, le plateau inférieur des aubes est relié à une poulie calée à l'arbre et qui roule sur une série de galets K portés par des supports G. Le plateau lui-même roule sur d'autres galets S, dont les tourillons roulent de leur côté sur des roulettes plus petites ss'. Par là, les frottements sont réduits autant que possible et la roue présente une grande stabilité. Nous croyons, toutefois, qu'il serait économique

de remplacer les galets S par un système de sphères roulantes du genre de celles employées par M. Thirion. Ce serait plus simple, plus économique et l'on serait débarrassé de la nécessité de graisser les tourillons.

Le moulin est monté sur une maçonnerie en tour E, surmontée d'une espèce de corniche de fonte II à laquelle se rattachent les supports des galets dont il vient d'être question. Sur cette corniche, reposent une série de lames verticales en fer *ab*, très-nombreuses et solides, qui entourent toute la roue, remplissant la double fonction de directrices pour le fluide moteur et de charpente pour soutenir le toit T et le plancher à jour qui recouvre la roue. Ces lames *ab* sont légèrement courbes en sens inverse des directrices au point d'entrée du vent, c'est-à-dire, à la circonference extérieure de la roue. Les orifices d'admission du vent à la roue sont formés des intervalles entre les lames de tôle, et, par conséquent, de quelque côté que vienne le vent, elle pourra tourner. La courbure des directrices ne permet aux voiles de se gonfler que dans un sens. L'expérience a démontré que les directrices à droite du vent (pour l'observateur qui regarde la roue disposée de façon à tourner de droite à gauche, par devant), frappées obliquement, renvoient l'air en dehors de la roue et y produisent entre les aubes une espèce de vide qui favorise le mouvement.

Le système de régularisation est des plus simples et des plus savamment combinés. A l'extérieur des directrices, pivote verticalement un système de jalousies courbes *c ad* (fig. 4). Ce sont des lames de tôle ayant en section horizontale la même courbure que les jalousies et une longueur  $2ac = 2ad$ , un peu plus grande que la distance qui en sépare deux consécutives, de manière que si les lames ont tourné sur leur pivot *a* jusqu'à la position indiquée en pointillé fig. 3, elles se recouvrent deux à deux et ferment les orifices d'introduction de l'air. Que l'on ferme, ou que l'on ouvre plus ou moins toutes ces

jalousies ensemble, l'on contrariera ou favorisera plus ou moins l'action du vent. Ces jalousies font donc l'office des directrices mobiles dans la turbine de Thomson. Mais ces dernières permettent de régler à volonté à la main l'affluence de l'eau, tandis que dans la roue Mœrath, c'est la force du vent qui détermine la quantité de fluide admise ; en un mot, cette roue se règle d'elle-même.

Les extrémités extérieures *d* des jalousies se rattachent toutes par une série de bielles *l* (fig. 3), à un cercle commun *x*, mobile autour de son centre.

Ces bielles ne sont pas dirigées sur le centre de la roue mobile *x* ; elles sont exécutées de façon qu'un mouvement de la roue *x* dans le sens indiqué par la flèche (fig. 3), rapproche les extrémités *d* des jalousies toutes ensemble vers le centre, fermant les ouvertures d'admission. Un mouvement de la roue *x* en sens contraire ouvrirait ces ouvertures par l'intermédiaire des bielles *l*. L'excursion possible de la roue *x* dans les deux sens est limitée par la fermeture et l'ouverture complètes des jalousies. On comprend aisément que si l'on arme de dents un certain arc de la roue *x*, on pourrait au moyen d'un pignon denté régler à volonté la dépense de vent par la roue.

Mais c'est la machine même qui est chargée de ce soin. Le régulateur *R* de la fig. 3, représenté en grandeur double fig. 1, est attaqué par la roue *r* et le pignon *r'* et marche trois fois plus vite que l'arbre du moulin. Les boules, assez lourdes pour donner beaucoup de sensibilité à l'instrument, élèvent ou abaissent un manchon *y* formé de deux roues de friction coniques adossées par leur grande base. Dans la position la plus élevée du manchon, lorsque la roue marche très-vite, c'est le cône supérieur qui vient attaquer la roue *Z* (fig. 1) et, par suite, agissant sur les roues coniques *t*, fait tourner le secteur *x*, par l'intermédiaire de la vis sans fin *f*, dans le sens indiqué par la flèche de la fig. 3. Le cône *y* met également la roue *z* en mouvement ; mais celle-ci tourne folle et n'est placée

que pour assurer la position des axes. Lorsque le régulateur marche lentement, le double cône *y* retombe et sa partie inférieure agit sur les roues *z'* et *Z'* dont la seconde tourne folle, tandis que la première, par l'intermédiaire des roues d'angle *t'* et de la vis sans fin *f*, fait tourner la roue dentée *x* dans un sens opposé à celui indiqué par la flèche de la fig. 3. Enfin, lorsque le régulateur marche à la vitesse de régime, le double cône *y* oscille un peu ou bien se maintient entre les roues *z* et *Z*, sans en attaquer aucune.

Dans les essais qui ont été faits avec ce moulin, il a été reconnu qu'un ouragan très-fort, loin d'endommager la roue, la faisait marcher comme une simple brise avec une vitesse assez régulière. Les jalouïsies se fermaient complètement et les boules du régulateur s'affaissant alors, elles s'entrouvraient pour se refermer bientôt. Il a été reconnu encore qu'il fallait fort peu de vent pour actionner la roue.

Pour laisser reposer le moulin, on dégage le régulateur au moyen d'un levier, et on fait tourner la vis sans fin de manière à fermer les jalouïsies.

Le poids du moulin et son prix sont peu considérables. Dans la planche que nous donnons, il actionne deux pompes *mn*. M. Moerath a ajouté, dans son dessin exposé, le plan de ces pompes qui amènent l'eau de la mer dans un grand bassin destiné à alimenter des salines.

### III. MACHINES A VAPEUR FIXES.

#### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dans son admirable rapport sur les machines-outils exposées en 1851 à Londres, M. Robert Willis remarquait que l'on ne pouvait, en conscience, juger du mérite relatif des nations d'après les produits qu'elles exposaient. Cette remarque était bien juste, puisque, malgré une su-

périorité industrielle incontestable et qui ne s'était pas un instant démentie, l'Angleterre semblait inférieure en 1855 et parait telle encore en 1867, l'Exposition ayant lieu à Paris ; et la France, qui marche à pas de géant, il est vrai, mais qui est encore en arrière sous le rapport mécanique, semble avoir aujourd'hui une écrasante supériorité sur toutes les autres nations. A ce compte-là, la Belgique serait donc toujours à la remorque des autres ; comme si, dans le champ-clos des combats industriels, elle ne pouvait fièrement lever la tête.

Les difficultés inhérentes au transport et à l'installation de machines lourdes ou délicates ; les sacrifices, les dépenses qu'une Exposition entraîne, malgré le bon vouloir des gouvernements, et que les résultats ne compensent pas toujours, expliquent suffisamment comment il se fait que la nation qui doit être la mieux représentée est toujours celle chez qui a lieu le grand concours.

Bien des personnes ont, depuis 1851, répété ou traduit les paroles de M. Willis, et en ont profité pour établir la supériorité de leur propre patrie en dehors de l'Exposition. Nous ne les suivrons pas dans cette voie. S'il ne s'agissait que du nombre ou de la grandeur des machines exposées, un jugement serait vite édifié. Mais s'il faut juger du mérite qu'elles révèlent comme invention, comme exécution, comme abaissement de prix, la chose devient plus difficile, sinon impossible. Dans tous les secteurs, français, anglais, américain, belge ou allemand, les machines exposées (la plupart construites, il est vrai, en vue de l'Exposition) brillent par leur bonne et solide construction et démontrent que nul peuple et nul atelier n'a le monopole des bons ouvriers. La sanction que la pratique a accordée aux découvertes des inventeurs de tous les pays démontre encore que l'imagination n'est l'apanage d'aucune nation en particulier, bien que l'Angleterre et l'Amérique surtout déplient une hardiesse incroyable. Pour le bas prix des constructions, la Belgique

l'emportait depuis longtemps. Mais aujourd'hui les différences commencent à se niveler sous la puissante et irrésistible influence de la facilité des communications et de la création de nombreuses relations aux concours universels. Car si ces concours n'offrent guère de criteriums de jugement, ils ont du moins une puissante action sur les progrès de l'industrie et de la science chez tous les peuples. Dans ces vastes foires où sont réunies tant de choses à étudier, chacun profite de l'expérience de son voisin, chacun cherche à se mettre à sa hauteur. De même que les publications périodiques, les Expositions universelles ont un effet, sinon un but, éminemment civilisateur, niveleur et humanitaire. Espérons qu'ils se trompent, ceux qui prétendent que l'Exposition de 1867 est la dernière, parce qu'elle est la plus vaste. Après l'Exposition française de 1839, on disait aussi qu'il serait désormais *matériellement* impossible de réunir et d'abriter sous un même toit tous les produits de l'industrie française, et nous avons eu depuis quatre Expositions universelles. Si les forces de l'industrie s'accroissent perpétuellement, si ses horizons s'étendent, les moyens de réunion n'augmentent pas moins.

Nous ne comparerons, dans ce qui suit, ni les nations, ni les exposants ; nous nous abstiendrons même, autant que possible, de porter des jugements comparatifs sur les machines exposées. Les moteurs se jugent au point de vue de l'économie avant tout ; et je crois que toute comparaison, qui ne serait pas basée sur des expériences contradictoires, faites avec tout le soin et l'exactitude possibles, serait hasardée, quand même elle aurait à son appui des raisonnements de l'apparence la plus solide. La consommation de travail moteur, le rendement, la durabilité des machines sont trois éléments essentiels à connaître et dont on ne peut s'assurer dans une Exposition, pour mille raisons que les visiteurs comprendront sans peine. Nous nous arrêterons donc à décrire les machines

motrices, en appuyant sur les qualités qui les distinguent, nous rapportant, quant à la consommation et au rendement, aux constructeurs qui ont bien voulu nous fournir des renseignements.

Dès ses premiers pas, l'immortel Watt construisait des machines d'épuisement avec des chaudières à grandes grilles qui ne dépensaient pas plus de 3 kilog.  $1/4$  de charbon de Wednesbury par force de cheval et par heure, comme il a été constaté dans les expériences rigoureusement faites par Smeaton. Watt prétendait même que ses machines ne dépensaient que  $3^k,100$ . (Dans le relevé des expériences de Smeaton, je compte le cheval-vapeur à raison de 75 kilogrammètres par seconde et non 76 qui correspondent à 33.000 livres-pieds anglais par minute.) Il y a quelques années encore, on ne trouvait pas le chiffre de 3 kilog. de bonne houille par cheval et par heure trop exagéré, même pour les fortes machines. Les progrès réalisés depuis l'invention de la machine à vapeur, n'étaient donc pas bien grands. Aujourd'hui, celui qui n'a pas réduit à 1 kilog. la consommation de ses machines, n'a rien fait. Ainsi, MM. LE GAVRIAN et FILS, de Lille, garantissent une consommation de 1 kilog. ; M. LE COUTEUX, de Paris, 1 kilog. à 1 kilog.  $1/10$  ; les expériences faites en Autriche sur une machine horizontale de MM. CARRETT et MARSHALL, de Leeds, démontrent qu'elle dépensait environ 1 kilog.  $2/10$  par cheval indiqué et par heure ; les machines à balancier de MM. CARRELS, de Gand, dépensent au plus 1 kilog.  $1/2$  par force de cheval utile ; celles de MM. HOUGET et TESTON, de Verviers, 1 kilog.  $2/3$  ; MM. RENS et COLSON, de Gand (successeurs de M. G. Scribe), affirment, d'après des expériences faites sur leurs machines en marche dans des filatures, que la consommation était de  $1^k,79$  par heure et par cheval effectif. Nous pourrions multiplier les exemples qui feraient voir que la consommation, en général, est réduite d'au moins 50 p. 0/0 depuis Watt.

Ces chiffres ont une grande importance, si l'on se place au point de vue de ceux qui craignent de voir un jour le combustible manquer à l'industrie. Mais ils n'ont guère de valeur à l'égard de la comparaison à faire entre les machines motrices considérées indépendamment des générateurs à vapeur. Souvent, le constructeur de machines ne fournit, ni la chaudière, ni même les dessins de la chaudière, ou de son installation. Dans ce cas, s'il y a économie ou surcroît de dépense, à qui faut-il l'attribuer ? A notre sens, il faudrait faire connaître pour toute machine : 1<sup>o</sup> le coefficient de rendement de la chaudière ; 2<sup>o</sup> celui de la vapeur ; 3<sup>o</sup> celui du mécanisme ; 4<sup>o</sup> la consommation en vapeur, en graisse ; les frais d'entretien et d'amortissement ; le tout basé sur des expériences prolongées et dans les conditions ordinaires, et non pas sur un essai fait à la hâte.

Tant au point de vue scientifique qu'au point de vue industriel, il est regrettable que les constructeurs négligent de faire de continues expériences sur les machines qu'ils fournissent. Ils se retranchent le plus puissant moyen de s'éclairer eux-mêmes sur les qualités et les défauts des dispositions adoptées : ils négligent une légère dépense qui leur amènerait, sans aucun doute, de grands profits, et ils privent la théorie d'un élément essentiel d'appréciation, l'expérience.

Toutefois, nous sommes heureux de pouvoir citer, en Belgique, des constructeurs, et entre autres MM. Houget et Teston, de Verviers, qui n'hésitent pas à faire des essais multipliés et qui se mettent ainsi à l'avant-garde du progrès. Les premiers, ils ont supprimé le graissage du cylindre qu'on croyait indispensable pour la bonne marche d'une machine, et l'expérience a confirmé leur opinion sur l'inutilité de cette dépense. C'est également à eux que l'on doit la construction des manomètres horizontaux auxquels on prédisait pourtant peu d'avenir. En France, MM. Farcot doivent à leurs nombreuses expériences l'ex-

tension que prend l'emploi de leur système de détente qui a trouvé une foule d'imitateurs, sinon de contrefacteurs. Mais, dans cette voie expérimentale, les Anglais restent toujours nos maîtres.

A part quelques exceptions, nous n'introduisons guère de procédés nouveaux qu'après nous être assurés que d'autres ont réussi dans leur application. C'est plus sûr ; mais qui ne risque rien, ne gagne rien. Puis, nos inventeurs perdent dans leurs recherches un temps précieux, tandis qu'un seul essai pourrait leur démontrer l'impossibilité du système qu'ils poursuivent, ou les éclairer sur les moyens de le réaliser. L'anglais, au contraire, s'empresse de soumettre ses inventions à l'expérience ; s'il ne réussit pas du premier coup, il cherche la cause de son insuccès, essaie de nouveau, persévère et finit presque toujours par trouver. S'il échoue en dernière analyse, il a du moins acquis une expérience qui ne lui fera pas défaut à la première occasion. La hardiesse ne manque pas plus au capitaliste qu'à l'inventeur. Depuis que Watt a trouvé Boulton pour l'aider, il n'est guère d'inventeur qui, après s'être ruiné, ou même en avoir ruiné d'autres avec lui, ne trouve encore des capitaux à risquer, et ne termine par arriver à la fortune. Et jamais on n'en voit qui réclament l'aide du gouvernement. Ils ont confiance en eux-mêmes, parce qu'ils ne peuvent se manquer à eux-mêmes ; et les résultats auxquels ils parviennent, démontrent pratiquement et surabondamment combien ils ont raison.

Les ateliers de construction de machines de l'Angleterre ont encore une méthode que nous ne saurions trop recommander, et qui est aussi celle des ateliers belges et français que nous citions tout-à-l'heure. En général, chaque atelier construit son genre de machines et pas d'autre ; il crée un système, le travaille, le retourne dans tous les sens, le pousse jusqu'à ses dernières conséquences, le perfectionne jusqu'au dernier degré. De la sorte,

il réduit au minimum le capital dormant ; les ouvriers s'y perfectionnent eux-mêmes, et à force de faire toujours la même pièce, ils arrivent à y mettre une dextérité et une habileté surprenantes. Chez nous, au contraire, en général chaque atelier accepte tout genre de commandes ; et cherche à justifier cette marche par le peu d'étendue du marché. Mais notre marché sera grand, quand nous fournirons aussi bien et à aussi bas prix que les Anglais ; quand nos inventeurs essaieront et fabriqueront eux-mêmes leurs produits, afin d'en faire une étude continue et personnelle, de poursuivre leur but à travers toutes les difficultés, de perfectionner les moindres détails ; en un mot, d'empreindre fortement leur invention de leur propre originalité ; au lieu de laisser à d'autres, qui ne les comprennent peut-être pas, le soin d'achever leurs œuvres. Les capitaux ne se défient que des inventeurs timides ; ils ne font jamais défaut à ceux qui, ne reculant devant aucune peine, sont doués d'une persévérence énergique. Les acheteurs ne manqueront jamais à l'atelier qui ne ralentit jamais ses efforts dans l'étude des perfectionnements à apporter au seul système qu'il livre au commerce.

Ces observations concernant les ateliers anglais, s'appliquent également aux constructeurs américains, qui sont arrivés à pouvoir livrer leurs machines à des prix comparativement bas. Tous ceux qui ont visité le secteur américain, ont remarqué, sans aucun doute, une machine horizontale qui paraît toute dorée et argentée, entretenue avec le dernier soin, marchant d'une manière parfaite. Qui ne sera étonné en apprenant que cette espèce de bijou, de la force de 30 chevaux, ne coûte, à Paris, que 10.000 francs, c'est-à-dire 330 francs par cheval de force nominale. Et que l'on n'imagine pas que c'est une exception produite en vue de la circonstance : toutes les machines du même atelier sont les mêmes et les machinistes les entretiennent avec le même soin, sans qu'il en

coute au propriétaire un centime de plus que chez nous.

La simplicité des organes qui la composent est telle que tout ouvrier saurait la conduire, et qu'il n'est pas nécessaire de la confier à un machiniste dont le salaire est toujours élevé.

---

A l'Exposition française de 1839, on remarquait plus de 200 moteurs à rotation directe ou oscillants sur pivots ou sur rotule ; et on ne trouvait qu'une seule machine horizontale, celle des frères Schneider. Les Expositions universelles ont démontré que les premiers systèmes deviennent de plus en plus rares, car, à Paris, nous n'en n'avons vu que quatre qui méritent d'être mentionnés ; les seconds semblent aussi disparaître et ne sont plus, pour ainsi dire, employés pour machines fixes. Au contraire, grâce aux puissants efforts des Stephenson, des Farcot et autres, les machines horizontales tendent à détrôner toutes les autres. Ce sont certainement les plus nombreuses parmi celles que l'on voit au Champ-de-Mars. Le chiffre d'affaires de la maison Le Gavrian et C<sup>ie</sup>, de Lille, qui fournit des machines principalement aux filateurs, montre également que leurs efforts ont réussi à peupler ces manufactures de machines horizontales, qui marchent avec autant de régularité que les machines à balancier, sont moins coûteuses et plus faciles à surveiller.

Le régulateur de Porter commence à le disputer à celui de Farcot ; mais le système de détente de ce dernier est toujours le plus employé. Qui ne comprend, en effet, toute la perte qu'il y a à régulariser la marche par l'étranglement de la vapeur, et, par conséquent, toute l'économie que l'on peut réaliser en régularisant par la fermeture plus ou moins prompte des orifices d'admission. L'idée de M. Farcot a été des plus heureuses, et le succès l'a bien démontré. Le système de régularisation d'Allen est

le même ; mais son système de détente et de tiroirs ne paraît pas avoir également bien réussi, si on en juge d'après les machines exposées. Cependant, la compagnie Whitworth, de Manchester, qui exploite le brevet d'Allen, affirme que ses machines sont beaucoup demandées en Angleterre, et que s'il n'y en a qu'une seule à l'Exposition de Paris, c'est parce que la maison Whitworth, la seule qui en construise, n'y a amené que celle-là.

Les constructeurs semblent avoir compris toute l'économie que l'on peut réaliser en employant de hautes pressions, concurremment avec la condensation et une détente fort prolongée, réglée du reste par le régulateur. C'est là le système de machines le mieux représenté. En général, le condenseur est à double effet, à introduction d'eau en pluie et non pas à refroidissement par surface. Les tiroirs ont du recouvrement à l'intérieur et à l'extérieur, et la vapeur est comprimée à la fin de la course ; il y a avance à l'émission. Les lumières sont multipliées afin de réduire la course des excentriques, tout en augmentant la section des orifices d'introduction ; et pour que le frottement des glissières ne soit pas exagéré par les trop grandes dimensions des tiroirs, ceux-ci sont presque toujours équilibrés. Enfin, il n'est presque pas de machines qui n'aient une chemise de vapeur, alimentée directement par la chaudière, et où la vapeur se dépouille de l'eau qu'elle a entraînée, avant d'arriver dans la chappelle de distribution. En outre, il y a une enveloppe de matières non conductrices à la paroi cylindrique tout au moins ; nous n'avons vu qu'une seule machine dont les fonds mêmes du cylindre fussent également enveloppés.

Nous signalerons comme très-remarquable, la machine horizontale de M. H.-D. Schmid, de Vienne, dont toutes les pièces sont en acier fondu. Les pièces mobiles sont ainsi réduites à la plus grande légèreté, tout en conservant une grande solidité. De plus, leur frottement doit être consi-

dérablement atténué et surtout le travail de ces frottements, le coefficient de frottement de l'acier étant moindre que celui du fer et les chemins décrits étant réduits autant que possible.

#### Description des moteurs fixes à vapeur.

MACHINE HORIZONTALE DE MM. HOUGET ET TESTON , DE VERVERIERS. — Cette machine , de la force nominale de 50 chevaux, met en mouvement les métiers exposés dans le secteur belge. Celle de 40 chevaux, qui actionne les machines des États du nord de l'Allemagne, sort des ateliers de la succursale d'Aix-la-Chapelle , qui a pour firme Demeuse , Houget et C<sup>e</sup>. La planche 15 représente la machine de 50 chevaux ; les planches 16 et 17 représentent la même machine placée sur sa chaudière et formant ce que les constructeurs appellent une machine demi-fixe. Comme on le voit , c'est simplement une machine horizontale à deux cylindres , à détente variable , à condensation.

Les cylindres sont munis d'une enveloppe de vapeur alimentée par la chaudière elle-même. Ils sont coulés d'une seule pièce avec leur enveloppe et un réchauffeur tubulaire placé entre eux pour utiliser la vapeur d'échappement au réchauffement de l'eau d'alimentation. Les cylindres ont une seconde enveloppe de flanelle goudronnée et de bois. Nous ne devrions guère mentionner cette particularité ; car il est évident que cette enveloppe est une pièce essentielle d'une machine à vapeur et qu'on doit toujours s'attendre à la trouver. Il faut bien le dire cependant , il y a dans le Palais de l'Exposition, des machines qui prétendent concourir et qui n'ont pas d'enveloppe de matières non conductrices. La vapeur venant de la chaudière dans l'enveloppe des cylindres , pénètre dans les cavités de la boîte de distribution et de son couvercle et passe de là dans une cloison creuse qui sépare

les deux groupes de tiroirs. Elle arrive à ceux-ci à travers une soupape à double siège que le régulateur peut ouvrir et fermer dans les cas exceptionnels où la régularisation par la détente serait insuffisante.

Les tiroirs sont du système Farcot et équilibrés. Leur commande se compose de deux roues d'engrenages E de même diamètre que les roues E' calées sur l'arbre moteur, entre les deux manivelles. Le bouton de la bielle de commande sert de cale à la roue E. Deux pignons coniques, dont l'un est calé sur l'axe de la roue E, donnent le mouvement au régulateur du système de Porter, qui agit sur les cammes de détente, par l'intermédiaire d'un jeu de leviers et bielles. Comme on le voit, la distribution et la régularisation s'opèrent sans excentrique, ni courroie, et la disposition compacte de la machine a un caractère de symétrie qui plait à l'œil. L'eau provenant de la condensation de la vapeur dans les boîtes de distribution est recueillie dans un creux qui y est ménagé et qui se purge dans le réchauffeur par une soupape conique que l'on manœuvre au moyen du petit volant V.

L'arbre est doublement coudé. Les bielles ont une longueur de 1<sup>m</sup>,50, soit six fois la longueur de la manivelle. Leur section est ronde ; leur diamètre est de 7 centimètres près de la crosse, de 9 centimètres au milieu, de 8 centimètres près de la tête. Aux deux extrémités de l'arbre, et placés en porte-à-faux, se trouvent les volants-poulies dont la jante pèse environ 1.600 kilog. La largeur de la poulie est de 36 centimètres. Le diamètre des tourillons de l'arbre, comme celui des tourillons des têtes de bielle, mesure 15 centimètres. Le diamètre des poulies est de 1<sup>m</sup>,65.

Le palier du milieu de l'arbre moteur est relié au bâti, sorte de poutre creuse d'une grande rigidité, qui, à son autre extrémité, supporte les cylindres ; de telle façon que la machine offre un ensemble compact et très-solide. Les supports des guides du piston sont, d'une part, attachés

aux couvercles des cylindres et, d'autre part, au bâti. Une fondation en forme de T supporte les deux paliers extrêmes de l'arbre et est reliée au bâti. Les cylindres trouvent encore un appui sur le condenseur. Ainsi disposée, la machine n'occupe qu'un espace de 4<sup>m</sup>,50 de longueur sur 2<sup>m</sup>,90 de largeur. Sa hauteur, de 2 mètres environ, permet l'accès de toutes les parties et même du condenseur qui est en dehors du sol et des maçonneries.

Le condenseur est une caisse rectangulaire, en partie plongée dans de l'eau froide qui y est injectée, dans un état de division extrême, par des rainures faites dans deux tuyaux emmanchés l'un dans l'autre. L'un de ces tuyaux est fixe, tandis que l'autre peut tourner sur lui-même, sous l'action d'une manette M qui sert à régler la quantité d'eau injectée. Les deux pompes à air, placées de part et d'autre du condenseur, sont venues de fonte avec lui. L'eau, échauffée par la condensation de la vapeur, est refoulée dans un double fond, d'où une partie est puisée par les pompes alimentaires ; l'autre s'évacue par un trop plein situé sous l'appareil. Les pompes alimentaires envoient l'eau dans l'appareil alimentaire dont nous donnerons la description plus loin. Ces pompes sont fixées, d'un côté, à la maçonnerie et, de l'autre, à un socle formant bulle d'air. Leurs pistons, placés dans le prolongement de ceux des pompes à air, servent de guides à ces derniers. Leur manœuvre s'exécute par un balancier vertical A, oscillant sous l'action d'une bielle B, articulée sur le prolongement du goujon de la tête du piston moteur correspondant.

Le diamètre des pompes à air est de 17 centimètres ; leur course, de 30 centimètres. Le diamètre des pompes alimentaires est de 4,6 centimètres ; leur course, de 30 centimètres.

Le diamètre des cylindres moteurs est de 36 centimètres ; la course des pistons de 50 centimètres. La pres-

sion de la vapeur est de 6 atmosphères, et le degré de vide du condenseur, de  $1/10$  atmosphère. La machine exécute 72 révolutions par minute. Si l'admission est de la moitié de la course, la force de la machine est de 96 chevaux, et si elle est d'un dixième, la force est de 36 chevaux.

Dans la machine prussienne, le diamètre du cylindre est de  $0^m,36$ ; la course du piston, de  $0^m,80$  et le nombre de tours par minute, de 45. Sans condensation, sous une tension de 6 atmosphères, la force réelle de cette machine est de 102 chevaux à pleine pression, et de 41 chevaux pour  $1/5$  d'admission.

Les planches 16 et 17 représentent la même machine assise sur sa chaudière et sans condensation. Le cylindre est fixé à un châssis boulonné sur la chaudière multitubulaire, et un support à trois bases, boulonné également à la chaudière, porte l'extrémité du bâti et les paliers du volant. Les pompes alimentaires sont commandées par les bouts de l'arbre coudé. Bien que la condensation ne soit pas appliquée à ces machines, les expériences ont démontré qu'elles ne consomment que  $1^k\ 2/3$  de charbon par heure et par cheval.

Nous ferons remarquer les bonnes proportions de la chaudière et surtout le système de tubage employé, celui de M. Bérendorf, de Paris. C'est le seul système qui permette un nettoyage prompt et facile des tubes. Un bon ouvrier peut démonter, nettoyer et remonter les tubes en un jour. Avec ce système, on peut affirmer la supériorité des chaudières multitubulaires, même comme chaudières fixes. La machine et sa chaudière n'occupent ensemble qu'un espace de 8 mètres sur 3.

La graisse employée par MM. Houget et Teston mérite aussi une mention spéciale. Il ne sera pas sans intérêt, croyons-nous, de la signaler à l'attention des industriels. Elle est de l'invention de M. Auguste Korff, de Brême, qui la livre à raison de 104 francs les 100 kilog. Elle a la

consistance du beurre dans une chaude journée d'été et elle est fort légère. Elle se place dans des godets munis d'un trou assez grand pour qu'elle descende facilement quand le tourillon tourne, et au fur et à mesure qu'il en est besoin. Elle présente donc sur les huiles, ce grand avantage de ne pas se dépenser quand le tourillon est suffisamment lubrifié. On a imaginé bien des godets à l'huile qui devaient ne laisser arriver la matière lubrifiante qu'autant qu'il en fallait pour un graissage suffisant ; mais ordinairement le conduit est fort large et le but économique est manqué ; ou bien il est trop étroit, il s'obstrue, et le graissage est insuffisant. Les autres graisses que nous connaissons ont le défaut d'être trop consistantes, et il faut une certaine pression exercée à la surface pour les faire descendre au tourillon. Avec la graisse fabriquée par M. Korff, cette pression n'est nécessaire que pour les paliers dont le chapeau est fort haut, et, sauf ce cas exceptionnel, elle descend fort bien à mesure qu'elle se consomme, sans qu'il soit besoin de la pousser.

Elle devient liquide à 81 degrés centigrades ; elle ne sèche pas, elle n'est pas résineuse et ne gèle pas en hiver sous un froid de 15 degrés. Toutefois, elle ne peut convenir pour des bourrages chauffés, ni pour des mouvements de va-et-vient trop rapides.

La maison Houget et Teston emploie cette matière lubrifiante pour le graissage de la machine à vapeur qui fait marcher ses ateliers et pour les paliers de la transmission. Elle a comparé la dépense de graisse Korff avec la dépense d'huile qu'elle faisait autrefois. Un petit godet graisseur Coquatrix, placé sur le coussinet de la bielle de la machine à vapeur, devait, auparavant, être rempli d'huile tous les quarts de jour ; le même godet rempli de graisse de Korff suffit maintenant pour sept ou huit jours. Les divers godets placés sur les arbres de transmission usent en volume 4, 8 et même 10 fois moins de graisse que d'huile. Et il faut remarquer que le poids spécifique

de la première est moindre que celui de la dernière (1).

La pl. 18, fig. 1 et 2, représente l'appareil alimentateur-automatique qui est appliqué aux chaudières de MM. Houget. Il consiste en un récipient clos B, en communication

(1) Frappé de ce résultat, nous nous sommes procuré la circulaire de M. Korff dont nous extrayons les quelques indications suivantes, que nous recommandons à l'attention de tous ceux qui emploient des machines petites ou grandes.

Pour employer la graisse dans des paliers ordinaires où le godet est venu de fonte avec le chapeau, et où l'huile arrive par une mèche passant par une tubulure vissée dans le trou du chapeau, il faut ôter la tubulure et la mèche, et remplir le godet de graisse et placer à la surface un disque un peu lourd qui la force à descendre jusqu'à l'arbre. Pour en assurer postérieurement la descente, il est bon de laisser au conduit, au-dessus et en dessous, une partie conique et évasée. Evidemment les coussinets supérieurs doivent être pourvus de rainures dites pattes d'araignée. Il faut éviter soigneusement tout espace vide entre le chapeau et le coussinet, ce qui n'existera jamais dans un palier bien ajusté, sans quoi le graissage ne se ferait point.

Pour des paliers munis d'un trou au chapeau, destiné à recevoir un godet de forme quelconque, M. Korff recommande pour la simplicité un petit godet, ou boîte, qui n'offre aucune particularité, si ce n'est que le dessus de son conduit est évasé.

Pour les pièces où l'on n'emploie pas de godets, comme, par exemple, celles des machines-outils, il suffit de remplir de graisse le trou à l'huile ; et pour les crapaudines ouvertes, il suffit d'en enduire le tonrillon ou le pivot. Pour des arbres de grand diamètre, ou marchant très-vite, M. Korff recommande de laisser continuellement reposer à la surface de la graisse un disque d'environ 5 millimètres d'épaisseur.

L'économie dépend surtout des dimensions du conduit à graisse. Par de longues expériences, M. Korff a constaté que pour de petites vitesses et pour le cas où il y a peu de secousses au palier, il est bon d'adopter les dimensions suivantes :

DIAMÈTRE DES ARBRES.	DIAMÈTRE DU CONDUIT.
Jusque 50 millim. . . . .	8 millim.
De 50 à 100 millim. . . . .	10 —
De 100 à 150 — . . . . .	12 —
150 millim. et plus. . . . .	14 —

Pour de grandes vitesses ou un tremblement sensible du palier, les diamètres des conduits peuvent être un peu plus petits. Si les coussinets ont une longue portée, il est bon d'adapter plusieurs godets sur la longueur.

Pour donner une idée exacte de l'économie qui résulte de l'emploi de la graisse de M. Korff, nous rapportons le tableau des expériences que l'in-

avec une bâche et avec la chaudière. C'est dans la bâche, qui se trouve placée à un niveau supérieur, que

génieur Bach a faites dans une tissanderie de Linden, près de Hanovre :

DIAMÈTRE en millimètres.		NOMBRE de tourni- lles par minute.	Tremblement.	Género d'arbre.	Goulets graisseurs.	Diamètre des conduits.	Quantité d'huile en onces.	Durée des expériences en jours.	Valeur de l'huile en francs.	Valeur de la graisse.	Béconome : tout pour 1.
2	340	24	assez fort.	volant.	7	9,6	3,90	4,8	0,36	16	
7	453	90	très-fort.	trans- mis- sion.	10	150	9,40	6	3,13	3	
36	75 à 430	90 à 120	fort.	•	10-7	720	36	36	4,50	24	
2	90	144	faible.	•	10	430	2,2	70	8,40	0,12	75
1	130	90	•	•	10	46	0,55	32	3,50	0,034	100
1	90	108	•	•	7	10-7	0,70	42	4,75	0,036	130
1	100	90	moyen.	•	•	•	•	•	400,00	6,25	280 fr.
1	60	120	•	•	•	•	•	•	400	et 114 fr.	écono- misés.
450	6 à 100	90 à 120	fort.	•	•	6400	120	102	400,00	1720	onces d'huile.

les pompes alimentaires amènent l'eau, qui passe de la bâche dans le récipient B par un conduit C et par la soupape K. Son niveau s'élève graduellement dans le récipient, et le petit flotteur D', glissant le long de la tringle E'''', en suit le mouvement. Aussitôt que le petit flotteur D' a touché le levier E'', il le soulève et dégage du même coup le levier E qu'un talon I retenait par son extrémité. A ce moment, le grand flotteur D, pouvant agir sur le levier E l'entraîne, le soulève et ouvre les soupapes L, en même temps qu'il ferme la soupape K. La communication de la bâche avec le récipient est ainsi interceptée en même temps que la communication du récipient avec la chaudière est ouverte. La vapeur afflue dans le récipient et y établit la même pression que dans la chaudière, où l'eau du récipient descend par son propre poids en passant par les soupapes M et O. Cette dernière soupape est commandée par le flotteur P qui, suivant les fluctuations du niveau de l'eau dans la chaudière, la ferme ou l'ouvre selon le plus ou moins d'eau nécessaire à la production de la vapeur. Pendant que le niveau de l'eau baisse dans le récipient, le petit flotteur D' descend en glissant le long de sa tringle, vient rencontrer le petit écrou fixé au bas de celle-ci et fait de nouveau déclencher le grand flotteur D qui, en retombant, ferme les soupapes L et ouvre la soupape K. La vapeur qui se trouvait dans le récipient, vient abandonner sa chaleur à l'eau de la bâche. Comme alors, l'appareil se retrouve dans la position d'où nous sommes partis, son jeu recommence.

---

On employait autrefois, pour la machine à vapeur de 150 chevaux, 42 1/2 kilog. d'huile par mois; on n'emploie maintenant que 2 1/2 kilog. d'huile et 1/8 kilog. de graisse de Korif. M. Bach ajoute qu'en appropriant mieux les trous des godets, l'économie serait plus notable encore. Et les ingénieurs de la maison Houget et Teston pensent que si les résultats qu'ils ont obtenus sont moins élevés que ceux de M. Bach, c'est que celui-ci employait des godets perfectionnés appelés graisseurs Coquatrix. Quoi qu'il en soit, l'économie est assez notable pour que l'on y prenne garde.

L'emploi de cet appareil supprime le travail perdu des pompes qui alimentent directement la chaudière. L'eau se dépouille dans la bâche d'une bonne partie des matières incrustantes qu'elle renfermait. L'alimentation automatique est beaucoup plus certaine que celle qui serait réglée par un chauffeur. Enfin, l'appareil peut servir de compteur dans le cas où l'on voudrait faire des expériences pour connaître le pouvoir vaporisant de la chaudière. En effet, le niveau supérieur et le niveau inférieur de l'eau dans le récipient sont constants. La quantité d'eau introduite à chaque fonctionnement des flotteurs est donc toujours la même. Si l'on a jaugé cette quantité et compté le nombre de fois que les flotteurs ont joué, on connaît la quantité d'eau introduite dans la chaudière. L'appareil est muni d'un compteur qui permet de lire sans peine le nombre de fois que les soupapes se sont ouvertes et fermées.

Toute chaudière devrait être munie d'un semblable compteur, et les propriétaires devraient perpétuellement mesurer et la quantité d'eau vaporisée et la quantité de houille employée à la vaporisation. Nul doute qu'ils ne s'éclaireraient, par là, sur les moyens à employer pour réaliser de notables économies.

MM. Houget et Teston exposent aussi un modèle de pompe centrifuge actionnée par la locomobile de 8 chevaux placée près des chaudières. Cette pompe est du système bien connu, mis en honneur par Appold en 1851. Sa construction est parfaite comme, du reste, celle de toutes les machines pour filtrations que la même maison expose et qui ont une grande renommée.

MACHINE HORIZONTALE DE MM. LE GAVRIAN ET FILS, DE LILLE. — Cette machine donne le mouvement à une partie des machines-outils exposées dans le secteur français. Elle n'a qu'un seul cylindre, mais l'arbre, le volant et toutes les pièces sont calculées et disposées pour une machine jumelle du système employé ordinairement par la maison Le Gavrian et fils.

D'après les constructeurs, la force *nominale* de cette machine est de 60 chevaux et sa force *théorique* de 100 chevaux ; de manière que si elle était jumellée, sa force serait nominale de 120 chevaux et théoriquement de 200. Le terme *force nominale* est trop vague et j'ignore ce qu'il signifie, en France surtout. En Angleterre, les constructeurs estiment la force nominale de leurs machines, chacun à sa façon et d'après les dimensions seules du cylindre, afin d'estimer leur prix ; absolument comme s'ils estimaient cette force au poids de la machine. L'amirauté a bien donné une formule d'après laquelle la force nominale serait proportionnelle simplement à la surface du piston moteur ; mais la pression, la longueur de la course, le nombre de tours n'y interviennent pas, de manière que la force nominale donne tout au plus une vague idée des dimensions. MM. Le Gavrian et fils affirmant que le travail disponible sur l'arbre moteur est de 100 chevaux de 75 kilogrammètres par seconde, lorsque leur machine exposée marche à 6 atmosphères et à grande détente, c'est ce chiffre que nous adoptons. Du reste, voici les dimensions principales : le diamètre du piston mesure 0<sup>m</sup>,80 ; sa course, 1<sup>m</sup>,40 ; et le nombre de tours est de 32 par minute en marche normale.

Tous les organes de la machine reposent sur un fort bâti en fonte coulé d'une seule pièce. Le cylindre a une enveloppe où la vapeur de la chaudière se rend directement avant d'entrer dans la boîte de distribution. La distribution et la détente s'opèrent au moyen de tiroirs du système Farcot et dont l'un est commandé par un excentrique et permet l'arrivée, ou l'échappement de la vapeur, pendant toute la course du piston. La camme dont la position détermine le degré d'expansion, doit être tournée de façon à ne plus rencontrer les glissières à détente, lorsque l'on veut arrêter la machine. Alors la marche est à pleine vapeur, de manière que l'on peut facilement la remettre en train. L'admission peut varier depuis 1/20 jusque 1/5 de la

course, et les constructeurs conseillent la première comme la plus économique. L'espace mort des cylindres est réduit autant que le permet leur forme. Le cylindre est en fonte très-dure.

Le piston, du système suédois, a trois larges cercles parfaitement rodés en fonte douce, et il est lui-même en fer forgé évidé, ce qui permet de réduire son poids au minimum (voir fig. 1). Les couvercles du cylindre ont des parties renflées de manière à s'adapter aux creux laissés par l'évidement du corps du piston.

Le régulateur est un simple pendule conique de Watt à boules très-fortes et, par conséquent, très-sensible. La résistance du manchon est réduite autant que possible par la position même du régulateur qui est tout près de la valve, ce qui évite les longs leviers et intermédiaires. La valve papillon est du système Dugdale, c'est-à-dire qu'elle est attaquée près de sa circonférence et non à son axe. Par cette disposition, elle offre moins de résistance et décrit des arcs plus grands pour une même excursion du manchon. Comme les boules marchent à une très-grande vitesse et sont très-lourdes, que, de plus, les résistances sont réduites à leur minimum, il était nécessaire de modérer le mouvement du manchon et d'en empêcher les soubresauts. A cet effet, les constructeurs ont placé un contre-poids mobile à volonté sur le levier d'oscillation. Les constructeurs, pour démontrer la sensibilité de l'appareil régulateur, ont, dans plusieurs expériences, fait varier brusquement l'admission depuis 1/20 jusqu'à la pleine course, pendant que la machine était en marche et chargée, et la vitesse n'a pas été sensiblement altérée.

Le volant denté est d'une très-grande puissance, puisqu'il convenait à une machine jumelle de force double. Aussi, la rondeur de mouvement est-elle parfaite. Mais pour une machine double, il ne serait pas encore trop petit, les manivelles étant calées à angle droit; il est à supposer que si la machine jumelle était complètement

montée , le mouvement ne serait pas moins régulier.

L'arbre moteur et la manivelle sont en fer forgé. Les coussinets des paliers se composent de quatre pièces dont l'usure est très-facile à rappeler. Dans ce but, il suffit de limer leurs faces de joint et , en serrant le chapeau, les coussinets par leur forme extérieure qui est excentrée, se rapprocheront concentriquement de la gorge de l'arbre. Celle-ci est très-longue.

La tige du piston et le bouton de la manivelle sont en acier. La crosse et la bielle , en fer forgé. La bielle est méplate, beaucoup plus haute que large , à tête fermée dont la clavette se serre au moyen d'un double écrou.

Évidemment une détente aussi prolongée que celle que M. Le Gavrian recommande , n'est possible qu'avec un système de condensation parfait. L'eau froide de condensation arrive en jet divisé à travers la vapeur d'échappement dans un vase de grandes dimensions. La pompe à air est aussi très-forte. Elle est horizontale, à double effet, avec un piston suédois dont les cercles sont en bronze. Le vide obtenu est de 70 à 73 centimètres. La disposition du condenseur de la pompe à air et des autres pièces, facilite l'accès et le nettoyage de tous leurs organes. Les leviers de mouvement de la pompe à air sont entièrement sous la main, et leur axe est maintenu par deux douilles attachées au bâti même et par un troisième palier à serrage , le tout au-dessus du sol. Quoique au-dessous du sol, le condenseur est facilement abordable et, du reste, visible par le plancher à jour qui le recouvre.

Les constructeurs ont obtenu le grand prix de 10.000 fr. de la Société d'encouragement , à la suite d'une épreuve dans laquelle la machine ne consommait que 1<sup>4</sup>,250 par force de cheval mesurée au frein. Ils garantissent aujourd'hui pouvoir faire descendre la consommation à 1 kilog. seulement, dès que la chaudière fonctionne dans de bonnes conditions. Le prix des machines est, du reste, peu élevé : la machine exposée jumelée coûterait 60.000 fr. pour 200 chevaux de force.

MACHINES A BALANCIER JUMELÉES DE M. CH. CARELS, DE GAND. — Cette machine, de la force nominale de 100 chevaux, est destinée à activer le filature de MM. Van der Smissen frères, d'Alost. Elle est du système de Woolf, à grande détente, le plus économique de tous. Sa construction est simple, parfaitement raisonnée et élégante ; les pièces, exécutées avec le plus grand soin, accusent autant d'habileté chez les ouvriers que le fini des détails annonce d'expérience chez le constructeur.

Les planches 19 et 20 représentent les vues d'ensemble et de détails de cette machine. La fig. 4 représente le petit cylindre et sa distribution ; la fig. 5, le grand cylindre. Le diamètre du petit cylindre est de 44 centimètres ; la course du piston, de 1<sup>m</sup>,32. La boîte à distribution est d'un système spécial, perfectionné par M. Carels. Un diaphragme D, percé d'ouvertures rectangulaires, la divise en deux compartiments, l'un, où se meut le tiroir de distribution T, équilibré entre la table de la boîte et la paroi du diaphragme ; l'autre, où se meut le tiroir à détente. équilibré également entre la seconde paroi du diaphragme et une plaque spéciale a. Le tiroir de distribution est commandé par un excentrique E et un levier L. Le diaphragme D n'est pas fixe, il forme le fond d'une espèce de double boîte rectangulaire dans laquelle le tiroir de distribution est ajusté à frottement doux ; la boîte est munie de bords qui s'appuient contre la table du cylindre, afin de lui rendre au besoin du tirage. Le tiroir de détente t est, comme le premier, ajusté à frottement doux et fermé par le couvercle a, maintenu par des boulons, de manière que le rappel de l'usure est très-facile. Il est commandé par une camme ou heurtoir C dont la forme est telle que l'on puisse par son moyen obtenir trois degrés différents de détente ; il suffit, pour changer l'admission, de faire glisser cette camme sur une cale fixée à l'arbre. Le premier étage permet l'admission de la vapeur pendant le quart de la course ; le second, pendant la moitié, et le troisième, pendant les deux tiers. Chaque étage se com-

pose de deux bossages, l'un pour l'admission de la vapeur, l'autre pour rappeler le tiroir dans la position qu'il occupait avant l'ouverture des lumières, c'est à-dire pour régler le degré de détente. Le mouvement de la camme est transformé par l'intermédiaire d'un cadre guidé H, très solide, muni de galets d'acier en contact continual avec les bossages de la camme, de façon que le mouvement se communique sans aucun choc, et les lumières se ferment et s'ouvrent sans qu'il soit besoin d'employer aucun ressort. Les boîtes à bourrage servent de guide aux tiges des tiroirs ; leur disposition mobile est fort remarquable. Les passages de la vapeur sont un peu trop longs. On a cherché à réduire l'espace mort au-dessus et au-dessous du piston ; mais ce n'était pas tout, on devait encore et on pouvait, nous semble-t-il, rapprocher la boîte à distribution de l'axe du cylindre.

Le diamètre du grand cylindre est de 75 centimètres, et la course du piston de 1<sup>m</sup>,75. Son volume est de 0<sup>m<sup>3</sup></sup>,773. Celui du petit cylindre étant de 0<sup>m<sup>3</sup></sup>,205, le rapport de ces volumes est 3,77 ou environ 4. Si donc la vapeur est admise pendant 1/3 de la course dans le petit cylindre, la détente totale est de 12 fois le volume primitif de la vapeur.

Le grand cylindre a une enveloppe et le petit n'en a pas. A notre sens, c'est le contraire qui devrait avoir lieu. En effet si, du côté de la face du piston en communication avec le petit cylindre, il y a gain à transmettre de la chaleur à travers les parois du grand ; au contraire, il y a une perte à laisser passer de la chaleur à travers ces mêmes parois du côté du piston qui est en communication avec le condenseur. La transmission de la chaleur doit même être assez grande, puisqu'elle est proportionnelle à la différence des températures des milieux que la paroi sépare. Il y a lieu de rechercher quelle doit être la limite de l'emploi du condenseur lorsqu'il y a une enveloppe ; ou mieux quelle doit être la limite de l'emploi d'une en-

veloppe quand il y a condensation. Nous croyons qu'il est préférable d'employer la machine de Wolff sans chemise de vapeur au grand cylindre.

La vapeur qui remplit l'enveloppe des grands cylindres vient directement de la chaudière. Pour éviter les accidents qui se produisent quelquefois lorsque l'enveloppe est coulée d'une pièce avec le cylindre, M. Carels fait l'enveloppe indépendante, puis, après l'avoir fait tourner soigneusement, ainsi que le cylindre, il introduit l'un dans l'autre à la presse hydraulique. La table de la boîte à distribution du grand cylindre a cinq lumières dont une grande pour l'échappement, et deux pour chaque côté de l'entrée. Le tiroir est aussi percé de quatre ouvertures, de manière que, pour une ouverture de 6 centimètres aux passages à vapeur, le déplacement du tiroir n'est que de 3 centimètres.

La construction des pistons (fig. 6) a été l'objet de soins tout particuliers. Les cercles sont pressés par des ressorts dont les boulons sont taraudés dans un anneau libre dans l'estomac du piston. De cette manière, le serrage des ressorts est indépendant de la tige du piston, et un ouvrier peu expérimenté pourra serrer les ressorts sans craindre de faire dévier la tige ; en outre, la pression se répartit très-uniformément sur toute la surface des cercles, et l'usure est parfaitement égale.

Les parallélogrammes, les pistons moteurs et ceux des pompes ont été calculés de manière à équilibrer aussi exactement que possible le poids des bielles et des manivelles. Ainsi, on obtient la rondeur de mouvement sans qu'il soit nécessaire d'employer un fort volant. La roue dentée qui fait office de volant a un poids d'environ 6.000 kilog. à la jante. Son diamètre est de 6 mètres. Pour un arbre à deux manivelles calées à angle droit, ce poids suppose un coefficient de régularité fort élevé.

Au lieu de composer les grandes chapes du parallélogramme de brides en fer méplat, qui offrent peu de

résistance à la compression et fléchissent quelquefois, le constructeur en fait de véritables bielles à deux têtes indépendantes, dont les clavettes de serrage sont disposées de manière que le serrage n'ait aucune influence sur la distance des centres.

Les pompes à air sont placées à l'intérieur des condenseurs, afin d'occuper moins d'espace et de former un ensemble compact, quoique facilement accessible, avec les pompes alimentaires. Les clapets de retenue sont munis de plaques en caoutchouc disposées de façon à donner une levée convenable sans fatiguer la matière, ni produire le moindre bruit. La garniture des pistons est également en caoutchouc. Quant au bourrage, au lieu d'être formé de tresses de chanvre, il est composé de douves de bois qui, d'après l'expérience du constructeur, présentent de grands avantages.

Le régulateur est à bras croisés, afin d'obtenir moins de variation dans la longueur du pendule pour des écarts assez grands.

En résumé, cette machine est parfaitement étudiée, dénote beaucoup d'expérience de la part de ses constructeurs, et l'on n'est pas étonné de voir, d'après de nombreux essais, qu'elle ne consomme que 1<sup>k</sup>,5 de charbon par cheval et par heure.

MACHINE A BALANCIER DE M. LECOUTEUX, DE PARIS. — La machine exposée par M. Lecouteux est à balancier, à deux cylindres, détente variable, à condensation, de la force de 50 chevaux, sous la pression de 6 atmosphères, à raison de 30 tours par minute.

La vapeur est introduite dans le petit cylindre, pendant moins du cinquième de la course du piston, au moyen d'un tiroir portant deux glissières, qui interceptent le passage de la vapeur par leur rencontre avec une camme. C'est le système Farcot très-peu modifié. Le diamètre du piston du petit cylindre est de 0<sup>m</sup>,40, et sa course de 1<sup>m</sup>,45 ; de manière que la surface du petit piston mesure 0<sup>m²</sup>,1257, et le volume du petit cylindre 0<sup>m³</sup>,1439.

Le rapport du volume du petit cylindre à celui du grand est 9 : 32. Le diamètre du grand piston est de 0<sup>m</sup>,60, et sa course, de 1<sup>m</sup>,50 ; sa surface, de 0<sup>m<sup>2</sup></sup>,3421 et son volume, de 0<sup>m<sup>3</sup></sup>,5132.

La vapeur occupe donc dans le grand cylindre, au moment où son évacuation commence, un volume à peu près égal à 18 fois le volume qu'elle occupait au moment de son admission dans le petit. Du reste, le degré de détente varie avec les oscillations du régulateur centrifuge, et celui que nous venons d'indiquer convient à la marche normale.

Le tiroir porte six orifices d'admission, chacun de 0<sup>m</sup>,012 sur 0<sup>m</sup>,130, dont trois pour l'admission de la vapeur au-dessus du piston, et trois pour l'admission au-dessous. La surface totale des trois orifices, mesurant 0<sup>m</sup>,20047, est d'environ 1/26 de celle du piston. La lumière sur la table du petit cylindre pour l'entrée de la vapeur est de 0<sup>m</sup>,04 sur 0<sup>m</sup>,166, présentant une section de 0<sup>m<sup>2</sup></sup>,00664. L'orifice d'entrée de la vapeur, en haut et en bas du gros cylindre, est de 0<sup>m</sup>,05 sur 0<sup>m</sup>,25, soit 0<sup>m<sup>2</sup></sup>,0125 de section.

La distribution de la vapeur au gros cylindre s'opère par quatre soupapes doubles équilibrées. Les dimensions de ces soupapes et leurs levées donnent une section de passage un peu plus grande que celle des orifices d'admission.

Le condenseur est un gros tube en fonte de 0<sup>m</sup>, 22 de diamètre intérieur sur 1<sup>m</sup>,70 de longueur. Son volume est de 0<sup>m<sup>3</sup></sup>,064622. La pompe à air verticale à double effet a un diamètre de 0<sup>m</sup>,33 et la course de son piston est de 0<sup>m</sup>,75. Le volume engendré par course est donc de 0<sup>m<sup>3</sup></sup>,064175, c'est-à-dire environ 1/8 du volume du gros cylindre à vapeur.

Le modérateur, système Larivière, est disposé sur une colonne. La prise d'air sur le piston est faite par un tube central, prenant l'air de la pompe et servant de guide pour le recouvrement. Cette disposition évite l'entrée

des ordures qui, ordinairement, empêchent le fonctionnement de l'appareil et salissent le cylindre.

La longueur du balancier est de 5<sup>m</sup>,60 et celle de la bielle de 5<sup>m</sup>,01.

M. Lecouteux assure qu'avec la chaudière à foyer amovible et tubulaire du système Thomas et Laurens qu'il emploie, la consommation de sa machine ne s'élève pas même à 1 kilog. de charbon par cheval et par heure.

La surface de chauffe totale de la chaudière est de 70<sup>m<sup>2</sup></sup>, soit 1<sup>m<sup>2</sup></sup>,40 par cheval, dont 50<sup>m<sup>2</sup></sup> au vaporisateur et 20<sup>m<sup>2</sup></sup> au corps de chaudière. Le volume total de la chaudière, chambre d'eau et chambre de vapeur, est de 8<sup>m<sup>3</sup></sup>,340. La chambre de vapeur a d'assez larges proportions ; mais la chambre d'eau est petite, comme dans toute chaudière tubulaire. La surface de la grille est de 1<sup>m<sup>2</sup></sup>,15, soit seulement 2<sup>d<sup>2</sup></sup>,3 par cheval. Le tirage est forcé.

La marche de la machine de M. Lecouteux est parfaitement régulière, si l'on s'en rapporte aux expériences contradictoires qui ont été faites par des ingénieurs distingués. La consommation de combustible, d'après ces expériences, varie entre 1 kilog. et 1<sup>k</sup>,100 par cheval et par heure.

**MACHINE HORIZONTALE JUMELÉE DE MM. RENS ET COLSON, DE GAND.** —— Cette machine du système de Woolf, est à deux cylindres. Sa force est de 100 chevaux. Sa disposition est la même que celle de la machine de M. Scribe, que nous avons décrite dans la *Revue universelle* en septembre 1862. Du système de Woolf, elle est économique, parce que ce système permet l'emploi des grandes détentes sans qu'il en résulte des chocs ou des inégalités de pression nuisibles à la marche régulière et économique de la machine horizontale ; toutes ses parties, tous ses organes essentiels sont d'un accès facile, tant pour le graissage que pour les réparations. La régularité, la rondeur de mouvement sont plus faciles à obtenir des machines à balancier. Mais une machine horizontale jumelée et bien

combinée, comme l'est celle de MM. Rens et Colson, peut, avec un volant suffisant, convenir parfaitement aux filatures.

Les deux cylindres sont jointifs sur le même axe. Le grand piston est muni de deux tiges qui passent sur les côtés du petit cylindre. Ces tiges et celles du petit cylindre se réunissent à une crosse commune pour agir sur une seule bielle. Par cette disposition, les constructeurs ont évité une boîte à étoupes entre les deux cylindres et sont parvenus à guider plus parfaitement les pistons, en employant un nombre de pièces fort restreint. De plus, ils évitent l'inégalité de pression sur les deux pistons, qui offre des inconvénients réels dans les machines horizontales du système de Woolf à cylindres juxtaposés.

Le diamètre du piston du petit cylindre est de 0<sup>m</sup>,48 ; celui du piston du grand cylindre, de 0<sup>m</sup>,96 ; la course commune des pistons est de 1<sup>m</sup>,22. Le nombre de tours en marche normale s'élève à 40 par minute. Le rapport des volumes des deux cylindres est donc comme 4 : 1. On peut pousser la détente jusqu'à 10 : 1.

Les constructeurs ont adapté aux grands cylindres des soupapes de sûreté communiquant avec la décharge, afin d'éviter les effets désastreux des coups d'eau.

Des expériences comparatives faites sur cette machine ont démontré qu'elle est fort économique et que la dépense de charbon par cheval et par heure était en moyenne de 1<sup>k</sup>,79.

MACHINE VERTICALE A DEUX CYLINDRES DE M. LAROCAY-MOND, DE TOURNAY.—Cette machine, représentée en élévation pl. 21, est verticale à deux cylindres dont les manivelles sont calées à angle droit, à attaque directe. Elle repose sur des colonnes. L'arbre est à une hauteur de 3<sup>m</sup>,20 au-dessus du sol. Elle est solide, compacte, bien assise ; sa disposition et la construction de toutes les pièces sont simples et bien combinées.

Le diamètre des pistons des cylindres est de 0<sup>m</sup>,275 et

leur course, de 0<sup>m</sup>,55. La longueur de la bielle, de 1<sup>m</sup>,585, soit 5 3/4 fois la manivelle. La chapelle à tiroirs renferme un tiroir de distribution et une plaque ou glissière qui permet de faire varier l'admission de la vapeur depuis le quart jusqu'à la moitié de la course du piston. A la pression de 4 1/2 atmosphères au régulateur, et 1/4 d'admission, sans condensation, la machine exécute 60 révolutions par minute et sa force est de 22 chevaux.

Le volant, dont la jante pèse environ 1.000 kilog., marche avec une vitesse de 7 1/2 mètres par seconde à sa circonférence moyenne, ce qui est amplement suffisant pour donner beaucoup de régularité à cette machine dont la détente n'est pas poussée très-loin.

L'étoupage des pistons est fort simple : il se compose de deux cercles superposés ayant un renflement au point diamétralement opposé à la fente. Le constructeur aurait pu noyer jusqu'à un certain point les têtes des boulons qui relient les deux pièces de l'estomac du piston. Il aurait par là réduit l'espace nuisible que la disposition de la boîte de distribution rend déjà fort considérable. La manière d'attaquer les tiroirs permet de rattraper facilement l'usure de la table du cylindre, mais les tiroirs ne sont pas équilibrés.

Le régulateur est un pendule conique de Watt, fort simple et proportionné de manière à avoir un haut degré de sensibilité. Il agit sur le papillon du tuyau d'arrivée de la vapeur. On sait que ce moyen de régulariser n'est pas économique, qu'il est beaucoup préférable de faire agir le modérateur sur une camme à détente, de façon à augmenter ou diminuer l'admission, lorsque la vitesse de la machine diminue ou s'accélère.

Les cylindres sont enveloppés de corps non conducteurs et de bois. La chapelle et les tuyaux à vapeur devraient être dans les mêmes conditions. Certains constructeurs anglais prétendent même qu'il faut recouvrir de la même façon les fonds des cylindres, et nous croyons qu'ils ont raison.

MACHINE A BALANCIER DE M. SIGL, DE VIENNE. — Cette machine de 60 chevaux est du système de Woolf, à grande détente, à condensation, à balancier reposant sur une grosse colonne très-solide, quoique ne manquant pas d'élégance. Les pièces sont achevées avec tout le fini que peuvent donner les meilleures machines-outils et les ouvriers les plus parfaits. Le modèle exposé a fonctionné pendant dix ans à Vienne, et sa carrière est loin d'avoir atteint son terme.

Le diamètre du piston du petit cylindre est de 0<sup>m</sup>,435 ; sa course, de 1<sup>m</sup>,106. Le diamètre du grand cylindre est de 0<sup>m</sup>,817, la course du piston est de 1<sup>m</sup>,58. Le système de détente employé au petit cylindre est celui de Meyer, c'est-à-dire que la glissière de recouvrement des tiroirs se compose de deux pièces dont l'écartement plus ou moins grand, réglé par une vis à deux filets de sens contraires, fait varier le degré de détente. On règle à volonté le degré de détente au moyen d'un volant manivelle qui porte un indicateur de la position des glissières.

Cette machine a marché constamment à une pression de 5 atmosphères à la chaudière, à raison de 25 tours par minute, marche normale. La perfection du condenseur permettait l'emploi d'une détente très-grande. Le diamètre de la pompe à air est de 0<sup>m</sup>,422 ; la course du piston, de 0<sup>m</sup>,79. Le diamètre de la pompe à eau froide, 0<sup>m</sup>,184 ; la course de son piston, de 0<sup>m</sup>,685. Le diamètre de chacune des pompes alimentaires est de 0<sup>m</sup>,066, et la course de leurs plongeurs, de 0<sup>m</sup>,52.

La longueur du balancier est de 5<sup>m</sup>,058, et sa hauteur au-dessus de l'axe, de 0<sup>m</sup>,817. Le diamètre des tourillons de l'axe du balancier est de 0<sup>m</sup>,158. La bielle en fonte a 4<sup>m</sup>,642 de longueur. Le diamètre de l'arbre moteur aux tourillons est de 0<sup>m</sup>,263. Le poids du volant est de 10 tonnes et le diamètre de sa circonference moyenne, de 5<sup>m</sup>,058, égal à la longueur du balancier.

Si l'on examine de près ces proportions, on y reconnaît

facilement toutes celles que donne Tredgold dans son *Traité des machines à vapeur*.

MACHINES DE L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE DE MOSCOU. — L'École professionnelle de Moscou fut fondée en 1830, pour former des artisans. En 1856, elle fut transformée en une école destinée à former des mécaniciens constructeurs et des chimistes pour l'industrie privée. Les élèves, admis à l'âge de 12 ans, y restent 8 années. La matinée est consacrée exclusivement aux études ; l'après-midi, exclusivement aux travaux manuels. Ceux-ci comprennent les travaux du menuisier et du tourneur, le modelage, le moulage, le tournage du fer, l'ajustage, enfin le montage des machines, le dessin et la conception des projets. Chaque élève doit passer successivement par les différents ateliers. Aidés de 40 à 50 ouvriers habiles, les élèves confectionnent des machines à vapeur jusque 20 chevaux de force, des machines-outils, etc. C'est ainsi qu'a été faite la machine horizontale à vapeur qui figure à l'Exposition. Elle est à détente variable du système Meyer, d'une confection irréprochable. Le diamètre du cylindre mesure 0<sup>m</sup>,320 et sa course 0<sup>m</sup>,720. Sans volant, elle peut se vendre 1500 roubles. Le dynamomètre de Batschelder a été construit également par les élèves de l'École de Moscou, ainsi que les petits modèles de machines servant aux démonstrations.

L'École a 200 élèves boursiers du gouvernement et 100 pensionnaires, soit 300 internes et, en outre, 50 externes. Le gouvernement lui alloue un subside annuel de 100,000 roubles, et les ateliers produisent, en moyenne, pour 25 à 30 milles roubles par an.

MACHINE HORIZONTALE DU SYSTÈME CARRETT, MARSHALL ET C<sup>ie</sup>, DE LEEDS. — En 1862, M. de Landsheer, de Bruxelles avait exposé à Londres les dessins d'une machine horizontale, système de Woolf, à mouvement inverse des pistons, et sa machine parut si bien combinée que le Jury lui accorda une médaille. Nous avons donné les dessins

de cette machine (exposée de nouveau au Champ-de-Mars) dans notre rapport de 1862 (1); nous n'y reviendrons pas aujourd'hui. Nous rappellerons seulement les traits principaux qui la distinguent et qui lui ont bien mérité la médaille dont on l'a récompensée.

Les conduits de vapeur, qui mettent en communication les deux cylindres juxtaposés, sont réduits à leur plus simple expression, puisque la vapeur pénètre directement dans le grand cylindre du même côté que celui de la sortie du petit. Les pistons marchent donc en sens inverse, et le point mort est supprimé. Chaque cylindre a sa distribution spéciale. Le système de tiroirs employé est celui de Farcot, et le régulateur à bras croisés est du même inventeur.

Dans le secteur italien, se trouve aussi un modèle de machine horizontale que son inventeur, M. Ansaldi, de Livourne, appelle machine *sans point mort*. C'est simplement une machine de Woolf, assez mal combinée au point de vue de la détente, mais dont les deux pistons marchent également en sens inverse. L'inventeur paraît n'avoir eu aucun souci des menus détails dont l'ensemble donne la portée du génie du mécanicien. Cependant, il annonce que des expériences faites soigneusement à Livourne, ont démontré que sa machine économisait 35 p. 100 de combustible, en produisant, avec ou sans volant, une augmentation de travail de 35 p. 100 sur les machines horizontales privées du mouvement inverse des pistons. Je ne sais jusqu'à quel point il faut ajouter foi à un chiffre aussi élevé. Mais l'invention de M. Ansaldi a une précieuse qualité qu'il devrait mettre en relief beaucoup plus qu'une économie qui pourrait créer des incrédules. C'est que, par une ingénieuse disposition du mécanisme des bielles et des cylindres, il peut, à peu de frais, changer une

---

(1) *Revue universelle.*

machine horizontale actuelle en une machine sans point mort de son système. A part cela, le problème résolu par M. Ansaldi l'était depuis 1857 par M. de Landsheer, et dans des conditions d'une incontestable supériorité, et, enfin, depuis longtemps auparavant par MM. Garrett et Marshall, de Leeds, dont la spécialité, sous le rapport des machines horizontales, est précisément le système sans point mort en question.

La machine de MM. Garrett et Marshall est savamment combinée et plus compacte que celle de M. de Landsheer. Aujourd'hui, plus personne ne révoque en doute les avantages des hautes pressions et des grandes détentes avec condensation. Mais le refroidissement qui accompagne nécessairement une détente prolongée très-loin et une condensation parfaite, nécessite la réparation des deux vases dans lesquels la vapeur arrive et se détend. Il est reconnu, par là, que le système appelé système de Woolf est le plus économique de tous. Depuis longtemps, il est appliqué aux machines à balancier, et, depuis 1840 environ, on cherche à l'appliquer également aux machines horizontales. Avant cet époque, l'avenir des machines horizontales pouvait paraître douteux. On redoutait l'ovalisation des cylindres, et ce préjugé était tellement répandu, qu'en France on ne faisait pas, pour ainsi dire, de machines de ce genre ; en Belgique, assez peu ; les constructeurs anglais et américains, ainsi que les Allemands, essayaient et s'étonnaient de réussir. Tout porte à croire aujourd'hui que ces machines détrôneront un jour tous les autres systèmes.

La facilité d'accès à toutes les pièces, de surveillance, de montage, de réparation, le peu de fondations nécessaires, le nombre des pièces réduit, la stabilité, telles sont les qualités principales. L'ovalisation des cylindres est nulle, ou à peu près, dans les machines bien construites, même sans qu'il soit besoin de prolonger la tige du piston et de la faire sortir du fond du cylindre par

une boîte à bourrage. Mais les pièces mobiles n'y sont pas facilement et naturellement équilibrées comme dans les machines à balancier, et voilà pourquoi l'usage de ces dernières était encore fort répandu dans les filatures. Les machines horizontales présentaient toutefois des avantages si incontestables, si nombreux et si appréciés, que l'on devait chercher à éliminer les quelques inconvénients qu'elles conservaient. C'est ce que différents constructeurs ont cherché à réaliser, comme le nombre croissant des machines horizontales à chaque Exposition le démontre, et parmi ceux dont les efforts ont été couronnés de succès, MM. Garrett et Marshall se distinguent plus particulièrement.

Dans leur machine, un seul tiroir dessert les deux cylindres juxtaposés, et les communications entre les lumières aux mêmes extrémités des deux cylindres sont les plus directes et les plus courtes possibles. Les deux pistons marchent en sens opposé, et le piston à basse pression a assez d'avance à la fin de la course pour que le grand cylindre reçoive la vapeur détendue dans le petit, à l'instant précis où elle doit s'en échapper, et aussi librement que si elle s'échappait dans l'atmosphère. Par là, la détente n'est, ni plus interrompue, ni moins régulière que si elle s'opérait dans un seul cylindre. Toutes les pièces mobiles de la machine sont parfaitement équilibrées, exactement contre-balancées une à une par des pièces correspondantes qui possèdent le même mouvement en sens inverse. Le mouvement est d'une uniformité parfaite, même avec un petit volant. Et le dessin de l'ensemble de la machine est tellement parfait, tellement bien conçu, que le nombre des pièces mobiles est réduit à son minimum ; les mécanismes, simples et compacts, et cependant accessibles à tous les points essentiels.

Ce n'est pas tout, MM. Garrett et Marshall ont voulu réunir tout ce que la théorie et la pratique ont démontré utile ou économique. Les cylindres ont des enveloppes de

vapeur ; la vapeur arrive légèrement surchauffée par un appareil simple et sûr ; le régulateur, d'un système perfectionné, agit, comme celui de Farcot, sur la détente et non pas sur la vapeur d'alimentation et par étranglement. Le condenseur est à double effet.

C'est aux filatures, surtout, que les constructeurs cherchent à appliquer leur système : les résultats pratiques qu'ils ont obtenus ont confirmé les espérances qu'ils pouvaient concevoir. Les chaudières fixes, tubulaires à foyers intérieurs, remplissent toutes les exigences, tant sous le rapport de la génération de vapeur que pour la consommation du combustible. Elles permettent de réduire à 1<sup>k</sup>,30 la consommation par cheval et par heure pour ces machines. Comme tous les constructeurs devraient le faire, MM. Garrett et Marshall ont fait de nombreuses expériences afin d'attester ces résultats.

Nous avons pu nous procurer des diagrammes pris, le 18 mars 1867, avec l'indicateur Richards au moteur de la filature de lin de Sichtenwerden, près Freudenthal, en Autriche. Nous les donnons pl. 21. La fig. 1 représente le diagramme du bas du grand cylindre ; la fig. 4, celui du haut du même cylindre ; les fig. 2 et 3, ceux du bas et du haut du petit cylindre. L'échelle des pressions, pour les diagrammes du grand cylindre, est de 1 millim. pour 50 grammes de pression par centimètre carré ; les tracés à haute pression sont faits à une échelle moitié plus petite, c'est-à-dire qu'un millimètre représente une pression de 100 grammes par centimètre carré de la base du petit piston. La course commune des pistons est de 0<sup>m</sup>,686. La surface du grand piston est de 2679 centimètres carrés, son diamètre étant de 0<sup>m</sup>,584 ; celle du petit piston est de 990 centimètres carrés, son diamètre étant de 0<sup>m</sup>,355. Ayant cherché l'aire des diagrammes, nous avons reconnu que la pression moyenne par centimètre carré est :

Pour le bas du grand cylindre, de . . . . .	0 <sup>k</sup> ,66
Pour le haut du grand cylindre . . . . .	0 ,73

Pour le bas du petit cylindre, de . . . . .  $2^k,16$

Pour le haut du petit cylindre . . . . .  $2,08$

La pression moyenne est donc :

Dans le grand cylindre, de  $0^k,695$  par centim. carré.

Dans le petit cylindre, de  $0,120$  —

Et la pression moyenne totale :

Dans le grand cylindre, de . . . . . 1862 kilog.

Dans le petit cylindre . . . . . 2099 —

Dans les deux à la fois. . . . . 3961 —

Le nombre de révolutions par minute était de 72, avec une course de  $0^m,686$ , et la vitesse du piston  $1^m,647$  par seconde. Par suite, le travail indiqué s'élevait à 86,8 chevaux-vapeur.

La chaudière, qui alimente cette machine, a deux foyers et des carnaux intérieurs de  $0^m,71$  de diamètre et portant chacun 4 tubes coniques de circulation. Le diamètre de la chaudière est de  $1^m,85$  et sa longueur de  $7^m,93$ . La pression dans la chaudière, pendant les expériences, était de 4,4 atmosphères.

La machine mettait en mouvement 2604 broches avec les métiers accessoires. La force nominale (pour la vente) était dite de 20 chevaux.

Le charbon consommé en 14 heures par les chaudières, y compris l'allumage le matin et l'entretien des feux pendant les repas des ouvriers, a été de 1736 kilos pour le

service de la machine ; soit donc  $\frac{1736}{86,8 \times 14} = 1^k,429$

par cheval et par heure. Et si l'on décompte 250 kilos, consommation estimée pour l'allumage le matin et l'entretien du feu pendant les repas, on trouve que la consommation par cheval indiqué et par heure est de  $1^k,223$ .

Nous ne pouvons qu'approuver vivement les soins que MM. Garrett et Marshall mettent à faire des expériences sur leurs machines. Sans aucun doute, c'est à cela qu'ils doivent de les avoir continuellement perfectionnées. C'est

une pratique que nous recommandons à tous les constructeurs qui ont à cœur de s'éclairer et de fournir du bon.

MACHINE DE L'USINE DE BOCHUM (PRUSSE). — Ces machines se distinguent par leur compacité, la solidité de leur construction et surtout par leur prix excessivement peu élevé. Les machines horizontales sans détente, à 4 atmosphères de pression dans la chaudière, coûtent par cheval 350 fr., 300 fr. ou 250 fr., suivant que la force est de 410 ou 20 chevaux. Les mêmes machines, y compris la chaudière et tous les accessoires, coûtent par cheval 685 fr., 496 fr. ou 426 fr., suivant que la force est de 4, 10 ou 20 chevaux. Ainsi, une machine horizontale de 20 chevaux, à 4 atmosphères de pression dans la chaudière, coûte 8510 fr., chaudière et tous accessoires compris.

Les machines à détente, à 5 atmosphères de pression, coûtent par cheval 509 fr., 324 fr. ou 259 fr., suivant que la force est de 4, 10 ou 20 chevaux ; et avec la chaudière et les accessoires, le prix est de 888, 590 ou 473 fr.

M. Bréval, en France, est un des constructeurs qui livrent les petites machines au plus bas prix. Les machines qu'il construit sont très-simples. La chaudière, système tubulaire vertical, sert de fondation à la machine qui est verticale. Les machines de 4 chevaux coûtent, chaudières et accessoires compris, 850 fr. par cheval ; les machines de 10 chevaux, 680 fr. Une machine de 15 chevaux, de M. Bréval, avec chaudière et accessoires, coûte 9000 fr. ; tandis qu'une machine de Bochum de la même force, avec détente, chaudière et accessoires tout compris, ne revient qu'à 7770 fr., soit 1230 fr. de moins. Il est vrai que ces dernières machines exigent des massifs de fondations pour la machine et pour la chaudière.

Il y a trente ans, on fournissait déjà, dans de certains ateliers français, les machines de force moyenne à raison de 400 fr. par cheval, la chaudière non comprise. En Belgique, nos prix étaient un peu moins élevés. Aujour-

d'hui, ils sont de beaucoup inférieurs. Nous connaissons de certains ateliers où on livre les machines horizontales à condensation de 35 chevaux pour 14.000 fr., soit 400 fr. par cheval ; les machines horizontales à détente variable de 10 chevaux pour 300 fr. par cheval et de 40 chevaux pour 250 fr. ; les machines verticales de 10 chevaux pour 350 fr. par cheval. La grande machine horizontale qu'expose M. Le Gavrian, et qui est de la force de 120 chevaux, se vend 60.000 fr. La machine à balancier de Sigl, de Vienne, d'une force de 60 chevaux, se vend 35.000 fr.

La maison Houget et Teston livre ses machines horizontales de 15 chevaux à 1 cylindre, sans condensation, au prix de 326 fr. par cheval, sans la chaudière, et 560 fr. avec la chaudière ; celles de 4 chevaux, avec la chaudière, 800 fr. Les machines à 2 cylindres de 100 chevaux, avec condensation, 260 fr., et sans condensation 190 fr. ; la chaudière comprise, 350 ou 420 fr., suivant qu'il y a ou non un appareil de condensation.

Leurs machines demi-fixes à deux cylindres coûtent, chaudière comprise, 420 fr. par cheval, pour 50 chevaux, et 825 fr. par cheval pour 4 chevaux. Leurs locomobiles, avec enveloppe de vapeur et cheminée, 875 fr. par cheval pour 4 chevaux ; 670 fr. par cheval pour 10 chevaux, et 600 fr. par cheval pour 15 chevaux. On remarquera que ces prix sont extrêmement bas, surtout si l'on a égard à la perfection de la construction. La surface de chauffe des chaudières est de 1<sup>m</sup>,25 carré par cheval.

Nous n'attachons pas plus de valeur qu'il ne faut à la désignation de la force de la machine par chevaux nominaux, pas plus qu'à la réduction du prix par cheval. Les constructeurs, nous semble-t-il, devraient s'attacher à mesurer au frein la force en chevaux maximum disponible à l'arbre du volant de leur machine et indiquer leur prix par cheval de force réelle. Alors, il deviendrait possible d'établir des prix comparatifs et le vendeur, comme l'acheteur, n'auraient qu'à y gagner. L'attribution des médailles

aux Expositions nous paraît tout à fait insuffisante pour éclairer l'acheteur.

MACHINE D'ALLEN, EXPOSÉE PAR THE WHITWORTH COMPANY DE MANCHESTER. — Dans notre rapport, déjà cité, sur l'Exposition de Londres en 1862, nous avons donné des dessins et une description détaillée de la machine d'Allen. Celle qui est exposée à Paris, et qui donne le mouvement à des métiers dans le secteur anglais, ne diffère de la première que par l'emploi de la condensation. Celle-ci s'opère dans un condenseur à double effet, placé derrière le cylindre de la machine et dont le piston de la pompe à air est attaqué par le prolongement de la tige du piston de la machine. Le piston de la machine est plus simple encore que le piston suédois employé par M. Le Gravian. Il est en fer forgé, et a la même forme que le piston suédois ; mais au lieu de cercles battus et formant ressort, logés dans des rainures faites avec soin, il porte simplement sur son pourtour une série de 8 ou 10 rigoles peu profondes et taillées sans soin. Du reste, il est très-léger et tourné aussi juste que possible. Il parait que la vapeur qui peut arriver aux rainures vient s'y condenser et forme un bourrage d'eau très-doux, et toutefois fort étanche. Les couvercles du cylindre ont exactement la forme du creux du piston, de manière que l'espace mort est réduit à son minimum et ne se compose, pour ainsi dire, que des conduits, c'est-à-dire d'environ 1/50 du volume du cylindre.

Le système de distribution n'a pas été modifié. Le régulateur est toujours celui de Porter, et le conducteur de la machine donne à qui veut des diagrammes, pris avec l'indicateur de Richards, en haut et en bas du cylindre. On sait que les diagrammes pris avec cet indicateur demandent à peine d'être réduits ou corrigés. Nous en donnons quelques-uns tels que nous les avons relevés (pl. 21).

On remarquera qu'il est presque impossible de déterminer le degré de la détente. C'est que, au moment où

nous avons pris ces diagrammes, presque aucun métier ne fonctionnait et la machine, sous l'influence régularisatrice du modérateur de Porter, exécutait invariablement ses 200 tours par minute. Ce seul exemple suffit à démontrer combien il est avantageux de régulariser le mouvement des machines à vapeur, non pas en étranglant la vapeur, mais en faisant varier l'admission, suivant le principe que M. Farcot a, depuis trente ans, fait entrer dans la pratique. Nous ferons remarquer à ce propos que M. Farcot avait résolu la question d'une manière plus simple et plus pratique que M. Allen. Ce qui le prouve, c'est que le premier a eu une foule d'imitateurs, et qu'Allen paraît être encore le seul qui suive la construction qu'il a adoptée. A vrai dire, il n'y a pas longtemps qu'Allen a débuté et ses brevets forment peut-être un obstacle à l'emploi général de son système. Ses machines, du reste, se vendent fort bien et se répandent beaucoup en Angleterre. Elles offrent cette particularité qu'elles ne se dérangent pour ainsi dire jamais.

Le diamètre du cylindre de la machine d'Allen, exposée à Paris, mesure 12 pouces anglais, soit 0<sup>m</sup>,305 ; la course du piston 24 pouces, ou 0<sup>m</sup>,61. L'échelle des pressions du diagramme est de un pouce anglais pour 32 livres de pression par pouce carré, soit 25,4 millimètres pour 2<sup>k</sup>,250 par centimètre carré. Chaque kilo de pression moyenne par centimètre carré correspond à un travail de 2969,2 kilogrammètres par seconde, ou 39,59 chevaux de 75 kilogrammètres par seconde.

On trouvera facilement que la pression moyenne dans le diagramme :

N° 1 est de . . . . .	0 <sup>k</sup> ,448
N° 2 — . . . . .	0 ,438

La moyenne des deux est donc de . . . . . 0 ,443 et, par conséquent, la force indiquée est de 1315,36 kilogrammètres ou de 17,54 chevaux vapeur.

La moyenne des n°s 3 et 4 est de 780 millimètres carrés,

soit une pression moyenne de 0<sup>k</sup>,6396, et, par suite, une force de 25,32 chevaux-vapeur.

MACHINES EXPOSÉES PAR MM. FARCOT ET FILS, DE SAINT-OUEN. — La maison Farcot et fils expose un grand nombre de ses produits, parmi lesquels nous signalerons :

1<sup>o</sup> Une machine à vapeur horizontale à condensation, d'une force nominale de 50 chevaux, mettant en mouvement les métiers exposés dans le secteur allemand, ainsi que deux ventilateurs doubles du système Perrigault comprimant l'air pour la ventilation du Palais ;

2<sup>o</sup> Une semblable machine de la force nominale de 20 chevaux, mettant en mouvement les appareils exposés dans le secteur autrichien ;

3<sup>o</sup> Une troisième machine semblable et de même force, mettant en mouvement les machines exposées dans le secteur de la Confédération suisse ;

4<sup>o</sup> Deux générateurs tubulaires à foyer et faisceau tubulaire mobiles pour le nettoiemment, d'une puissance nominale de 80 chevaux chacun, installés dans un bâtiment spécial et alimentés d'eau par un cheval alimentaire de dispositions spéciales et particulières ;

5<sup>o</sup> Une locomobile de 16 chevaux, à condensation, munie du régulateur à bras et bielles croisés, avec foyer et faisceau tubulaire mobiles pour le nettoiemment, et activitant deux ventilateurs du système Perrigault ;

6<sup>o</sup> Deux machines motrices horizontales, à condensation, d'une force nominale de 80 chevaux (ensemble 160 chevaux), couplées sur un même arbre de volant, avec régulateur à bras et bielles croisés, réunissant les nombreux perfectionnements que MM. Farcot et fils ont introduit dans la construction des machines à vapeur ;

7<sup>o</sup> Enfin, un régulateur de machines marines, isochrone, indépendant de la pesanteur, réglant à volonté, par la détente ou par la pression, et avec variation facultative de la vitesse normale.

Tous les objets exposés par cette maison ont un carac-

tère de bonne et solide construction, d'études profondes, de progrès rapide. Ils mériteraient une description beaucoup plus étendue que celle que nous pouvons en donner ici. Du reste, ils sont parfaitement connus, et par les descriptions qu'en ont faites les journaux scientifiques de tous les pays, et par les nombreux emprunts que les constructeurs leur ont faits et qui fourmillent dans le Palais de l'Exposition. Nous parlerons spécialement des derniers travaux de cette maison, et notamment du régulateur à bras et bielles croisés. Mais tout d'abord, disons quelques mots de leurs chaudières à foyer et faisceau tubulaire mobiles ainsi que de leurs locomobiles.

Deux de leurs chaudières, de 135 mètres carrés de surface de chauffe, fonctionnent à l'Exposition. La pl. 22 représente dans la fig. 1, la coupe transversale, et dans la fig. 2, la coupe longitudinale de ces chaudières. Le générateur se compose de deux corps cylindriques à axes parallèles et superposés. Le corps supérieur *a* sert de réservoir d'eau et de vapeur ; il est muni en *b* d'une hausse de prise de vapeur ; en *c*, d'un flotteur avec soupape de sûreté ; en *d*, d'une seconde soupape de sûreté ; en *e*, du niveau d'eau. En *f*, se trouve le tuyau de prise de vapeur, entièrement plongé dans la chambre de vapeur. Ce tuyau est fendu longitudinalement à sa partie supérieure et communique avec la hausse par l'orifice *f'*. Cette disposition a pour but d'atténuer, autant que possible, le crachement dans les tuyaux. Le second corps cylindrique *g* se compose d'abord de l'enveloppe *r* qui forme réservoir inférieur d'eau, et ensuite du foyer intérieur *q* et du système de tubes *p*. Le foyer et le faisceau tubulaire sont assemblés au corps cylindrique inférieur par les joints métalliques *h, i*. La grille se compose de deux parties, dont l'une *J*, n'est qu'une grille supplémentaire pour le cas où l'on voudrait augmenter temporairement la production de vapeur. L'alimentation d'eau se fait par le robinet *l* (fig. 1), placé au bas du corps cylindrique *g*.

drique inférieur. En *k* (fig. 2), se trouve le robinet de vidange. Les gaz chauds venant du foyer se rendent à la cheminée par le conduit *A*, à l'entrée duquel se trouve le registre *m*. La chaudière est renfermée de toutes parts dans une enveloppe *o, o*, formant four et constituée, soit au moyen de deux parois de tôle, renfermant un enduit plastique, soit en simple maçonnerie de briques. Voici comment on a pourvu au nettoyage des tubes : le système de tubes et le foyer invariablement reliés ensemble sont supportés dans leur longueur par des galets placés en *v* et en *x*, lesquels roulent sur des cornières rivées au corps cylindrique inférieur. Pour effectuer le nettoyage, après avoir défaït les joints *h* et *i*, on tire le corps tubé jusqu'à ce que les tubes soient presque entièrement sortis de la chaudière, en soutenant le devant du foyer par un galet accessoire que l'on boulonne avec sa bride. On peut alors désincruster toute la chaudière. Pour atteindre tous les tubes, on passe un outil particulier en forme de lame de scie dans toutes les lignes d'intervalle, disposées de façon à engendrer un hexagone autour de chacun des tubes qui se trouvent ainsi tous nettoyés sans que l'opérateur ait besoin de les voir. On voit que la chaudière Farcot réalise le maximum possible de section tubulaire avec une grande chambre d'eau et une très-grande réserve de vapeur, tout en permettant un nettoiement facile des tubes.

La locomobile, dont nous donnons (pl. 23) la coupe longitudinale (fig. 1), la vue en élévation (fig. 2), deux coupes transversales (fig. 3 et 4), est munie de ce système de chaudière. Son régulateur est à bras et bielles croisés. La bielle est bifurquée et la crosse guidée en haut et en bas. La force nominale est de 7 chevaux. Elle pèse 4000 kilog. Elle consomme 2<sup>1</sup>,04 de charbon par heure et par cheval. Le cylindre est enfermé dans une boîte entourée de vapeur. Le diamètre du piston est de 0<sup>m</sup>,190 ; sa course, de 0<sup>m</sup>, 280 ; sa forme est remarquable

à l'égal de celle des fonds des cylindres dessinés de façon à réduire, autant que possible, les espaces nuisibles. La bielle a 1<sup>m</sup>,835 de longueur ; la grille 0<sup>m</sup>,50 de largeur et 0<sup>m</sup>,530 de longueur , soit 26,5 décimètres carrés de surface , ou environ 3,8 décimètres carrés par cheval ou 1<sup>d2</sup>,785 par kilogramme de houille à brûler par heure. La surface de chauffe se répartit comme suit : au foyer : 0<sup>m2</sup>,80 ; 37 tubes de 1<sup>m</sup>,30 de longueur et de 0<sup>m</sup>,06 de diamètre , soit  $37 \times 1^m,30 \times 0^m,19 = 9$  mètres carrés ; au réservoir cylindrique supérieur et à l'enveloppe, environ 1<sup>m</sup>,70. Surface totale, environ 11<sup>m2</sup>,50, soit 1<sup>m2</sup>,65 par cheval , ou mieux 0<sup>m</sup>,80 par kilo de houille à brûler par heure. La réserve de vapeur a un volume d'environ 300 litres, soit 21 litres par kilogramme de houille. La section tubulaire est de 0<sup>m2</sup>,105, soit 0<sup>d2</sup>,74 par kilo de houille et par heure. La section de la cheminée, 0<sup>m2</sup>,0363, environ 0<sup>m2</sup>,26 par kilo de houille à brûler par heure. Si l'on réduit ces dimensions au mètre carré de surface de chauffe, on remarquera facilement que la réserve de vapeur est un peu petite, à moins que la pression ne soit fort élevée. Du reste, ce défaut est corrigé par la disposition de la prise de vapeur.

Nous avons hâte d'arriver à l'étude des régulateurs Farcot. Depuis plus de trente ans, la maison Farcot s'occupe incessamment de cet organe essentiel des machines à vapeur. Elle a cherché la meilleure solution donnant le pendule isochrone dans toutes ses positions pour la vitesse normale. Le résultat de ses études a été l'invention d'un grand nombre de systèmes qu'elle a fait breveter, plus ou moins bons et réalisant plus ou moins les vrais principes ; le résultat principal a été la découverte de ces mêmes principes, celle des défauts des régulateurs existants et inventés chez elle ou ailleurs, et enfin la création d'un système de pendule qui semble ne plus rien laisser à désirer. Nous voulons parler du régulateur à bras et bielles croisés dont le brevet date de 1854. M. Tresca a

publié, en 1860, sur ce régulateur, un rapport très-détaillé dont nous extrayons ce qui suit :

« Le régulateur de Watt n'est suffisant que pour les machines dans lesquelles les variations du travail résistant sont légères ; il cesse d'être utile dans le cas où ces variations sont considérables, comme, par exemple, lorsque la machine fait fonctionner des lamoins, dont la résistance est souvent décuplée au moment du laminage. M. Farcot s'est donc posé le problème suivant : maintenir la vitesse constante, quelles que soient les variations du travail résistant. Supposons que cette vitesse de régime soit de 30 tours par minute : si le travail dépensé vient à diminuer, la machine s'accélérera et le régulateur viendra fermer plus ou moins l'orifice d'admission, par cela seul que les boules se seront écartées au premier accroissement de vitesse. Mais si cette fermeture est celle qui convient au nouveau régime de travail de la machine, il ne sera pas possible de maintenir à la fois l'ancienne vitesse et le nouveau travail, puisque ces deux éléments sont absolument liés entre eux, l'ouverture convenable de l'orifice ne correspondant qu'à une position déterminée des boules, et chacune des positions des boules correspondant à une vitesse différente. Pour que le nouveau régime de travail pût s'établir avec l'ancien régime de vitesse, il faudrait que les boules pussent indifféremment se maintenir à tous les degrés d'écartement possibles, tout en conservant leurs propriétés ordinaires au point de vue de l'ouverture et de la fermeture de l'orifice. Si un tel modérateur pouvait être construit, chaque augmentation de vitesse amènerait une fermeture de l'orifice, mais la vitesse convenable pourrait encore être maintenue avec cette fermeture. C'est ce but bien défini que l'on a déjà cherché à atteindre avec les modérateurs dits *paraboliques*, et que MM. Farcot ont vraiment atteints avec leur nouveau modérateur à bras et à bielles croisés, qu'ils ont soumis à la Société d'encouragement. »

Si  $\omega$  représente la vitesse angulaire des boules, H la distance de leur point d'attache avec l'axe à leur plan de rotation, et  $t$ , en secondes le temps d'une révolution, on sait que l'on a entre ces diverses quantités les relations :

$$H = \frac{g}{\omega^2} \text{ et } t = 2\pi \sqrt{\frac{H}{g}},$$

on voit par là que s'il était possible, par une disposition particulière, de rendre la hauteur H constante, le pendule réglerait, quelle que fût son ouverture. Or, la courbe qui satisferait à cette condition est une parabole qu'il sera toujours facile de construire, si l'on donne *a priori* la hauteur H, celle-ci étant égale au demi-paramètre  $p$  de la parabole ( $y^2 = 2px$ ). En effet, la hauteur du plan de rotation des boules sera constamment égale à  $p$ , puisque la parabole jouit de cette propriété que la sous-normale est constamment égale à  $p$ .

C'est sur cette propriété qu'on a basé la construction des modérateurs paraboliques dans lesquels, au moyen de galets convenablement placés, les boules ne pouvaient jamais quitter la parabole. En 1851, M. l'ingénieur H.-D. Schmid, de Vienne, exposait à Londres un régulateur de ce genre. Les galets déterminaient des frottements inutiles qui ont fait abandonner ce système. M. Schmid emploie aujourd'hui un régulateur à bras croisés et M. Farcot, un régulateur à bras et à bielles croisés. L'arc de la parabole est remplacé par un arc de cercle qui s'en rapproche le plus possible, ce qui exige que le centre de l'un des bras soit placé quelque part en X et le centre de l'autre symétriquement en X' (fig. 1, pl. 24).

MM. Farcot indiquent un autre tracé pour la courbe ainsi qu'il suit : après avoir fixé la longueur S V = H, ils mènent les horizontales équidistantes, 0, 1, 2, 3, etc., à partir du sommet S de la parabole ; ils fixent les points équidistants, 0', 1', 2', 3', ... à partir de V ; puis ils décrivent les arcs de cercle 01, 1-2, 2-3, 3-4, ... en prenant

pour centres successifs des points  $0'$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,... tels que chacun d'eux, le point  $b$ , par exemple, satisfasse à cette double condition que, décrivant de ce point l'arc de cercle 2-3, et limitant cet axe à l'horizontale 3, le rayon  $3-b$  passe par la division  $3'$  de l'échelle supérieure. MM. Farçot désignent cette courbe sous le nom de *développante*, par rapport à la courbe enveloppée  $0', a, b, c, d,...$  formée par les rayons successifs considérés comme tangentes ; mais elle n'est en réalité que la parabole dont nous venons de parler, et c'est cette parabole qu'ils remplacent par un arc de cercle qui s'en écarte aussi peu que possible, dans les limites des déplacements que les boules de leur modérateur peuvent effectuer.

L'emploi d'une articulation autour d'un centre ne peut réaliser le problème qu'approximativement ; sa circonference , ayant nécessairement un rayon moindre que le rayon de courbure de la parabole qu'elle renferme, aura une courbure plus prononcée ; ils la disposent de telle façon qu'elle fasse saillie au-dehors de la parabole vers le milieu de l'arc utile, et qu'elle pénètre, au contraire, dans la courbe vers les extrémités de cet arc. Il résulte de cette circonstance que, pour les positions extrêmes, la hauteur  $H$  est trop petite, et que, par conséquent, le mouvement de rotation normal du pendule tendrait à s'accélérer ; mais une disposition particulière est prise pour parer à cette légère cause de perturbation.

Le manchon sur lequel doit agir le système, est, à la manière ordinaire, embrassé par la fourchette d'un levier, à l'autre extrémité duquel se trouve la tige qui agit sur l'admission de la vapeur. Cette tige porte, à son extrémité inférieure, un galet qui repose sur une pièce mobile équilibrée par un contre-poids dont la fonction est de régulariser l'action de l'appareil, en même temps qu'il sert à équilibrer le poids de la tige elle-même. Si la portion du levier sur laquelle repose le galet a reçu une courbure

convenable, on pourra facilement faire en sorte que l'action de ce contre-poids soit moins énergique pour les positions extrêmes, et qu'ainsi la résistance opposée au fonctionnement du régulateur étant plus grande, s'oppose plus efficacement à l'accélération que l'on pourrait craindre par suite de la diminution de la hauteur H.

Le contre-poids est, d'ailleurs, mobile sur son levier et permet de régler l'appareil de telle façon que les boules puissent occuper toutes les positions de leur parcours pour les différentes vitesses de régime que l'on cherche à obtenir.

L'action des boules se transmet toujours au manchon par l'intermédiaire de deux bielles qui sont respectivement articulées sur les bras des boules ; en croisant les bielles et en les faisant agir sur des points d'attache éloignés de l'axe de rotation, autant que le sont les points d'articulation des pendules, on arrive à ce résultat que les actions du contre-poids et celles des boules restent toujours proportionnelles.

Nous n'avons pas parlé jusqu'ici de l'influence propre du poids des tiges des boules au point de vue de la force centrifuge. Il convient cependant de remarquer que telle portion de ces tiges, qui se trouvait à droite de l'axe pour les positions les plus basses des boules, passe nécessairement à gauche pour les positions les plus élevées, et qu'ainsi leur poids, qui agissait d'abord en sens contraire de celui des boules, vient concourir, dans cette dernière position, avec le leur ; l'action de la force centrifuge serait donc prépondérante pour les positions supérieures des boules, et MM. Farcot compensent cette influence perturbatrice au moyen d'un ressort qui agit sur le manchon, et qui est d'autant plus comprimé que ce manchon est plus relevé. On voit avec quel soin toutes les influences nuisibles sont écartées dans le régulateur de MM. Farcot ; aussi fonctionne-t-il avec une admirable précision.

Dans une note de MM. Farcot, ceux-ci ajoutent : l'angle du contre-poids Q (fig. 4) à bras de levier variable, est calculé en raison des carrés des vitesses correspondantes aux longueurs du pendule, comparés au carré de la vitesse réelle donnée au régulateur, les forces centrifuges croissant comme les carrés des vitesses.

Nous donnons au régulateur une vitesse de rotation réelle plus grande que la vitesse théorique correspondante à la longueur du pendule, afin d'augmenter les forces produites sur les points d'action du régulateur. On voit facilement que le contre-poids Q charge le manchon I' lié au manchon I, et par suite les boules elles-mêmes AA.

Nous tenons compte aussi du poids de la vis sans fin  $t$ , et de ses accessoires en calculant l'angle du contre-poids Q, car il doit aussi équilibrer cette vis.

L'avantage de pouvoir varier à volonté la vitesse de régime en variant la position du contre-poids Q sur son levier, est particulier au système de régulateur de MM. Farcot et n'existe pas dans les régulateurs à deux centres et à bielles non croisées.

Pour que le calcul du contre-poids soit facile et rigoureux, et pour que l'équilibre soit bien constant dans toutes les positions, il est nécessaire que la surcharge additionnelle et l'effort du régulateur sur l'organe qui agit sur la vapeur, soient transmis dans un *rapport constant*; c'est ce qui nous conduit à croiser les bielles comme les bras, car ce rapport constant n'a lieu pour toutes les positions qu'autant que la longueur  $CB = Be$  et que les points C et e sont sur une même verticale; on peut s'en rendre compte par le calcul.

Cette disposition rend plus facile le calcul de l'angle du levier à contre-poids et permet au régulateur d'exercer une action constante dans toutes les positions sur la vis sans fin  $t$  agissant sur la camme de détente, comme dans toutes nos machines. Cette vis sans fin n'agit ordinairement que comme crémaillère; le machiniste ne la fait

tourner, au moyen du disque  $\sigma$ , que pour partager à peu près l'oscillation, en raison du travail, sur le cadran de détente quand il met la machine en marche.

On voit que le contre-poids  $Q$  charge plus dans la position milieu que dans les positions extrêmes et compense ainsi les différences de longueur du pendule, le bras de levier qui soulève la vis sans fin restant toujours constant par l'effet de la développante de cercle qui agit sur le galet  $u$ .

En considérant les forces centrifuges de chaque partie du système ainsi constitué, on voit que les bielles et les bras du régulateur ont une action centrifuge variable dans les diverses positions, en raison de leur écartement plus ou moins grand.

En effet, une portion de ces membres est tantôt d'un côté et tantôt de l'autre, par rapport à l'axe de rotation ; ce qui change le sens de son action centrifuge.

On voit facilement que le maximum de la somme des forces centrifuges pour une même vitesse angulaire correspond à la position supérieure des boules ou à leur plus grand écartement ; le minimum de cette force centrifuge totale correspond à la position inférieure des boules.

Il résulte de là que les boules, dans leur ascension, prennent une accélération verticale croissante, en passant de la position inférieure à leur position supérieure, et que cet effet nuisible vient accroître celui de l'inertie des masses.

Cette cause de perturbation, bien que minime en apparence, est fort importante.

Nous la faisons disparaître et nous obtenons la régularité la plus satisfaisante en neutralisant l'accroissement des forces centrifuges au moyen du ressort  $S$  (fig. 4) dont la tension croît à mesure que les boules s'élèvent. On comprend facilement que ce ressort, appuyant sur le manchon  $I'$ , rétablit l'équilibre, puisque l'on neutralise un accroissement anormal de la force centrifuge par une force

inverse et croissant en même temps. On calcule ce ressort en déterminant l'excès de force centrifuge à neutraliser dans les diverses positions ; mais ce ressort ayant de plus à neutraliser les effets d'inertie, il est utile de le faire plutôt fort que faible.

Le régulateur que nous décrivons exerce sur les machines une action tout à fait instantanée et maintient la régularité la plus satisfaisante, malgré toutes les variations possibles du travail. S'il arrive, par exemple, que la courroie motrice tombe dans une usine où tout est transmis par une seule courroie, le régulateur maintient la vitesse, bien que toute la résistance soit supprimée instantanément.

Dans des expériences faites par M. Tresca sur la machine qui donne le mouvement aux ateliers de M. Erard, la puissance de la machine variait de 3 à 20 chevaux, et l'admission de  $\frac{1}{200}$  à  $\frac{1}{20}$  du volume du cylindre, sans qu'on pût remarquer aucune variation de vitesse.

Le système de régulateur de MM. Farcot convient donc surtout aux machines qui commandent des ateliers à travail varié et saccadé, aux forges, aux laminoirs, aux scieries ; il gouverne ces machines sans que le machiniste ait à s'en occuper.

Actuellement, plus de 350 machines sont munies de ces régulateurs.





# MACHINES ET APPAREILS

PAR

**M. PÉRARD**

Ingénieur honoraire des Mines, chargé des cours de Physique  
à l'Université de Liége





## MACHINES ET APPAREILS

---

**Batteuse locomobile de M. Renaud, constructeur à Nantes  
(Loire-Inférieure).**

Dans le grand nombre de machines destinées à l'agriculture, on remarque une batteuse à vapeur d'une disposition toute particulière, exposée par M. Renaud, de Nantes.— Ce constructeur a lutté avec avantage, croyons-nous, contre la routine : de ses heureuses combinaisons, il est sorti un modèle de simplicité, de solidité et de bon marché, aussi complet que l'agriculture peut le désirer dans l'état actuel de la mécanique ; d'ailleurs, l'impression que cet appareil nous a faite à première vue, est conforme au jugement des consommateurs, puisque depuis une douzaine d'années, M. Renaud, indépendamment de ses autres travaux, a débité 850 machines à battre de ce système.

Nous devons à son obligeance le dessin qui nous permet d'en donner aux lecteurs de la Revue une description complète.

La batteuse proprement dite et son moteur de 4 chevaux, sont disposés sur un châssis unique, composé de deux poutrelles en fer à double T, entretoisées par la chaudière et par le coffre du batteur ; tout cet ensemble repose sur un seul axe, avec deux roues de 4<sup>m</sup>,500 de diamètre.

La fig. 1, pl. 25, représente une coupe longitudinale de tout l'appareil : chaudière, moteur, transmission et batteuse.

La fig. 2 est une coupe transversale dans le foyer suivant la ligne 1-2 (fig. 1); avec une vue du dôme et du bâti extérieur N<sub>2</sub> de la machine (fig. 1 et 2).

La fig. 3 est une coupe de la batteuse proprement dite, suivant la ligne 3-4 (fig. 1).

La chaudière cylindrique A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>5</sub>A<sub>4</sub> a 790 millimètres de diamètre sur 1<sup>m</sup>,450 de longueur : elle est prolongée de 250 millimètres par une chambre de fumée de même diamètre A<sub>2</sub>A<sub>3</sub>A<sub>5</sub>A<sub>6</sub>.

Un tube tronc-conique B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>B<sub>5</sub>B<sub>4</sub> occupe toute la longueur de la chaudière : sa plus grande ouverture du côté du foyer, a 410 millimètres de diamètre ; sa plus petite en a 330 sur le fond A<sup>2</sup>A<sup>5</sup> de la boîte à fumée.

La grille C<sub>1</sub>C<sub>2</sub> a 750 millimètres de longueur : les barreaux en sont appuyés à l'avant sur une cornière C<sub>2</sub> au niveau du diamètre horizontal du tube, et à l'arrière sur une saillie de l'autel C<sub>4</sub>, à 50 millimètres au-dessous de ce diamètre : elle a donc une pente de  $\frac{1}{15}$ .

La grille est séparée de la porte par une taque C<sub>2</sub>C<sub>3</sub> de 200 millimètres de large. Cette taque ou avant-foyer est reliée à l'autel par deux tirants E (fig. 1 et 2).

La porte C<sub>5</sub>C<sub>4</sub> ouvre sur une boîte de chargement ou gueulard C<sub>2</sub>C<sub>3</sub>C<sub>4</sub> qui fait saillie sur le corps principal de la chaudière, et qui sert de base à une boîte à fumée C<sub>4</sub>A<sub>4</sub> communiquant avec la cheminée H<sub>1</sub>H<sub>2</sub>.

Au-dessus du tube conique B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>B<sub>5</sub>B<sub>4</sub> sont disposés quatre gros tubes de 100 millimètres de diamètre, et de 1<sup>m</sup>,450 de longueur a'a''a'''a'''' (fig. 2) appuyés d'une part au fond A<sub>2</sub>A<sub>5</sub> de la première chambre de fumée, et d'autre part au fond B<sub>4</sub>A<sub>4</sub> de la seconde. Une porte sur la paroi inclinée C<sub>4</sub>C<sub>5</sub> de cette dernière, permet de démasquer les quatre tubes a, pour les ramoner.

La boîte à fumée C<sub>4</sub>A<sub>4</sub> sert d'assise non-seulement à la cheminée H, mais encore à une boîte annulaire D<sub>1</sub>D<sub>2</sub> dans laquelle on met la provision d'eau pour l'alimentation : elle s'échauffe donc aux dépens du rayonnement

de la cheminée et du plafond de la boîte à fumée  $C_3 A_4$ .

La cheminée est interrompue par un compartiment sphérique I dans lequel est ajusté, sur un axe mobile horizontal, un clapet destiné à retenir les corps solides incandescents entraînés quelquefois par le courant des gaz chauds. L'espace libre autour de ce clapet, dans toutes les positions, n'est jamais moindre que la section de la cheminée.

L'efficacité de celle-ci est augmentée par la décharge de vapeur amenée par un tuyau IL qui sert en même temps d'arc-boutant, et assure la stabilité du prolongement  $H_3 H_4$ . Le dôme  $K_1 K_2$  est très-vaste : il a 630 millimètres de diamètre sur 670 millimètres de hauteur ; son couvercle  $L K_1$  sert d'assise aux bâts  $N_1 N_2$  de la petite machine verticale, dont le cylindre  $M_1 M_2$  avec sa boîte de distribution  $M_3$  sont entièrement plongés dans le réservoir de vapeur.

L'extrémité de l'axe moteur  $Q_1 Q_2$  est supportée par un bâti  $N_5$  fixé sur le châssis F de la machine : ce bâti porte l'axe  $V_1 V_2$  du cylindre batteur. Une poulie X de 1<sup>m</sup>,300 de diamètre et de 150 millimètres de large, calée sur le premier axe Q, commande la petite poulie Y, de 165 millimètres de diamètre, calée en porte-à-faux sur le second  $V_1$ . Celui-ci fait 1200 tours par minute ; ses deux paliers, en raison de cette vitesse, ont de grandes portées ; de plus, les coussinets sont graissés d'une façon permanente par des mèches de coton trempées dans de l'huile et renfermées dans des boîtes à graisse.

La grande largeur des poulies est indispensable afin que la courroie puisse supporter, sans altération trop prompte, la tension nécessaire pour ne pas glisser sur des poulies si rapprochées et de diamètres si différents.

Le cylindre batteur U a 0<sup>m</sup>,800 de longueur et 0<sup>m</sup>,480 de diamètre : il est composé de battants en fer-équerre recouverts de tôle ; il n'est entouré par la grille ou contre-batteur Z que sur un tiers de sa circonférence. On peut varier leur distance suivant les besoins, par le rappel des paliers  $V_1 V_2$ .

La grille Z, qui livre passage aux grains extraits de la gerbe par le battage, se compose de tringles de bois garnies de bandes de tôle, et traversées par un réseau de fils de fer.

Les bâtis N<sub>5</sub> N<sub>4</sub> sont solidement entretoisés pour opposer une grande rigidité aux secousses qui accompagnent le travail du battage.

La paille est introduite longitudinalement, en la faisant plonger un peu sous le cylindre ; lorsqu'elle sort de l'autre côté, elle est jetée sur un charrie-paille, sorte de claire formée de barreaux de bois fixés sur des courroies sans fin mues par des poulies : le mouvement de secousse achève d'enlever à la paille le peu de grain qu'elle retient encore.

Le rendement de cet appareil est de 200 à 300 hectolitres de blé par journée de 10 à 12 heures, suivant la longueur et la richesse des gerbes, et cela avec une dépense de 300 kilogrammes de charbon.

La pompe T<sub>1</sub>, dont le piston plongeur est mu par la barre d'excentrique T<sub>2</sub> T<sub>3</sub>, est fixée au-dessus de la première boîte à fumée : étant en contre-bas du réservoir, sa marche est pour ainsi dire infaillible, et l'eau est foulée immédiatement dans la chaudière, sans tuyau intermédiaire.

La crosse du piston est guidée dans les bâtis N<sub>1</sub> N<sub>2</sub> ; la bielle n'a que 350 millimètres de long pour une course de 300 millimètres, c'est pourquoi il est nécessaire d'avoir des guides si solides. Du reste, les coussinets de la bielle sont largement proportionnés pour compenser autant que possible les chances d'usure. Le piston a 150 millimètres de diamètre et marche à plus de 280 pulsations par minute.

Le tiroir est à recouvrement pour produire une détente de près de moitié de la course ; la chapelle étant plongée entièrement dans le réservoir, la réglementation se fait au moyen de repères tracés sur la tringle F du tiroir.

La chaudière est timbrée à 6 kilog. de pression par centimètre carré, environ 5 3/4 atmosphères, et l'on peut évidemment compter cette pression comme existant aussi dans le cylindre moteur, puisque la vapeur y est introduite sans refroidissement.

La surface de chauffe totale est :

1° Par le carneau $B_1 B_2 B_3 B_4$ . . . . .	$1^{m^q},6850$
2° Par les quatre tubes $a$ . . . . .	$1,8212$
3° Par la plaque de fond de la boîte à fumée	
$A_5 A_6$ . . . . .	$0,2624$
Total. . . . .	<u><math>3^{m^q},7686</math></u>

Le travail moteur théorique, avec l'admission à mi-course, est d'environ 12 chevaux. M. Renaud n'attribue à sa machine qu'une force utile de 4 chevaux : il est permis de croire que cette force est quelquefois dépassée dans le battage du grain ; toutefois, le coefficient d'effet utile peut bien être inférieur à 0<sup>m</sup>,5 pour plusieurs raisons, notamment la faible longueur de la bielle, les pertes dues au glissement de la courroie et les vibrations qui ont toujours lieu dans l'opération du battage.

La surface de chauffe est donc, par cheval réel, de 0<sup>m^q</sup>,9421. M. Renaud nous a fait remarquer cependant que cette surface de chauffe s'augmente facilement, quand on le désire, de plus de moitié, en divisant le retour des gaz dans des tubes plus nombreux et plus petits que ceux du modèle que nous avons décrit. Mais il croit, et avec raison peut-être, que vu son efficacité et l'absence à peu près absolue d'eau entraînée et de vapeur condensée dans le cylindre, cette proportion suffit dans les circonstances actuelles : comme la machine doit être souvent confiée à la campagne à des mains inhabiles ou négligentes, il est bon que les tubes soient larges pour être ramonés facilement et vite, et que l'engorgement soit moins fréquent. La surface de chauffe étant presque entièrement directe, a une grande valeur ; d'ailleurs,

dans ces machines d'une application spéciale, il est bien permis, on est même forcé, de s'écartier des règles ordinaires prescrites dans les circonstances où l'ingénieur est complètement maître de tous les éléments de la construction. C'est pourquoi nous sommes bien loin d'approuver l'emploi des locomobiles à titre permanent et fixe dans les conditions où il serait facile et avantageux de l'éviter.

Toute la chaudière supposée pleine d'eau jusqu'au pied du dôme, contient 350 litres, c'est-à-dire, en mètres cubes, le  $1/10$  de la surface de chauffe exprimée en mètres carrés. Le chauffage de l'eau au pied de la cheminée et sur une hauteur à peu près égale au quart de celle-ci, y doit être excellent, et si ce n'était le passage dans une conduite extérieure pour arriver à la pompe, nous croirions pouvoir, sans imprudence, compter le réservoir annulaire comme faisant partie de la chambre d'eau de la chaudière.

Le dôme, y compris le cylindre à vapeur, a une capacité de 208 litres, c'est-à-dire en mètres cubes  $1/18$  de la surface de chauffe exprimée en mètres carrés : ce réservoir est plus que suffisant, si l'on a égard à la pression et aux observations contenues dans le travail de M. Bède sur l'économie du combustible (voir cette Revue, tome V, p. 326). La chambre d'eau pourrait donc encore empiéter dans le dôme même. En outre, nous ferons remarquer que la consommation de 25 kilog. d'eau par heure attribuée généralement à la force d'un cheval, doit être diminuée dans l'application actuelle, de toute l'économie très importante qui résulte de la disposition du cylindre plongé dans le réservoir de vapeur, c'est-à-dire des crachements et de la vapeur condensée dans les conduites.

Si l'on considère la consommation du combustible, sur le pied de quatre chevaux pendant 12 heures, elle est de 6 kilog. environ par cheval. Il y a une grande différence à la vérité, entre ce chiffre avoué par le constructeur, et celui que proclame le prospectus de M. Ransomes ; mais

la comparaison, pour être complète, doit se porter sur tous les détails ; notamment sur les dimensions des machines, sans oublier la qualité du combustible de part et d'autre.

Cette question du combustible a certes une très-grande importance que nous n'avons garde de nier ; mais quand il s'agit de l'agriculture, ne doit-elle pas céder le pas à d'autres, surtout dans certaines provinces où l'instruction des classes laborieuses est nulle à peu de chose près. Ne faut-il pas commencer par introduire l'engin mécanique sous une forme pour ainsi dire aussi primitive que les habitudes de l'homme, afin de le familiariser peu à peu avec les services qu'il doit en tirer, et lui démontrer sans exiger de trop grands efforts de la part de son intelligence, que la mécanique peut suppléer *avantageusement* aux bras qui manquent à la campagne : si cette première question se résout en francs et centimes au profit de la force inorganique, malgré l'importance du combustible dans le compte, ce sera déjà un grand pas de fait, et alors le campagnard se mettra en devoir d'essayer, d'apprendre, et de se familiariser avec le nouvel outil.

L'opération du battage est une de celles qui réclament le plus l'intervention de la mécanique, pour l'affranchir du caprice et de la pénurie des bras. Tantôt un fermier a des granges restreintes par rapport à l'étendue de son exploitation en céréales ; tantôt le cours de ces dernières l'engage à conserver ses gerbes pendant quelque temps, etc. Le jour où son intérêt, ou bien les besoins de ses étables exigent qu'il égrène sa paille, les fléaux sont exigeants, ou ne sont pas disponibles, tandis que la machine peut fonctionner d'une heure à l'autre, et à l'endroit de l'exploitation qui conviendra le mieux.

Voilà le premier progrès à réaliser avant tout autre ; c'est à la simplicité de l'appareil et à une mise de fonds peu considérable qu'il faut viser en premier lieu. C'est à ce point de vue tout pratique que M. Renaud s'est placé

pour concevoir et exécuter sa batteuse qui, tout ensemble, ne pèse que 3000 kilog. et ne coûte que 4200 fr.

Montée sur une seule paire de roues, avec une flèche ou un brancard, deux bœufs ou deux chevaux peuvent la tirer des chemins les plus difficiles.

Or, une machine à vapeur ordinaire de 4 à 5 chevaux sur train à quatre roues, pèse déjà ce poids, et ne coûte guère moins de . . . . . 3500 fr.

Une bonne batteuse sur train à deux roues	
coûte, à Liège, environ. . . . .	1500 fr.

Total . . . . .	5000 fr.
-----------------	----------

Cet ensemble demande au moins un cheval et un conducteur de plus. Dans ces conditions moins avantageuses, nous connaissons un ouvrier mécanicien d'une grande activité, né à la campagne et en connaissant un peu les travaux, qui parcourt depuis trois à quatre ans un grand nombre d'exploitations rurales de la Hesbaye et de localités limitrophes. Par suite d'un arrangement avec le propriétaire de la machine à vapeur et de la batteuse ambulantes, il entreprend le battage à façon chez les fermiers, en prenant à son compte la main-d'œuvre, le combustible et l'entretien de l'appareil, à un prix beaucoup inférieur à celui des fléaux à bras : il a ainsi quadruplé et même souvent quintuplé son salaire tout en rendant au patron un bénéfice qui a permis à celui-ci d'amortir le moteur en deux ans. Ce fait démontre à l'évidence le profit qu'une grande exploitation peut réaliser à l'aide d'un bon outillage.

**Essoreuse à moteur adhérent de MM. Buffaut frères,  
de Lyon (fig. 1, pl. 26).**

L'appareil que nous allons décrire est d'une grande simplicité ; grâce à l'absence de tout engrenage, les plus grandes vitesses de marche s'effectuent avec une douceur peu commune. Le constructeur a donné à la machine

motrice tous les soins que doivent comporter les rotations très-rapides.

Trop souvent, dans les locomobiles, par exemple, moteurs naturellement destinés à souffrir de toutes manières, soit par les vitesses exagérées, soit par le mauvais entretien volontaire ou involontaire, les surfaces frottantes n'ont que les proportions qui conviennent aux machines fixes, à mouvement tranquille, soigneusement entretenues. Une obéissance servile et irréfléchie à la formule, aurait pu devenir un obstacle à la propagation des locomobiles à grande vitesse, si elles n'avaient été forcément introduites par les précieux services qu'elles seules peuvent rendre dans des cas spéciaux très-nombreux.

Si on les rebute encore assez souvent dans notre pays pour l'application rurale, il ne faut pas s'en prendre au système, mais à l'exécution qui entraîne le cultivateur à des dépenses de réparation trop souvent répétées, et qu'il ne consent pas à supporter, malgré les avantages qui lui sont offerts. Dans l'essoreuse en question, le petit cylindre moteur A, appliqué à la cuve B, a 100 millimètres de diamètre intérieur ; le piston à anneaux Ramsbottom a une course de 160 millimètres et communique à l'axe vertical du tambour, par l'intermédiaire de cônes de friction, une vitesse de 300 à 400 révolutions, suivant les besoins.

La tige du piston, en acier fondu, a 37 millimètres de diamètre ; elle est forgée d'une pièce avec la chape du pivot de bielle et de la crosse-guide. Ce pivot a environ 20 millimètres de diamètre et 92 de portée dans le coussinet ; cette portée a donc plus de 4 fois et demie le diamètre ; c'est près *de trois fois les proportions ordinaires*.

L'arbre moteur G est en acier et forgé d'une pièce avec la manivelle et la poulie excentrique de distribution. Les paliers des tourillons ont une assise dont la longueur est plus de 2 fois et demie leur diamètre ; c'est *le double de la proportion habituellement formulée*.

Un ressort très-solide comprime sur le centre de l'axe

moteur, une contre-pointe qui assure la friction des roues d'angle de transmission, sans qu'il en résulte une poussée de l'axe sur les couvercles des paliers. La grande roue, qui a 500 millimètres de diamètre, sert de volant. Les couvercles des paliers sont pourvus de boîtes à graisse amplement approvisionnées ; il en est de même de toutes les parties frottantes, en sorte qu'elles sont constamment baignées dans le liquide lubrificateur.

Une boîte spéciale U sert à alimenter d'huile le coussinet supérieur de l'arbre vertical. Ce coussinet, à cônes inverses, est susceptible d'un rappel très-commode, conservant toujours un centrage parfait.

Un levier U' agissant sur un collier flexible U'', serre celui-ci contre la poulie U''' et forme un frein pour arrêter promptement l'essoreuse, quand on a supprimé l'action de la vapeur. La poulie de ce frein est façonnée de manière à servir de réservoir à l'écoulement des huiles du coussinet supérieur et à les empêcher d'atteindre la matière soumise à l'essorage.

Le pivot inférieur de l'arbre a une grande hauteur, et tourne sur trois galets en acier complètement immergés dans l'huile.

La boîte à bourrage du tiroir étant très-longue, sert de guide, et a permis de laisser à la barre d'excentrique sa plus grande longueur : il en résulte une plus grande régularité de distribution de la vapeur.

L'application du moteur adhérent a l'inconvénient de multiplier les conduites de vapeur, et d'occasionner une perte notable de chaleur et de pression ; mais à côté de ce défaut, elle a l'avantage de l'élimination des transmissions intermédiaires avec tout leur attirail de poulies et de courroies ; et l'avantage plus sérieux de l'indépendance des appareils : pendant l'arrêt d'une essoreuse, qui équivaut au temps du travail, la consommation correspondante de vapeur est supprimée, et dans un établissement qui en emploie un certain nombre, l'économie peut être

considérable. La division du travail lui assure naturellement plus de régularité ; aussi la machine adhérente ne comporte pas de régulateur, ce qui ne pourrait avoir lieu pour une machine activant à la fois plusieurs essoreuses, puisque la vitesse de régime doit être conservée, quel que soit le nombre d'appareils arrêtés momentanément.

## TRAVAIL ET PRIX DE CES MACHINES.

1<sup>o</sup> Pour la soie, opération terminée en 6 minutes :

Diamètre des tambours,	Tours par minute.	Quantité de soie.	Prix avec moteur adhérent.	Sans moteur.
0 <sup>m</sup> ,700	1400	25 <sup>k</sup>	1700 <sup>f</sup>	1100 <sup>f</sup>
0 ,800	1200	30	2100	1300
0 ,900	1000	45	2400	1500
1 ,000	800	65	2600	1700
1 ,200	600	100	3500	2300

La durée de l'arrêt est la même que celle de l'opération ; on peut donc faire soixante essorages dans une journée de douze heures.

2<sup>o</sup> Pour la laine :

		En poils.	En échets.	
Les tambours de 0 <sup>m</sup> ,700 contiennent 10 <sup>k</sup>			15 <sup>k</sup>	
—	0 ,800	—	15	25
—	0 ,900	—	20	35
—	1 ,000	—	25	45
—	1 ,200	—	40	60

Douze opérations par heure.

Le rendement des essoreuses mues par courroies est un peu inférieur. La quantité d'eau extraite varie suivant la nature des matières et la vitesse imprimée, de 70 à 90 pour cent.

Dans les hôpitaux, l'essoreuse à moteur adhérent d'un mètre de diamètre, séche 4500 kilog. de linge par jour ; une heure d'exposition ultérieure au courant d'air, suffit pour obtenir un séchage complet, et en même temps une

blancheur plus satisfaisante, attendu que la lessive obéissant en même temps que l'eau à l'action mécanique, est expulsée presque complètement, ce qui n'a pas lieu par la simple exposition à l'air.

Les mêmes appareils sont appliqués à Lyon, au lavage des phosphates et des sulfates de chaux ; au traitement des garances, des sels de barium, de potasse, etc.

**Essoreuse de M. Hanrez fils, à Marchienne (Belgique)**

(fig. 2, pl. 26)

L'essoreuse que nous venons de décrire, est, comme nous l'avons dit, remarquable par l'étude conscientieuse des détails de la construction et leur parfaite exécution. Le Palais en possède une autre due à M. Hanrez fils, de Marchienne, ingénieur-mécanicien, de l'École de Liège ; elle est destinée plus spécialement au séchage des charbons lavés. La disposition en est nouvelle et ingénieuse. M. Hanrez s'est proposé de faire faire à son appareil un travail continu avec alimentation et dégorgement sans interruption. Cet effet est obtenu au moyen d'une hélice en tôle tournant à l'intérieur du tambour avec une faible vitesse relative en vertu de laquelle le charbon descend en se séchant vers un dégorgeoir situé au bas de l'hélice. Cet appareil est on ne peut plus digne d'attirer l'attention. Nous croyons savoir qu'il est déjà depuis quelque temps apprécié : si, comme nous n'en doutons pas, la bonne et solide exécution est digne de l'idée qui a dicté cette disposition, nous croyons que cet appareil est appelé à un succès sérieux et pourra voir s'étendre son application à d'autres usages. Notre *Revue de l'Exposition* reviendra ultérieurement sur cet appareil à propos de la préparation des charbons et de la fabrication des agglomérés.

Nous avons regretté de ne pas voir figurer à l'Exposition les essoreuses employées généralement aujourd'hui

dans les fabriques de sucre de l'Allemagne. Ces essoreuses présentent l'avantage d'une grande simplicité ; elles sont entièrement dégagées du dessous et reçoivent leur mouvement au-dessous du tambour.

Cette disposition facilite beaucoup le nettoyage et les réparations. La transmission de mouvement s'effectue au moyen d'une courroie passant sur un manchon calé sur l'axe. Notons encore qu'un frein permet d'arrêter le mouvement et que l'axe vertical de l'essoreuse est saisi immédiatement au-dessous du tambour par un collier d'où partent des rayons agissant à leur extrémité sur des ressorts de caoutchouc, de manière à permettre un faible déplacement à l'axe qui est guidé dans un coussinet sphérique.





PRODUITS  
DE  
L'EXPLOITATION DES MINES  
ET DE LA MÉTALLURGIE

**PAR DE SELLE**

Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures





# PRODUITS DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

---

L'Exposition universelle présente une collection très-complète de substances minérales. On y rencontre toute la suite des minerais métalliques traités dans les diverses fonderies du globe, un grand nombre d'échantillons de matériaux de construction, enfin des minéraux rares d'un intérêt purement théorique ou mis à profit pour l'ornement. Nous chercherons à faire connaître ici les plus remarquables de ces produits en précisant, autant que possible, l'âge géologique qu'il convient d'attribuer à chacun d'eux.

L'impossibilité d'embrasser d'un seul coup d'œil toutes les parties de ce vaste ensemble, nous obligeant à établir dans notre description quelques divisions, nous passerons successivement en revue les produits des diverses nations en commençant par la France, après avoir donné une connaissance sommaire de la constitution géologique du sol de cette contrée.

On peut dire, dès l'abord, que tous les terrains reconnus dans les différentes parties du monde ont en France leurs représentants. Le granite et la cristalline qui l'accompagne, constituent les protubérances montagneuses, dont les lignes culminantes encaissent les bassins plus

circonscrits, où se sont effectués les dépôts d'un âge plus récent. On voit apparaître ces terrains anciens, dont les arêtes élevées déterminent les tracés les plus généraux des bassins hydrographiques, dans cinq régions distinctes : 1<sup>o</sup> dans cet ensemble montagneux du centre de la France comprenant les monts du Vivarais, du Forez, du Limousin, de l'Auvergne et des Cévennes ; 2<sup>o</sup> dans les Vosges, sous forme d'un noyau allongé faisant face au massif de la Forêt-Noire et formant avec lui le défilé qui détermine le cours du Rhin depuis Bâle jusqu'à Strasbourg ; 3<sup>o</sup> dans le massif surélevé des Alpes dont la ligne de faîte constitue notre frontière du côté de la Suisse et de l'Italie ; 4<sup>o</sup> sur notre frontière du côté de l'Espagne, affectant la forme d'îlots, tantôt raccordés entre eux, tantôt isolés les uns des autres depuis Bayonne jusqu'au cap Creux ; 5<sup>o</sup> enfin, dans la presqu'île de Bretagne et le département de la Vendée.

Les terrains de transition proprement dits apparaissent constamment adossés, aux flancs des massifs, couronnés par le granit et les roches schisteuses qui lui sont associées. Ce n'est pourtant que dans la presqu'île de Bretagne qu'il présente un développement complet. Le terrain silurien s'y concentre dans deux bassins, l'un au Sud, dans la Vendée, l'autre au Nord, suivant une ligne tracée de Brest à Alençon, et passant par Saint-Malo. Ces deux bassins ne sont pas cependant complètement isolés l'un de l'autre, mais mis en communication par un certain nombre de rameaux dont on trouve les traces à Mortain et à Domfront. Le terrain est constitué par un certain nombre de roches arénacées et schisteuses : à la base, des conglomérats et des grès quartzeux ; des schistes verdâtres présentant un éclat soyeux, très-développés aux environs de Belle-Isle : des dépôts calcaires compacts et grisâtres apparaissant là et là, avec l'apparence de marbres et sont exploités comme tels dans les côtes du Nord, aux environs de Dinan : enfin, au-dessus de tous ces

dépôts, affleurent des schistes argileux et ardoisiers passant à des grauwackes, que l'on peut rencontrer à Angers, Saint-Sauveur et Vitré.

Le terrain dévonien n'est représenté sur une large échelle qu'en Vendée. Au nord de la Loire, les dépôts de cet âge sont compris dans un triangle, dont la base s'étend d'Ancenis à l'embouchure de la Mayenne, et dont le sommet se place à Riaillé (Loire-Inférieure). On en trouve encore quelques îlots sporadiques répandus dans la direction sud-est à nord-ouest, entre Sablé et Laval, ainsi qu'au sud de Rennes. Ce sont partout des poudingues, des grauwackes, des schistes argileux, des calcaires compacts, passant à des marbres de couleur sombre. Ce terrain apparaît encore, sous la forme d'un noyau oblong, dans le bas Boulonnais, aux environs de Ferques, avec une richesse tout exceptionnelle en débris d'animaux appartenant à des espèces éteintes; mais, à cette place, il doit être considéré comme le prolongement du puissant dépôt dévonien de la Belgique, apparaissant de nouveau en ce point, après avoir été recouvert dans l'intervalle par les dépôts crayeux et tertiaires. Ces couches, mises à jour dans un très-grand nombre de carrières, présentent aussi une complète ressemblance avec les assises du terrain dévonien, qui affleurent, sur les pentes de la vallée du Rhin, depuis Bingen jusqu'à Bonn.

Le terrain houiller occupe en France une surface de 400.000 hectares. On en partage les bassins en cinq groupes distincts : 1<sup>o</sup> groupe du Nord, comprenant les exploitations des départements du Nord et du Pas-de-Calais. Ce bassin n'est que le prolongement du bassin belge qui se poursuit lui-même, sous forme d'îlots alignés, jusqu'au-delà du Rhin, vers Ruhrtort; 2<sup>o</sup> le groupe de l'Est : exploitation de Ronchamps, dont les couches se prolongent probablement au-dessous des terrains secondaires de la Moselle, pour se raccorder avec les couches de Carling et de Sarrebruck; 3<sup>o</sup> le groupe de l'Ouest : houillères de la

Basse-Loire et de la Vendée ; 4<sup>e</sup> le groupe du Centre, embrassant les houillères de Blanzy, du Creusot, de Saint-Étienne, de Rive-de-Gier, et tous les centres d'exploitation compris dans un triangle dont la base s'étend d'Alais à Autun, et dont le sommet est à la jonction des départements du Lot, du Cantal et de la Corrèze ; 5<sup>e</sup> le groupe du Midi : houillères de l'Aveyron, du Gard et du Tarn. Les roches qui accompagnent la houille sont les grès et les argiles schisteuses.

La formation permienne est très-peu développée en France, et le fragment circonscrit que nous en possédons, doit être considéré comme un lambeau d'une formation toute germanique. Ce n'est que dans la partie des Vosges, qui se relie à l'Allemagne, que ce terrain a été reconnu sur des surfaces un peu étendues. Il consiste en grès rougeâtres, recouverts de calcaires dolomitiques, ou même sans interposition de calcaires, surmontés d'un autre étage arénacé désigné sous le nom de grès vosgien.

La formation du trias est encore représentée en Allemagne sur des surfaces beaucoup plus étendues qu'en France. On la rencontre cependant dans l'Est et dans quelques bassins méridionaux. Le grès bigarré apparaît dans la Moselle, les Vosges, l'Aveyron ; le calcaire conchylien dans les environs de Lunéville et dans l'Alsace ; les marnes irisées, avec leurs puissants dépôts de sel gemme et leurs lits accidentels de gypse et d'anhydrite, dans le département de la Meurthe.

A la formation jurassique appartiennent, au contraire, de vastes dépôts, dont l'ensemble met très-nettement en lumière la distribution géographique des massifs anciens qui les encaissent. On les voit contourner le plateau central, de manière à tracer une courbe fermée, puis projeter deux rameaux latéraux, l'un adossé aux Vosges, l'autre au massif de la Bretagne et de la Normandie, de manière à affecter dans leur contour général la forme d'un compas sphérique, dont deux branches sont ouvertes.

Les dépôts crétacés suivent encore complètement ce même tracé. Ils apparaissent adossés aux couches jurassiennes, se moultant sur leurs contours, de manière à dessiner au nord du plateau central une portion de courbe elliptique, jalonnée par le Havre, Mortagne, le Mans, Chatellerault, Sancerre, Auxerre et Verveins ; un second bassin côtoie la lisière occidentale du même plateau, depuis l'île d'Oléron jusqu'au sud de Gourdon ; un troisième, la lisière orientale, et s'étend depuis Montpellier jusqu'au nord d'Annecy, conservant cette même direction d'alignement jusqu'au-delà de Schweiz et de Glaris, en Suisse. Enfin, une autre bande s'étend d'une manière presque continue en suivant les Pyrénées depuis Saint-Jean-de-Luz jusqu'à Narbonne.

Les terrains tertiaires se partagent avec les terrains d'alluvion les surfaces non recouvertes par les dépôts précédents. Ils apparaissent dans toute cette contrée peu élevée, limitée au nord par les collines de Picardie, au midi et latéralement par ces deux rameaux montagneux issus des Cévennes, au point de jonction de cette chaîne avec la Côte-d'Or, l'un se dirigeant vers Alençon par le Nivernais, l'Orléanais et le Perche ; l'autre, tourné d'abord vers les Vosges, puis vers les Ardennes. On retrouve encore au sud-ouest les terrains tertiaires joints aux dépôts d'alluvions anciennes, dans cette vaste plaine représentant à peu près l'ancien royaume d'Aquitaine, comprise entre les Pyrénées, l'Océan et une ligne sinuuse tracée de Carcassonne à l'embouchure de la Gironde, en passant par Alby, Cahors et Bergerac. Les sédiments ameublis, dus aux alluvions anciennes, se retrouvent pareillement sous forme d'une bande allongée d'une largeur à peu près uniforme de 40 kilomètres, se dirigeant du nord au sud depuis Gray jusqu'à Saint-Marcellin.

Les alluvions modernes apparaissent dans toutes les grandes vallées, sous forme de sédiments, présentant toute la suite des débris des couches superficielles traversées

par les cours d'eau qui y circulent, mais à des hauteurs incompatibles avec le régime actuel des eaux.

Nous parlerons successivement ici des produits non métalliques, puis des produits métalliques, enfin nous consacrerons un chapitre spécial aux matériaux de construction.

§ 1<sup>er</sup>. PRODUITS NON MÉTALLIQUES. — Le plus grand nombre des compagnies houillères ont envoyé à l'Exposition les types des combustibles qu'offrent leurs exploitations. On comprendra facilement qu'un intérêt tout spécial s'attache à l'étude de ces produits, par le rôle si important que joue dans l'industrie l'extraction de la houille.

Les mines du Nord sont représentées par les compagnies d'Aniche, de Lens et de Courrière. On sait que le terrain houiller forme au Nord des Ardennes une longue bande allongée, s'étendant de Liège à Hardingen. Dans toute la portion de bassin comprise entre Liège et Douai, la direction de la zone houillère est dirigée à peu près exactement de l'est à l'ouest, mais à partir de Douai, elle se relève légèrement dans la direction de Béthune. L'exploitation d'Aniche se trouve précisément placée à ce point d'inflexion, et c'est aux travaux d'exploration exécutés sur le territoire de cette concession que l'on doit la connaissance de l'allure du terrain houiller dans le Pas-de-Calais. Les couches houillères affleurent dans les environs de Liège, mais plongent ensuite sous la craie de France, en contournant un massif de calcaire carbonifère formant cap dans la mer houillère. A Aniche, l'épaisseur des morts terrains à traverser est de 125 à 230 mètres. La surface de la concession est à peu près égale à celle de la compagnie d'Anzin. L'allure des couches est très-régulière. Les premiers travaux portèrent sur un faisceau de couches de houilles grasses à courte flamme, puis on découvrit vers Somain un nouveau gisement composé de douze couches d'un combustible sec et flambant : enfin, les travaux d'exploration entrepris vers le sud ont con-

duit à la découverte de nouvelles couches de houille grasse.

Les mines de Lens et de Courrière sont situées à l'ouest des mines d'Aniche, dans la portion du bassin dirigée nord-ouest, vers les relèvements des terrains houillers signalés depuis longtemps à Hardinghen (Pas-de-Calais). Le bassin du Pas-de-Calais se distingue de celui du département du Nord, en ce que tandis que dans ce dernier les charbons anthraciteux et les houilles maigres apparaissent constamment à la lisière nord, dans le premier, au contraire, l'exploitation a découvert immédiatement, superposées au calcaire carbonifère, des couches de houille demi-grasses, représentant par conséquent la base de la formation.

La concession de Lens occupe une étendue de 6239 hectares et sa production annuelle est de 273.301 tonnes. La concession de Courrière occupe une étendue de 5317 hectares et sa production est de 203.690 tonnes.

Le groupe houiller de l'ouest est représenté par la compagnie des mines et fours à chaux de la Basse-Loire. Le sol de transition de cette contrée exigeant absolument l'introduction de la chaux dans les terres destinées à la culture, le combustible extrait des différentes exploitations est en grande partie réservé à la cuisson du calcaire. Cette contrée, pauvre il y a quelques années et pouvant à peine nourrir ses habitants, a été comme transformée par l'industrie agricole et mise en état d'exporter ses céréales. La direction du bassin houiller de la Basse-Loire coïncide à peu près avec la ligne qui joint Doué (Maine-et-Loire) et Nort (Loire-Inférieure). Sa longueur totale est d'une centaine de kilomètres sur une largeur variable de 500 à 1200 mètres. Les principales exploitations sont celles de Layon et Loire, de Chalonnes et Saint-Georges, de Montrelais et Mouzeil. La production totale du bassin a été, en 1866, de 110.000 tonnes. Les perturbations géologiques subies par le sol houiller, les compressions vio-

lentes qui en sont résultées, ont dénivelé, sur un très-grand nombre de points, des couches qui, à l'origine, étaient en prolongement, et les ont transformées en une série d'amas, tantôt renflés, tantôt étranglés, parfois même réduits à l'état pulvérulent. A ces accidents géologiques sont venus s'en joindre d'autres : des actions métamorphiques ont transformé tout l'ensemble du terrain houiller et converti sur un grand nombre de points les argiles schisteuses en roches feldspathiques et la houille en anthracite. Ajoutons que l'exploitation est encore compliquée par la présence, sur de très-larges surfaces du bassin, d'alluvions perméables de la Loire, que les puits ont à traverser sur une vingtaine de mètres.

Les houillères de l'Est sont représentées par la compagnie de la Moselle. Ce bassin est constitué par le prolongement des couches houillères affleurant à Sarrebruck au-dessous du grès vosgien et du grès rouge. Ce n'est que dans le voisinage de la Sarre que la formation est bien développée, et c'est aussi en se rapprochant de cette rivière que commencèrent (1816) les premiers travaux. Ils furent entrepris dans le dessein de mettre nos usines de l'Est à l'abri des chances de chômage pouvant provenir de l'interruption des importations prussiennes. Depuis lors, de nombreux sondages ont été exécutés sur beaucoup de points, toujours placés dans le voisinage de la frontière prussienne et plus de la moitié ont reconnu le terrain houiller. Le puits de Carling a pu atteindre le gisement malgré les difficultés extrêmes du passage des niveaux, et fournir à une exploitation régulière. Un autre puits, foncé près de l'Hôpital, a également traversé avec succès les niveaux et donnera bientôt un nouveau champ d'extraction. Depuis longtemps, d'ailleurs, la concession de Schœneck fournit du combustible ; sa production a été, en 1866, de 150.000 tonnes.

Le groupe du Centre est représenté par la société anonyme des houillères et du chemin de fer d'Epinac ; par

les compagnies houillères de Saône-et-Loire, de la Creuse, de la Loire et de Châtillon-Commentry.

Les houillères d'Epinac sont placées dans le bassin d'Autun. La couche exploitée, assise à la base de toute la formation, a la forme d'un fer à cheval ; elle est subdivisée en bancs par des couches intercalées de schistes et de grès ; ces bancs ont une puissance variable de 1 à 4 mètres. Le bassin d'Autun produit annuellement 160.000 tonnes de houille.

Le bassin de Saône-et-Loire se présente sous forme d'un noyau allongé, terminé par deux zones d'affleurement, l'une au nord, sur laquelle est établi le Creusot, l'autre au midi, sur laquelle sont ouvertes les exploitations de Blanzy et de Montceau-les-Mines. La partie centrale paraît évidemment occupée aussi par le terrain houiller, mais il est recouvert, dans l'intervalle des affleurements, par les couches triasiques. La couche du Creusot fournit de l'anthracite, des houilles anthraciteuses, des houilles mi-grasses et grasses. Elle a une puissance normale de 8 à 10 mètres et atteint même, dans certains renflements, une puissance de 20 mètres. Son affleurement peut être suivi sur une longueur de 1400 mètres. Inclinée sous un angle de 60 à 80° dans le voisinage du sol, elle se rapproche de l'horizontale à des profondeurs variables de 100 à 300 mètres. Le gîte de Blanzy se compose principalement de deux couches d'une puissance de 10 à 20 mètres, et donnant une production annuelle de 400.000 tonnes. On y rencontre une très-grande variété de combustibles. Le puits Magny donne de l'anthracite, le puits Cinq-Sous du charbon mi-gras, le puits Sainte-Elisabeth du charbon gras. L'ensemble des bassins d'Epinac, de Blanzy et du Creusot, a donné, en 1865, une production de 870.000 tonnes.

Le bassin d'Aun (Creuse), représente le groupe de ces petits îlots houillers répandus à la surface du plateau central. Les produits de l'extraction, autrefois sans débou-

chés, trouvent aujourd'hui un écoulement sur l'embranchement d'Aubusson ; aussi l'extraction de la houille qui, en 1863, n'était encore que de 8000 tonnes, s'est-elle trouvée portée, en 1866, à plus de 100.000 tonnes. De tous les petits bassins du Centre, celui d'Ahun est le plus riche. Il s'étend sur une surface de 20 kilomètres carrés. Il renferme sept couches dont l'allure en fond de bateau est souvent modifiée par des failles nombreuses. Les compressions, résultant des mouvements du sol, se sont fait beaucoup plus sentir au nord qu'au midi : il en résulte que, vers la bordure nord, toutes les couches ont subi un écrasement général qui a sensiblement affaibli leur puissance.

La réunion des compagnies houillères de la Loire comprend les mines de la Loire, de Saint-Etienne, de Montrambert et de la Béraudière, de Rive-de Gier, de la Chazotte, de Roche la-Molière, de Firminy et de Beaubrun. La formation houillère s'étend sur une surface de 22.000 hectares, et sa production représente le quart de la production totale de la France. Le bassin a une forme triangulaire. Il est partagé en deux régions distinctes par la crête saillante des montagnes du Lyonnais déterminant la ligne de partage des eaux de la Loire et du Rhône. Ces deux régions ont pour centres Saint-Etienne et Rive-de-Gier, et diffèrent encore au point de vue de l'exploitation. Le bassin de Rive-de-Gier présente une couche de 8 à 18 mètres de puissance avec allure en fond de bateau et d'autres couches moins épaisses, dont le nombre se réduit parfois par la jonction de deux d'entre elles. C'est la formation houillère inférieure.

Le bassin de Saint-Etienne se compose de trois étages couvrant des espaces décroissants, accidentés par des failles nombreuses, présentant une série de ploiements et d'étranglements : c'est la formation houillère supérieure. On y exploite des houilles anthraciteuses et des houilles grasses. Les houilles à coke et à gaz proviennent de Firminy, Montrambert et Roche-la-Molière.

Le bassin de l'Allier est représenté au Champ-de-Mars par les combustibles extraits du gîte de Bezenet. On peut voir un modèle du dépôt, avec indication des méthodes d'exploitation dans le pavillon de Châtillon-Commentry. La richesse de ce bassin peu étendu résulte de la puissance des couches, fournissant principalement des houilles maigres à longue flamme. Le bassin de Bezenet produit environ 300.000 tonnes de combustible : il fait suite au bassin de Commentry qui donne environ 500.000 tonnes.

Le groupe du Midi a pour représentants les houillères de la Rulhe (Aveyron), du bassin du Gard, de l'Hérault et du Tarn.

Les dépôts exploités par la société anonyme de la Rulhe sont les couches les moins élevées du bassin de l'Aveyron, qui peut se décomposer en quatre assises distinctes. L'assise inférieure, ou grande couche de Decazeville, d'une puissance de 30 à 35 mètres, occupe le centre du bassin ; l'assise du Fraysse, séparée de la précédente par une couche de 50 mètres de roches arénacées stériles, comprenant trois bancs d'une puissance variable de 1 à 5 mètres ; l'assise dite de Campagnac, où s'isole une grande couche de 6 à 15 mètres de puissance ; enfin l'assise de la Rulhe, reconnue seulement sur le périmètre du bassin, fournissant la même qualité de combustible que les niveaux précédents, dans une série de couches d'une puissance de 1 à 3 mètres.

Le bassin du Gard occupe en France le troisième rang au point de vue de la production. Son rendement dépasse aujourd'hui 1.000.000 de tonnes. Le bassin est divisé en deux portions par un promontoire de schiste talqueux verdâtre. Ces deux grandes divisions correspondent aux exploitations de la Grand'Combe et de Bessèges. La difficulté de déterminer l'allure des couches et de les classer dans un ordre logique, a nécessité de la part des compagnies des travaux de recherche très-considérables. Dans le département du Gard, le terrain houiller

se présente comme brusquement, en se dégageant des recouvrements triasiques. Le pays est extrêmement accidenté, et les couches de houille ont subi des déplacements et des déformations qui en rendent l'étude très-difficile. La richesse houillère consiste dans un ensemble de 18 couches donnant une épaisseur totale de 25 mètres. L'intérêt tout spécial, qui s'attache à ce bassin est dans l'avenir de l'exploitation ; l'allure des couches permet, en effet, de penser qu'elles se prolongent à de très-grandes distances, sous les terrains postérieurs et sur des espaces beaucoup plus étendus que la zone d'affleurement, qui seule a été fouillée jusqu'à ce jour. L'on ne saurait douter que, le prix de la houille venant à s'élever de manière à couvrir des frais plus élevés d'exploitation, elle ne puisse être de nouveau recoupée par des travaux convenablement placés dans la région non explorée.

Nous trouvons également dans la section française les produits des exploitations de Graissessac et de Carmaux. La première, placée dans le département de l'Hérault, écoule ses produits par le chemin de fer de Béziers, et produit 150.000 tonnes de combustible. La vallée houillère, où s'est effectué le dépôt, présente ce caractère tout particulier d'avoir été soulevé à la suite de phénomènes éruptifs, de manière à dominer aujourd'hui tous les dépôts d'un âge plus récent. Le bassin de Carmaux, dans le Tarn, écoule ses produits vers Alby, par un chemin de fer spécial. Les couches y sont très-régulières, d'une puissance de 1 à 3 mètres. Les limites de la formation houillère sont encore incertaines. Les recouvrements du côté de l'ouest sont triasiques, du côté du sud, tertiaires. Les sondages pratiqués au midi ont recoupé le terrain de transition. Cette région ne présente, par conséquent, aucune chance d'extension pour l'avenir ; mais, du côté de l'ouest, l'on a cru remarquer que les roches arénacées houillères passaient par des transitions ménagées aux grès bigarrés. Ces similitudes entre les deux formations

font penser qu'elles se relient l'une à l'autre et que sous les couches du trias l'on pourrait de nouveau retrouver le gisement houiller. Ce bassin produit environ 135.000 tonnes.

La société des charbonnages des Bouches-du-Rhône a également exposé les différents types de ses lignites tertiaires. Ces combustibles ont une composition très-voisine de celle de la houille. Le centre des exploitations est Fuveau ; la production s'élève à 200.000 tonnes.

De toutes les substances minérales, celles qui se rapprochent le plus des combustibles sont les bitumes et les carbures liquides. Les combustibles ne sont même, à proprement parler, que des mélanges en proportions variables de carbone fixe et de carbures d'hydrogène, de la nature du bitume. C'est là un fait que démontre journallement l'opération de la distillation de la houille dans les usines à gaz. Les bitumes appartiennent d'ordinaire aux formations tertiaires ; on les rencontre cependant également à d'autres niveaux géologiques. Les produits bitumineux du Bas-Rhin figurent à l'Exposition. On rencontre à Lobsann des sables cimentés par du bitume ; et pour séparer cette substance de sa guangue, il suffit de projeter les fragments du grès bitumineux dans l'eau bouillante ; le sable est précipité, et le bitume vient de lui-même surnager.

Les asphalte sont des calcaires imprégnés de bitume ; l'eau bouillante seule ne pourrait ici opérer la séparation, et pour la provoquer, il faudrait recourir à des dissolvants. Ils sont employés en nature comme mastics pour les revêtements de trottoirs. Exposés simplement à l'influence sclaire, ces calcaires se désagrégent ; puis, chauffés à une chaleur modérée dans des récipients convenablement disposés, ils se divisent d'eux-mêmes, sous la forme d'une fine poussière, qui, étendue sur le sol et pilonnée au moyen d'instruments, portés à une température élevée, forme à la surface un revêtement imperméable. A Lobsann,

on rencontre ces calcaires sous forme de couches, ou plutôt de lentilles allongées, alternant avec des bancs de sable, formant tout un ensemble arénacé, qui vient buter contre l'un des contre-forts des Vosges. Les asphalte de Seyssel, Volans et Perretar (Ain et Haute-Savoie), dont les produits ont été exposés, se présentent sous forme de brèches calcaires renfermant un peu de bitume. Ce bitume, probablement arrivé à l'époque tertiaire, a imbibé les calcaires néocomiens sous-jacents. On rencontre également du bitume dans les Landes et dans les environs de Manosque. On en a trouvé aussi des gîtes d'une grande richesse, dans les terrains paléozoïques du Canada et des États-Unis.

On a souvent discuté sur l'origine des bitumes : les uns y ont vu seulement le résultat de la décomposition des matières organiques. Il est certain qu'à Lobsann, par exemple, il y a association constante du lignite avec le bitume. Mais ce fait n'est point général, et pour expliquer sa présence dans certains gisements, il faut admettre qu'il y a été apporté par des émanations souterraines. Il est incontestable qu'il existe dans les régions profondes du globe des sources inépuisables de carbures d'hydrogène. On constate leur présence dans toutes les éruptions volcaniques ; ils accompagnent l'acide borique dans les suiflons de la Toscane ; enfin, ils figurent parmi les produits de ces petits volcans boueux désignés sous le nom de salzes, dont on voit un grand nombre dans les Apennins, la Sicile et le Caucase. L'eau boueuse, rejetée au dehors, donne lieu à des sédiments qui prennent la forme d'un petit cratère ; il se forme un cône par voie humide, et l'eau ruisselle sur ses parois ; or, cette eau est toujours salée et accompagnée de bitume. Sur les bords de la mer Caspienne, on observe beaucoup de ces volcans, et même en pleine mer, on voit, à certaines places, les eaux constamment agitées par la venue de ces produits souterrains. Quand on cherche à préciser sur une carte la position de

toutes ces sources de bitume, on remarque qu'elles ont comme une tendance à s'aligner, les unes à la suite des autres, suivant des directions que jalonnent des volcans encore en activité. Ces phénomènes d'apport de bitume paraissent donc résulter de fractures du sol et de sublimations souterraines. En Auvergne, là où l'on peut observer des épanchements de basalte sur les calcaires, là aussi on remarque des suintements de bitume (Puy-de-la-Poix), et l'on peut, dans les fractures du sol, recueillir des agathes, des quartz cristallisés, en un mot des minéraux d'une origine thermale. Il semble donc qu'il y ait entre eux communauté d'origine. A Lobsann même, le calcaire qui contient le bitume est cristallin, saccharoïde et sa texture serait incompatible avec son âge géologique si l'on n'admettait qu'il a subi une altération provenant d'une cause profonde.

On pourra remarquer également l'asphalte de Servas (Gard). La roche asphaltique appartient ici au calcaire lacustre éocène. La concession date de février 1844, et l'exploitation de février 1849. L'usine, placée à deux kilomètres d'Alais, marche sans interruption depuis sa fondation, et livre annuellement à la consommation 800 à 1000 tonnes de mastic asphaltique. Les autres gisements qui ont leurs représentants sont ceux de Sorgues (Vaucluse) et de Ménat (Puy-de-Dôme).

Le bitume imprègne fréquemment des schistes et donne, par la distillation, des huiles mises à profit pour divers usages. Ces schistes sont très-développés dans le bassin d'Autun (Saône-et-Loire). Dans le début, l'industrie de la distillation des huiles minérales eut à lutter contre une série d'obstacles qui retardèrent singulièrement son développement. Ce ne fut qu'en 1861 que ces barrières commencèrent à s'effacer, et aujourd'hui vingt concessions s'étendent sur le territoire schisteux du bassin d'Autun, donnant une production annuelle de 20.000.000 de litres. Le dépôt qui, vers l'est, comprend la formation houillère

d'Epinac, renferme des schistes d'une très-grande richesse. La surface du bassin est de 27 kilomètres de longueur sur 10 environ en largeur ; son périmètre est déterminé par les relèvements granitiques qui l'encaissent. On distingue trois couches de schistes nettement distinctes :

1<sup>o</sup> La couche d'Igornay, qui repose sur les flancs de l'enceinte granitique et s'enfonce au-dessous de toutes les autres. Elle a été reconnue à Igornay et s'étend sur une très-grande surface. Son épaisseur est de 35 mètres, et elle renferme trois bancs de 3 à 4 mètres de puissance, donnant lieu à une exploitation très-active ;

2<sup>o</sup> Une deuxième couche de 3 mètres d'épaisseur traverse le bassin dans le sens de sa longueur ;

3<sup>o</sup> Un troisième banc de 0<sup>m</sup>,25 paraît terminer supérieurement la formation bitumineuse. Mais cette assise, bien qu'aussi riche en carbures volatils que le Boghead, est d'une exploitation onéreuse à raison de son peu d'épaisseur.

Près des affleurements, on trouve des empreintes de poissons du genre *Palaeoniscus*, d'encrines, de fougères, de lycopodiacées, de conifères, et des fruits transformés en pyrite de fer. Le gîte est, en général, rapporté au trias. Le genre *Palaeoniscus* appartient d'ordinaire, il est vrai, à l'époque permienne ; cependant on peut encore le retrouver dans le trias. Agassiz décrit sous le nom de *Palaeoniscus fultus*, un poisson fossile, découvert en Amérique dans des marnes argilo-bitumineuses, subordonnées à des sables, que M. Quenstedt rapporte à la période triasique.

La première usine fondée fut celle d'Igornay. Elle est approvisionnée par un champ d'exploitation s'étendant sur une surface de 522 hectares (concession du 27 juillet 1841). Le minerai d'Igornay rend environ 5 % d'huile brute d'une densité moyenne de 830 à 835. Les autres minerais du bassin donnent des huiles d'une densité de 870 à 910.

Le rendement des huiles brutes en huiles légères est de 80 % pour les schistes d'Igornay, 50 à 30 % pour les autres schistes du bassin.

Le matériel de la distillation, à l'usine d'Igornay, comprend 110 cornues d'une contenance de 7 hectolitres, pouvant distiller 77 mètres cubes en 18 heures, soit 96 mètres cubes par jour.

La fabrication générale se divise en :

Huiles légères pour l'éclairage d'une densité de 818 à 820 ;

Huiles lourdes d'une densité de 870 ;

Huiles à graisser d'une densité de 900 à 910 ;

Parafines pour bougies ;

Goudrons pour asphalte.

Les eaux ammoniacales et les goudrons acides ne sont pas utilisés ; cependant, en versant dans les eaux ammoniacales provenant de la distillation, les goudrons chargés d'acide sulfurique, séparés par décantation, après le battement des huiles, on donnerait naissance au sulfate d'ammoniaque, qui, mélangé aux minerais épuisés pourrait fournir un précieux engrais à l'agriculture.

L'analyse des schistes du bassin conduit aux chiffres suivants qui expriment une moyenne :

Carbone.....	23
Bitume.....	12
Silicate d'alumine, alcalis, silice.....	55
Eau.....	10
	<hr/>
	100

C'est à l'imperfection des appareils distillatoires, qui ne s'opposent point suffisamment à la décomposition des vapeurs bitumineuses, lors de leur contact avec les parois de la cornue, qu'il faut attribuer la différence entre le rendement effectif de 5 % et celui de 12 % que l'analyse semblait indiquer ; mais les gaz perdus sont utilisés dans

l'usine, au moyen d'un procédé spécial, au chauffage des cornues.

Le pouvoir éclairant des huiles de schiste est, d'ailleurs, on le sait, supérieur à celui des pétroles. Dans les lampes spéciales, dites à disque, l'huile de schiste donne, pour une consommation de 30 grammes à l'heure, la lumière de 18 bougies, et il faut 38 grammes de pétrole pour obtenir la même lumière.

On remarquera encore les schistes bitumineux de Vagnas (Ardèche) ; ils appartiennent au terrain lacustre éocène. La couche exploitée est celle dite du Champ-Crébat. Elle présente la composition suivante :

Huile brute.....	10
Eau ammoniacale.....	33
Matières terreuses.....	32
Gaz inliquéfiables.....	5
Carbone fixe .....	20
	<hr/>
	100

A côté des bitumes et des asphalte, se placent naturellement les pétroles, produits dont la consommation s'est élevé depuis quelques années, dans une proportion très-considérable. Le pétrole est un carbure d'hydrogène liquide, qui se trouve fréquemment associé au bitume, et l'on ne saurait douter que ces deux substances minérales n'aient même origine.

On a découvert, il y a peu de temps, à Schwabwiller (Bas-Rhin), une couche pétrolifère qui semble devoir fournir des quantités considérables d'huile minérale. L'exploitation est, d'ailleurs, des plus simples : elle consiste à ouvrir dans le gîte un puits d'une trentaine de mètres de profondeur et à percer dans la conche des sables pétrolifères ainsi recoupée, une galerie blindée. Le pétrole suinte sur toute la surface découverte et vient de lui-même se rassembler au fond du puits. L'exploitation four-

nit aussi évidemment des déblais dont le pétrole peut être extrait par distillation.

Le gite paraît être extrêmement riche et pouvoir se prêter par la suite à un développement considérable ; car la production journalière de 3000 kilogrammes d'huiles brutes, provenant seulement du traitement des sables amenés au jour, ne représente que l'exploitation d'un demi-hectare par année et la concession permet de disposer de 1130 hectares.

La distillation des matières bitumineuses et des pétroles donne naissance à une série de produits carburés artificiels, que l'on voit figurer à côté des substances minérales dont elles dérivent. Entre ces produits, figure la paraffine, substance nacrée, cristalline ou lamelleuse, d'une composition assez difficile à préciser et qui paraît résulter du mélange de plusieurs espèces isomériques avec le gaz oléifiant. Nous nous y arrêtons un instant parce qu'elle a apparu dans quelques circonstances comme produit naturel. On croit l'avoir rencontrée dans un météorite tombé en 1838 au cap de Bonne-Espérance, et dans une autre pierre tombée en 1857, à Kaba, en Hongrie.

Le résidu lui même de la distillation de ces substances charbonneuses est mis à profit. C'est le briquet que l'on utilise aujourd'hui comme ciment des poussières de houille, pour la fabrication des agglomérés.

On connaît en France treize dépôts de sel gemme dont neuf seulement sont exploités. Ils sont situés dans le Jura, la Haute-Saône, la Meurthe, la Moselle et les Basses-Pyrénées. On a cru longtemps que le terrain du trias avait, pour ainsi dire, le monopole des gisements salins, comme le terrain houiller semble avoir le privilége des couches puissantes de houille ; mais l'expérience a appris qu'on pouvait rencontrer le sel gemme à tous les niveaux géologiques. Aux États-Unis, dans la Virginie, le terrain silurien renferme une lentille de sel gemme de 60 mètres d'épaisseur. On peut observer en Chine un certain nom-

bre de sources salées découlant des terrains carbonifères ; le gîte de Halle, en Prusse, appartient à la période permienne. Il y a des dépôts salifères contemporains de la craie ; enfin, on rencontre pareillement le sel gemme en Palestine et sur les deux versants des Karpathes, dans des gîtes tertiaires.

Les salines de France sont représentées par les exploitations de Saint-Nicolas (Meurthe) et de Camarade (Ariège) ; la première, ouverte dans les marnes irisées ; la seconde, dans la formation du grès vert. Les dépôts de l'Ariège sont, par conséquent, contemporains du gisement salin de Cardona (Espagne), si remarquable par sa puissance et la pureté de ses produits.

Le soufre, qui semble un produit étranger à notre sol et réservé aux contrées volcaniques, figure cependant parmi les produits de la section française. C'est le soufre natif de la mine de Tapets, près Apt (Vaucluse). Ce gisement a d'autant plus d'intérêt qu'il représente la seule exploitation de soufre concédée en France. La surface de la concession est de 78 hectares ; elle a été instituée en faveur de M. Lajarrige, en septembre 1857. Le dépôt affecte la forme d'une couche régulière de 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur, intercalée entre les assises du calcaire lacustre éocène, correspondant à l'étage lacustre du calcaire à lignites d'Aix en Provence, désigné quelquefois sous le nom d'étage sextien. La guangue du mineraï est marnogypseuse, et entièrement analogue à celle du soufre de Pologne, dans le gîte de Szwoszvice, près de Cracovie.

Le soufre est disséminé dans la guangue sous forme de petits grains cristallisés ou de rognons aplatis. Sa couleur est le jaune paille ; il entre dans la proportion de 20 % dans la composition de la roche constituant la couche exploitée. Son origine paraît devoir être attribuée à la décomposition sur place du gaz hydrogène sulfuré, amené par des sources circulant à travers les couches en voie de formation.

La roche est exploitée et utilisée en nature pour le soufrage des vignes. Il résulte, en effet, de nombreuses expériences que, pour combattre efficacement la maladie de la vigne, le soufre doit être employé à l'état de mélange avec d'autres poussières ; car, si l'on fait usage du soufre pur, il n'adhère pas d'une manière suffisante aux surfaces sur lesquelles on le projette, et d'autre part il échaude les vignes, communique un goût désagréable aux vins provenant des raisins traités trop tardivement et fatigue singulièrement les yeux des ouvriers employés à cette opération. On a eu recours pour combattre ces inconvénients à diverses poudres calcaires, talqueuses, charbonneuses, alcalines ; mais on y a successivement renoncé pour adopter un mélange de sels calcaires, carbonates et sulfates, avec le soufre, dans la proportion de 2 à 1.

La maladie de la vigne est attribuée à l'invasion de petits végétaux cryptogamiques qui, se multipliant dans la plante à l'infini, paralysent ses organes et entravent son action sur le sol et l'atmosphère. L'étude microscopique a montré que, si l'action du soufre pur peut arrêter le développement de cette végétation cryptogamique, le plâtre, mélangé de soufre, amène les mêmes résultats, de telle façon qu'au bout d'un seul jour de chaleur, l'oïdium des rameaux subit une désorganisation complète, et la plante reprend aussitôt sa vigueur. Or, c'est dans les proportions indiquées par la pratique que les éléments, soufre et sels de chaux, sont unis entre eux dans la couche de Tapet.

Le mineraï tritiqué donne en moyenne :

Soufre . . . . .	35
Gangue. { calcaire. . . . .	65
marne. . . . .	
gypse. . . . .	
	—
	100

L'analyse de la gangue elle-même, séparée du soufre, donne :

Silice. . . . .	7	Argile et silice. 12	Marne calcaire. 67
Alumine. . . . .	5		
Carbonate de chaux. . . . .	55		
Sulfate de chaux ou plâtre. . . . .			33
			<u>100</u>

La marne, séparée du gypse, donne :

Carbonate de chaux. . . . .	82
Silice et alumine. . . . .	18
	<u>100</u>

La marne, ainsi isolée du soufre et du gypse, est une substance aigre au toucher, rappant à la langue, à casseure terreuse et développant par l'insufflation une forte odeur argileuse.

La gangue du minerai de soufre constitue elle-même un engrais très-fertilisant. Elle peut, sous les influences atmosphériques, faciliter la transformation du carbonate de chaux des plantes en sels solubles, bicarbonates, nitrates, etc.; la proportion d'argile et de silice qui y entre peut aussi exercer dans l'économie de la plante des actions mécaniques dignes d'intérêt : l'argile, en retenant et séparant les gaz ammoniacaux, dispense peu à peu à la plante les éléments azotés, de manière à prévenir l'épuisement du sol ; tandis que la silice, grâce à sa solubilité à l'état naissant, pénètre les tissus végétaux pour en constituer les parties résistantes. La couche de Tapets paraît à maints égards renfermer tous les éléments propres à combattre les causes du déprérissement des végétaux.

L'exploitation est très-bien aménagée au moyen d'une galerie d'écoulement de 250 mètres de longueur. Le minerai, enrichi jusqu'à 30 et 35 %, trituré et bluté, est vendu à l'usine d'Apt 7 fr. les 100 kilog.

On désigne sous le nom de kaolin cette matière blan-

châtre, d'un aspect argileux, maigre au toucher, faisant d'ordinaire assez difficilement pâte avec l'eau, et qui constitue la matière première de la fabrication de la porcelaine. Les produits de kaolins exposés au Champ-de-Mars méritent de fixer l'attention des visiteurs. On considérait autrefois ces substances, dont la composition est celle d'un silicate d'alumine à peu près pur, comme le résultat de la décomposition des feldspaths. On avait été conduit à cette opinion par l'observation de certains cristaux de feldspath, altérés à la surface et dégénérant en une poudre ameublie, analogue au kaolin ; mais l'étude plus approfondie des gîtes amène à penser que le kaolin est lui-même un feldspath imparfait ou bien constitue une espèce minéralogique distincte. Cependant, ses gisements sont toujours en relation avec ceux de masses sous-jacentes où domine l'élément feldspathique. Le biscuit qu'il donne par la cuisson est résistant et translucide sur les bords amincis. Cette translucidité provient de petites quantités de silicates alcalins, retenues dans la pâte alumineuse, qui, sous l'influence de la haute température développée pendant la cuisson, se vitrifie partiellement et éclaire toute la masse.

Le kaolin de Saint-Yrieix, si connu de tout le monde, ne pouvait manquer d'être représenté. On pourra observer le kaolin brut, tel qu'il est fourni par l'exploitation, tantôt à l'état caillouteux, tantôt, quoique plus rarement, à l'état argileux, puis les produits lavés et décantés sous forme d'une pâte blanchâtre. On remarquera à côté des échantillons de kaolin, les lamelles de feldspath, empruntées à la pegmatite, à laquelle se relie le gisement. Cette substance est employée en nature comme émail ou couverte de la porcelaine, pour lui permettre de résister à l'action des instruments d'acier.

L'analyse des échantillons de Saint-Yrieix a conduit aux nombres suivants :

Silice . . . . .	48,0
Alumine . . . . .	37,0
Potasse et soude . . . . .	2,5
Eau . . . . .	13,1
	<hr/>
	100,6

Les kaolins de Colettes (commune d'Échassières, Allier) qui figurent à côté des terres de Saint-Yriex, appartiennent au gisement le plus considérable qui soit connu en France, jusqu'à ce jour. Ils s'y présentent sous forme d'une masse de 60 mètres et plus, de puissance, apparaissant constamment sur une surface dont la largeur ne nous est pas connue, mais dont la longueur est d'environ cinq kilomètres. La composition de cette substance la rapproche d'une manière très-remarquable des kaolins du Cornwall, en Angleterre. Les gisements du Cornwall sont également très-étendus, on les retrouve dans les paroisses de Saint-Austelle, de Saint-Denis, et de Saint-Stephen, mais ils présentent des variations, dans la qualité des produits, pour de très-petits intervalles ; et, d'ailleurs, leur puissance est bien inférieure à celle des kaolins de l'Allier. Cependant, ils ont même aspect et présentent des caractères saisissants de ressemblance ; aussi peuvent-ils tous deux être employés aux mêmes usages : fabrication de la fayence et de la porcelaine, blanchiment des toiles et apprêts, etc. Les kaolins de Colettes ont pour caractère chimique tout spécial leur richesse en alumine ; aussi les réserve-t-on de préférence à la fabrication du sulfate d'alumine.

Un autre trait de similitude des kaolins du midi de l'Angleterre avec ceux de l'Allier, est leur teneur commune en oxyde d'étain, mélangé à la terre, dans une proportion de 3 0/0 environ. Ces sables stannifères accusent à l'analyse une richesse en étain métallique de 61,60 0/0 ; la guangue générale est le quartz ; mais le wolfram qui d'ordinaire accompagne le minerai d'étain, fait ici défaut.

On peut le voir par ce court aperçu, il existe une diffé-

rence complète entre les produits kaolineux de l'Allier et les terres du Limousin, de Bayonne et de Bretagne, réservées à la fabrication de la pâte à porcelaine et se vendant à des prix considérables.

La pâte à porcelaine du Limousin se vend sur place 80 à 120 fr. la tonne; les produits bruts d'extraction, caillouteux ou argileux, se vendent 60 à 80 fr. la tonne; les produits décantés 50 à 60 fr. Le kaolin décanté de Colettes n'est coté que 19 fr. la tonne prise sur place.

Les échantillons cuits, placés à côté des spécimens des kaolins naturels décantés, sont d'une grande blancheur. Les variétés de terre teintées en rose ou jaune paille sont les plus recherchées pour la céramique et perdent ces nuances dans l'opération de la cuisson ; elles fournissent des produits d'une parfaite blancheur.

Comme ceux du Cornwall, les kaolins de l'Allier donnent des résidus de lavage, dont la pâte est encore assez plastique pour pouvoir être moulée, sous des formes variées et se prêter à la fabrication des briques, des cornues à gaz et autres produits réfractaires.

Jusqu'à ces dernières années, les kaolins anglais du Cornwall et du Devon (Lee Moore) étaient, pour ainsi dire, seuls connus sur les marchés ; car les kaolins du Limousin sont en majeure partie consommés sur place pour la fabrication des pâtes à porcelaine, aussi l'exportation anglaise s'élevait-t-elle tous les ans à plus de 100.000 tonnes. Les terres importées en France s'y vendaient sous toutes sortes de dénominations : terre anglaise, poudre d'albâtre, blanc de Chine, terre de Chine (China-Clay). La concurrence des kaolins de l'Allier a eu depuis quelques années des résultats sérieux, qui ont donné lieu à des diminutions de prix graduelles et aujourd'hui considérables. La commune d'Échassières seule expédie annuellement 12.000 tonnes.

Le gîte appartient à M. le baron de Veauce, député de l'Allier.

La composition moyenne du kaolin des Colettes est la suivante :

Silice . . . . .	46,60
Alumine. . . . .	40,00
Chaux. . . . .	1,30
Perte au feu. . . . .	12,00
Peroxyde de fer . . . . .	Traces
	96,90

Entre tous les kaolins exposés, nous avons remarqué pour la finesse de leur grain et plus encore pour leur extrême blancheur, les terres des Côtes-du-Nord, envoyées par M<sup>me</sup> veuve Carré-Kerissoüet (forges de Vaublanc, par Plémet). Ce gîte, dont l'exploitation sur une grande échelle, remonte à deux années à peine, mérite que nous nous y arrêtons avec quelque détail.

La famille Kérissouët est à la tête des forges de Vaublanc ; l'usine est placée près du canal de Brest, à dix lieues seulement du littoral et s'alimente de combustible en Angleterre. Jusqu'à ces dernières années, les briques réfractaires, consommées dans l'usine, provenaient de la même source ; mais leur prix s'étant élevé, les propriétaires de la forge furent conduits à faire dans le voisinage des travaux de recherche, en vue de s'assurer si l'on ne pourrait y trouver une terre propre à cette fabrication. C'est ainsi qu'en 1862 fut découvert un gisement d'argile blanchâtre, très-réfractaire, d'une pâte assez plastique et onctueuse au toucher. On en fabriqua d'abord des briques, qui, employées sèches, même sans avoir éprouvé la cuisson, résistaient parfaitement au feu. Des échantillons furent expédiés aux hommes compétents, et l'analyse chimique révéla bientôt la véritable nature de cette substance, qui n'était autre que le kaolin.

L'analyse de la terre lavée lui assigne la composition suivante :

Silice. . . . .	48,00	à	48,00
Alumine . . . . .	37,36	à	37,00
Oxyde de fer. . . . .	0,75		
Chaux . . . . .	0,15		
Magnésie. . . . .	0,48		
Alcalis. . . . .	0,76		
Eau . . . . .	12,50	à	13,10
	100,00	à	100,60

La roche encaissante est le granit.

Fixée sur la nature de la substance, la famille Kéris-souët acheta aussitôt toutes les parcelles de terrains utiles à l'exploitation, qui, aujourd'hui, peut s'étendre sur une surface de 1 kilomètre environ de longueur sur 500 mètres en largeur.

La carrière fut mise à jour en 1865 et dès 1866 commencèrent à s'élever les bâtiments d'installation et de préparation des produits, à savoir : les ateliers d'épluchage, séchage et lavage. Vers la fin de la même année, des produits préparés furent expédiés aux divers fabricants de porcelaine. La surface actuellement exploitée est d'un hectare environ et les naissances du kaolin apparaissent à 2 mètres au-dessous du sol; l'excavation n'a été poussée qu'à 2<sup>m</sup>,50 de profondeur et à mesure que l'on descend davantage, la terre devient de moins en moins caillouteuse, c'est-à-dire que la proportion de quartz mélangé tend à diminuer. L'exploitation se fait par gradins droits ; elle est reliée aux ateliers par un chemin de fer, qui en amène les produits aux ateliers d'épluchage. Des femmes, au nombre de 50 à 60, sont employées à cette opération. Elles enlèvent, au moyen d'un couperet en fer, les veinules d'oxyde de fer, qui s'isolent dans la masse terreuse, puis divisent les morceaux en fragments de la grosseur d'une noix.

Après cette première opération, le kaolin est élevé au moyen d'un treuil dans les étages supérieurs de l'atelier

et étendu sur des séchoirs qui peuvent en contenir 150 tonnes. La dessication à l'air libre suffisamment effectuée, il est expédié par mer, canal ou chemin de fer.

Le kaolin pur est obtenu par lavage et décantation puis desséché dans des bassins de 30 mètres environ de superficie, chauffés au moyen de brandilles de taillis, dont on ne trouve pas la vente dans la contrée. Aussitôt après que la pâte a pris une consistance suffisante, elle est découpée en briquettes, que l'on place sur des séchoirs disposés autour du bassin de dessication.

La production journalière est de 10 tonnes de kaolin caillouteux épluché et sec et de 4 tonnes de kaolin épuré et sec. Les résidus de l'épluchage sont mis à profit pour la fabrication des briques réfractaires.

Les exposants étudient en ce moment une méthode de traitement pour la séparation à sec du quartz d'avec la terre alumineuse, en supprimant l'opération du lavage et la remplaçant par une ventilation convenablement réglée. Ils ont l'espérance, s'ils réussissent à séparer le minerai de sa gangue par cette méthode de classement, d'obtenir une bien plus grande quantité de produits.

Pour donner un fret de sortie aux navires qui vont s'approvisionner de houille à Cardiff, les exploitants maîtres de forges expédient leur minerai dans le pays de Galles et échangent une tonne de minerai sous vergue, à Hennebont, point où commence la navigation du Blavet (Morbihan), avec une tonne de houille sous vergue, à Cardiff. Ils cherchent aujourd'hui à remplacer le minerai par le kaolin et à l'introduire sur le marché anglais de Stoke-on-Trent, centre de l'industrie céramique du pays. Il est certain que si les porcelaines anglaises, pour la délicatesse des formes, la beauté de l'émail, et même la perfection des dessins se rapprochent des porcelaines de Limoges, elles ne peuvent rivaliser avec les produits français au point de vue de la qualité de la pâte. Les pâtes anglaises sont tendres et cuites à basse température, il en

résulte une infériorité très-marquée, quand elles entrent en comparaison avec les porcelaines dures obtenues avec les kaolins de France : ajoutons qu'elles subissent, par le seul fait de l'exportation, un déchet considérable.

Il est, d'ailleurs, à craindre que le gite du Limousin, exploité depuis tant d'années avec tant d'activité, ne finisse par s'épuiser ou du moins que les difficultés d'exploitation, provenant de son appauvrissement, venant à se multiplier, il ne puisse plus suffire aux demandes d'approvisionnement des fabricants et même des fabricants de la contrée. Aussi les kaolins des Côtes-du-Nord sont-ils déjà acceptés sur le marché de Limoges. Du reste, la position du gite dans une région où il existe des communications faciles à la fois par mer, par canaux et par voies ferrées, où la main-d'œuvre est peu élevée, le combustible à plus bas prix qu'à Limoges, l'étendue de la surface exploitable, la beauté des produits de l'extraction, tout cet ensemble nous fait croire que les kaolins des Côtes-du-Nord sont appelés, dans un prochain avenir, à jouer un rôle important dans l'industrie céramique.

§ II. PRODUITS MÉTALLIQUES. — Entre tous les minérais, ce sont les minérais de fer qui sont le plus largement représentés à l'Exposition universelle. Nous les distinguons en minérais oxydulés, peroxydés anhydres et peroxydés hydratés, et enfin en minérais carbonatés.

Les minérais de fer oxydulé sont rares en France ; les usines qui en ont besoin pour les mélanges le font venir soit de l'île d'Elbe (minéral de Calamita) ; soit de Mokta-el-Hadid, près Bone (Algérie) ; soit de Saint-Léon (Sardaigne). On voit figurer un grand nombre de ces échantillons étrangers à côté des fers hydroxydés de France.

Le seul spécimen de fer oxydulé que nous ayons remarqué dans la section française, exposé à titre de minéral donnant lieu à une fabrication, est celui de Dielettes, près Cherbourg (Manche).

Ce minéral est un mélange, en proportion variable, de

fer oxydulé magnétique et de fer oligiste ; cependant, l'oxydule s'isole en certaines parties du gîte à l'état de pureté presque complète, et alors il agit avec force sur l'aiguille aimantée. Le gisement appartient à la classe des filons-couches ; il existe en stratification concordante dans les schistes anciens de transition, qui, eux-mêmes à peu de distance, vont reposer sur le granit.

L'inclinaison du filon est de 75°, en se rapprochant de la verticale. Sa direction court à peu près parallèlement au rivage. Une branche importante s'en détache pour apparaître dans l'île de Jersey, où l'on retrouve le gîte avec tous ses caractères géologiques, mais singulièrement appauvri en fer et inexploitable.

La partie du gîte qui suit la plage peut être parcourue en direction sur une longueur de 4 à 5 kilomètres ; sa puissance varie de 10 à 20 mètres. Vers le sud, il se ramifie ; sa puissance est portée à 15 mètres, et c'est dans cette région que la proportion d'oxydule est la plus considérable.

Jusqu'en ce moment, les affleurements du minerai ont été seuls exploités. Mais ces affleurements n'étant découverts qu'à marée basse, les exploitants étudient l'organisation d'une extraction à la fois souterraine et sous-marine.

Les débouchés ont été jusqu'ici assez limités, à cause de la difficulté qu'éprouvent les bâtiments d'un certain tonnage à aborder à Dielettes, mais l'Etat et le département construisent en ce moment un port qui sera terminé l'année prochaine.

Tous ces renseignements sont empruntés à une note que M. Bérard, concessionnaire de la mine, a bien voulu nous adresser et que nous avons reproduit presque textuellement. En l'état actuel, les expéditions sont dirigées vers les usines métallurgiques du Boulonnais et du pays de Galles, avec échange de combustible à destination de Cherbourg. Le concessionnaire affirme que ce mou-

vement prendrait sur les côtes d'Angleterre une bien plus grande importance, s'il n'était entravé par l'élévation des tarifs de la compagnie de l'Ouest sur la ligne de Cherbourg à Paris.

« Il entre dans les prévisions, ajoute M. Bérard, d'établir un ou plusieurs hauts-fourneaux à Cherbourg, et de transformer directement la fonte en acier. Les produits de qualité supérieure pourront être obtenus à un prix tellement bas, que leur expédition en Angleterre sera avantageuse. Ce sera un fait nouveau et assez curieux dans l'histoire de la métallurgie. »

Les fers peroxydés anhydres ne se présentent qu'exceptionnellement en France à l'état cristallisé (Framont, Vosges). Les échantillons cristallisés que l'on voit figurer parmi les minérais de nos usines, appartiennent à différentes exploitations de l'île d'Elbe : Rio, Rio-Albano, Vigneria, Terranera, etc. Mais la France possède des minérais de fer peroxydé anhydre compact. On en trouve dans l'Ardèche, à la base de la partie moyenne du terrain oolitique, une couche puissante exploitée par la société anonyme des forges de Terre-Noire, Lavoult et Bességes. Ce minéral rend au haut-fourneau 45 % en fer.

On trouve encore en France quelques couches réglées de fer peroxydé anhydre, mais ces échantillons sont rares, et ceux que l'on voit figurer parmi les minérais de certaines usines de l'Est, tels que les produits des minères Prince-Bernard Albert, Lampertsloch, appartiennent à la Prusse (gisement de la Lahn-Nassau.)

Les minérais de fer peroxyde hydraté, sont, au contraire, représentés en si grand nombre, que nous ne saurions les passer tous en revue. On les rencontre en abondance dans soixante départements. C'est, à vrai dire, le minéral courant de nos usines. Ils appartiennent soit à la période jurassique, soit à la formation alluviale. Au premier gisement se rapportent les minérais oolitiques de l'Infralias du plateau de Thostes (Côte-d'Or), dont le

niveau géologique a été parfaitement défini par M. l'ingénieur Evrard, l'un des collaborateurs de la *Revue universelle*, qui a fait construire un modèle très-exact de l'exploitation et de tout l'ensemble des terrains où le minerai est enclavé. Ce modèle est placé dans le pavillon de Châtillon-Commentry. C'est aussi à la formation jurassique qu'appartiennent les minerais en grains de l'Yonne.

Les minerais superficiels du Berry, de la Champagne, de la Franche-Comté, sont, au contraire, de l'époque alluviale.

Comme exemple de fers hydroxydés, on pourra remarquer les beaux échantillons de limonite concrétionnée de Rancié, près de Vicdessos (Ariège). Ce gîte, exploité depuis plusieurs siècles, fournit des échantillons légèrement mamelonnés, hérissés de pointes stalactiformes. On y rencontre également du fer oligiste écailleux et des minérais de fer associés au manganèse ; de la pyrolusite aciculaire et radiée, et du manganèse oxydé-hydraté (Ranciérite).

Les minéraux de fer carbonaté lithoïde sont répandus dans un certain nombre de bassins houillers ; on en rencontre dans les bassins du Nord, de la Loire, du Gard et de l'Aveyron ; mais leur exploitation est peu importante. Les compagnies auxquelles il fait défaut et qui ont cependant à le rechercher pour les mélanges, font venir le minerai spathique de Müsen (Nassau), de Stahlberg (Westphalie), de Garucha et Portmann (Espagne).

Le fer carbonaté spathique, très-recherché pour la fabrication de l'acier, se présente en France dans deux gîtes très-considérables, à Allevard, dans les Alpes, et au Canigou, dans les Pyrénées. Tous les visiteurs de l'Exposition remarqueront les beaux échantillons envoyés par la compagnie des hauts-fourneaux et forges d'Allevard (Isère). Ils ont une cassure lamelleuse dans trois sens, correspondant à trois clivages, déterminant des rhomboèdres de 107°. Leur couleur est variable suivant la

proportion de carbonate, de manganèse, isomorphe du carbonate de fer, qui lui est allié. Les échantillons les plus bruns sont les plus riches en manganèse, les plus blonds en sont, au contraire, presque dépourvus, et, entre ces deux extrêmes, figure toute une suite de termes moyens.

Parmi tous les minerais de fer exposés par les différentes compagnies de forges et fonderies, nous avons remarqué les minerais de la compagnie des hauts-fourneaux de la Solenzora (Corse). Cette usine, située dans la commune de Sari di Porto-Vecchio, arrondissement de Sartène, à l'embouchure de la Solenzora, occupe une position exceptionnelle au point de vue métallurgique. Elle se trouve à la fois à proximité et en communication facile avec les centres d'extraction des minerais de fer les plus recherchés, à savoir : les gîtes de l'île d'Elbe, de l'Italie, de l'Espagne et de l'Afrique. Aussi ses minerais usuels sont-ils, pour ainsi dire, ceux que les autres compagnies vont rechercher au loin, à savoir : le fer oligiste cristallisé de Calamita, Rio, Rio-Albano, Vigneria, etc. (île d'Elbe), les fers carbonates de Portmann et de Garucha (Espagne), les hématites de San-Vincenzo et de la Spezzia (Italie). La position de cette usine, dans une contrée dont la richesse forestière est bien connue, lui permet de produire des fontes au bois d'une extrême ténacité et se rapprochant des aciers. Les praticiens, à l'aspect lamelleux que présentent les échantillons de fonte blanche, exposés par la compagnie, reconnaîtront bien vite les qualités toutes spéciales de ces produits.

Si certains minerais de fer, tels que les peroxydes anhydres et hydratés, se présentent parfois en couches nivellées par les eaux, de manière à jouer, dans certains terrains, le rôle de roches sédimentaires, on peut dire que ce caractère leur appartient exclusivement. Tous les autres métaux, l'étain, le plomb, le cuivre, l'argent, etc., sont disséminés dans des gangues placées dans des fractures du sol, coupant sous des angles quelconques la stratification

des terrains qu'elles traversent. Ce sont ces cassures de la croûte superficielle du globe, ultérieurement comblées par des sublimations métalliques ou pierreuses, venues des profondeurs du globe, que l'on appelle *filons*. Les brèches, ainsi ouvertes à travers les dépôts stratifiés, sont comme les témoins des actions violentes exercées par les forces, émanant des régions profondes, sur l'enveloppe solide extérieure. Presque toujours, on peut reconnaître, dans les districts métallifères, d'autres preuves de ces actions internes, dans la présence de roches massives, s'enfonçant à toute profondeur au-dessous des roches stratifiées et venues évidemment toutes formées de l'intérieur du globe. Il y a donc liaison entre les filons métallifères et la venue au jour des roches éruptives.

Les cassures, déterminées dans le sol par ces commotions puissantes, sont tantôt régulières et comprises sous des plans à peu près parallèles, d'autres fois, au contraire, très-irrégulières. Ce dernier cas se présente surtout, quand les forces, tendant à disloquer les couches, ont exercé leur action dans une direction voisine de leurs plans, de manière à n'y point déterminer une fracture unique, mais seulement à en séparer les assises. Cette classe de filons est celle des filons-couches, se présentant parfois sous formes d'amas.

Les relations qui existent entre les roches éruptives et les minérais métalliques, apparaissent encore par la comparaison des âges divers des roches d'épanchement avec les époques de l'apparition des minérais métalliques. Les minérais d'étain, de wolfram, de molybdène, sont les plus anciens ; les minérais de cuivre, de plomb et de zinc, plus récents ; les minérais d'or et d'argent semblent être les plus nouveaux. La première classe de minerai paraît contemporaine des éruptions de roches granitiques ; la deuxième, contemporaine des roches porphyriques, et il semble que la dernière, si abondamment répandue dans le Nouveau-Monde, se rattache au soulèvement des Andes cordillères, c'est-à-dire à l'ère volcanique.

Quoi qu'il en soit, les districts métallifères seront toujours placés dans les lieux qui ont été le théâtre de bouleversements amenés par l'épanchement de roches éruptives, et, par conséquent, dans les contrées dont le sol présente un relief accidenté. Ce sera donc dans les cinq régions les plus relevées de la France, constituées par les terrains de transition, que se grouperont les gîtes métallifères, à savoir : la Bretagne, les Vosges, le centre de la France, les Pyrénées et les Alpes.

L'étain oxydé paraît être de tous les minerais métalliques usuels, le premier venu au jour. On trouve, au Palais du Champ-de-Mars, trois exemples d'exploitation dont deux se rapportent au plateau central : mines de Vaulry (Haute-Vienne), mines de Montebras (Creuse) ; le troisième appartient au massif de la Bretagne : mines de la Villedeur (Morbihan).

Le gîte de Vaulry (arrondissement de Bellac), est placé dans une petite chaîne assez ramifiée courant de l'est à l'ouest, formant entre les villages de Cieux et de Blond un plateau élevé. La présence du minéral est signalée, à l'avance, par la teneur métallique des alluvions répandues dans les vallées, ouvertes dans ce petit massif, et, en particulier, dans le lit de la Clayeule, dans les vallées de Cieux et de Montzac. Sur tous ces points, les alluvions se composent d'une couche de terreau d'une épaisseur d'un mètre environ, recouvrant une autre couche métallifère de sables et de galets. La couche de terre végétale n'est pas exploitable, mais les sables renferment, soit de l'oxyde d'étain, soit du wolframm, soit un mélange de ces deux minéraux. La richesse des sables est comprise entre 3 kilog. et 15 kilog. d'étain oxydé ou wolframm, au mètre cube de sable.

En remontant le lit des cours d'eau comblés par ces alluvions, on rencontre le minéral en place, engagé dans des filons se rapportant à trois directions :

1<sup>o</sup> Des filons courant N. 60° O., presque complètement

stériles et renfermant de la pegmatite koalineuse, de la baryte sulfatée et du spath fluor ;

2<sup>e</sup> Des filons N. E. reconnu sur le versant sud de la commune de Cieux, beaucoup plus riche en wolfram qu'en étain ;

3<sup>e</sup> Un filon N. 10° E. recoupant et rejetant les filons stériles N. 60° O., et, par conséquent, plus nouveau que ce derniers. C'est entre les trois, le seul qui, jusqu'à ce jour, ait été reconnu exploitable. Il est situé dans la commune de Vaulry (pendage ouest ; inclinaison 65° à 80°).

Il renferme des éléments assez nombreux : 1<sup>e</sup> de l'étain oxydé, cristallisé et amorphe d'une couleur variant du jaune-clair au noir ; 2<sup>e</sup> du wolfram à grandes lames cristallines ; 3<sup>e</sup> du mispickel ; 4<sup>e</sup> du fer arséniaté vert-bleuâtre ; 5<sup>e</sup> du cuivre natif et de la pyrite ; 6<sup>e</sup> du molybdène sulfuré ; 7<sup>e</sup> de la chaux fluatée, cristallisée, incolore et violette ; 8<sup>e</sup> de la baryte sulfatée, cristallisée et amorphe ; 9<sup>e</sup> du quartz en masses cristallines et en géodes ; 10<sup>e</sup> du greisen injecté d'étain ; 11<sup>e</sup> de l'argile lithomarge provenant de la décomposition du feldspath.

Les exposants poursuivent, en même temps, l'exploitation de l'étain et du wolfram. Ils sont amenés à penser, en s'appuyant sur les calculs établis d'après les travaux de l'hiver passé, qu'ils seront à même de fournir le wolfram au prix de 1<sup>f</sup>,50 le kilogramme. Ils ont de plus été conduits par leurs recherches, à un mode de traitement du mineraï stannifère, qui utilise à la fois les deux métaux : le tungstène et l'étain. Cette méthode repose sur la propriété que possède le gaz acide chlorhydrique, chauffé au rouge, d'attaquer et de volatiliser tout l'étain contenu dans les scories.

La mine d'étain de Montebras (Creuse), a été exploitée déjà dans des temps reculés ; on y a trouvé des traces d'anciens travaux, et en particulier des bois de soutènement, dont une rondelle figure parmi les produits de l'extraction. On y distingue trois filons principaux : le

filon bleu, le filon du bois et le filon du garde. La gangue générale paraît être le quartz. L'étain n'y est point à l'état cristallisé, mais plutôt en lamelles cristallines. A côté du mineraï de Montebras est exposée une collection des roches, accompagnant l'étain dans les gîtes célèbres du Cornwall et de la Saxe.

Le gîte du moulin de la Villeder (Morbihan), mérite d'être remarqué au point de vue théorique. Ses filons orientés N. 34° O. concordent à peu près exactement avec la direction la plus générale des filons stannifères du Cornwall. La gangue du mineraï est le quartz, mais la roche encaissante est le granit. Ces détails peuvent être observés sur les échantillons exposés. L'étain oxydé s'y présente fréquemment en gros cristaux, d'un pouce de base sur deux pouces de hauteur. Dans les géodes, le quartz s'isole parfois en gros cristaux d'une translucidité qui rappelle celle des quartz hyalins de New-York ; il n'est pas rare d'y rencontrer également des émeraudes.

Les minéraux de cuivre sont peu répandus en France. On trouve des pyrites de cuivre dans les départements du Rhône, des Hautes-Alpes et des Pyrénées-Orientales ; des cuivres gris dans l'Hérault et le Haut-Rhin ; des cuivres carbonatés dans la Haute-Loire. Mais ces gîtes sont peu riches ou épuisés, et l'on peut dire qu'on ne rencontre pas à l'Exposition de minéraux de cuivre donnant lieu à une exploitation ; si ce n'est peut-être un mineraï double de cuivre et de plomb, provenant de Villemagne (Gard). Le filon d'une puissance de 0,60 est orienté 6<sup>hs</sup> à 7<sup>ls</sup>, avec plongement vers le nord ; il recoupe les calcaires du lias qui jouent, à son égard, le rôle de roches encaissantes. L'exploitation rencontre le gîte à 35 mètres au-dessous du sol ; l'affleurement peut être suivi sur une longueur de près de 5 kilomètres. Ce mineraï est aussi argentifère. L'on en retire 12 0/0 de cuivre et 25 0/0 de plomb. Sa teneur en argent est de 0<sup>k</sup>,250 pour 100 kilog. de plomb.

Les minéraux de plomb sont, au contraire, assez nom-

breux. Les gîtes se rapportant au plateau central sont ceux de Pontgibaud (Puy-de-Dôme); de Vialas et Villefort (Lozère); de Meyrueis (Lozère); d'Urciers, près Lachâtre (Indre); de Monistrol, d'Allier (Haute-Loire), et de Versilhac-Chambonnet (Haute-Loire).

Les mines da Pongibaud se composent de trois concessions, dont deux seulement, celles de Roure et de Barbescot sont exploitées : la première située au nord, la seconde au midi. Les filons exploités sont contenus dans les terrains de talschistes et de micaschistes. Leur puissance est d'un mètre en moyenne ; leur direction orientée du nord au sud. Les cassures du sol, en partie remplies par les minéraux, paraissent dues aux éruptions trachytiques, qui ont donné naissance aux monts Dore, aux monts Domitiques, à la chaîne du Puy, où domine constamment la direction N.-S.

Au niveau de 60 mètres au-dessous de la galerie d'écoulement, les filons se sont singulièrement appauvris. Des travaux d'exploration sont poursuivis au-dessous de cette zone dans l'espérance que cet appauvrissement n'est que local, et qu'au-dessous de cet horizon stérile, les filons s'enrichiront de nouveau. Le dernier filon découvert, celui de la Brousse, est placé hors du périmètre décrit, dans la concession primitive, et la compagnie s'est vue obligée de solliciter auprès du gouvernement une nouvelle délimitation.

Pendant les dix dernières années, l'exploitation a suivi une progression croissante, et s'est élevé de 18.995 tonnes de minerai à 28.404 tonnes contenant 11,75 % de minerai lavé.

Six puits ont été ouverts dans le gîte, ils sont desservis par trois machines à vapeur de la force de 12 chevaux. Quatre puits sont réservés à l'épuisement, qui est opéré par trois machines à vapeur et une roue hydraulique.

Le minerai brut envoyé aux laveries est assez pauvre en plomb mais riche en argent ; aussi, sa préparation mé-

canique est-elle assez délicate, par la nécessité où l'on se trouve de l'exposer aussi peu que possible à l'action de de l'eau, action qui, si elle était trop prolongée, entraînerait avec les Schlamms une quantité d'argent dont la valeur dépasserait les frais plus considérables, occasionnés à la fusion, par cette pauvreté relative en plomb.

La production depuis 1860, en plomb et en argent, a été :

ANNÉES.	PLOMB.	ARGENT.
1860-1861	669008	2375532 gr.
1861-1862	1274311	3113020 —
1862-1863	1191092	3471610 —
1863-1864	1088240	3410550 —
1864-1865	1108917	3686395 —
1865-1866	1336677	4362815 —

Les sables stériles rejettés après l'opération du lavage, renferment de 1 à 1 3/4 de plomb et moins de 0<sup>k</sup>,25 par tonne de sable. On a réalisé, pendant les dix dernières années, une économie de 171 fr. 80 sur le coût de l'exploitation et de la préparation mécanique d'une tonne de mineraï lavé.

Le développement des mines de Vialas et de Villefort (Lozère) a été longtemps arrêté par un grand nombre de circonstances, à savoir : la difficulté des communications, le renchérissement de la main-d'œuvre, la dépréciation des métaux, l'absence de tous renseignements sur l'allure des filons de la contrée. Certains documents prouvent qu'elles ont été exploitées à une époque très-reculée. Elles ont dû l'être incontestablement au xii<sup>e</sup> siècle, au profit des comtes de Toulouse, car, dans le département, le mineraï est d'ordinaire très-voisin de la surface. Ces mines re-

marquables par leur régularité, sont ouvertes sur des filons intercalés entre le noyau granitique du mont Lozère et son revêtement schisteux.

L'exploitation régulière date seulement de 1781. Le minerai lavé était, à l'origine, transporté à dos de mulet à Villefort, où était placée la fonderie, mais, depuis 1828, le minerai est fondu à Vialas.

Les directions différentes des filons font penser qu'ils ne sont pas tous de même âge ; les plus productifs sont ceux dont l'orientation est de 3 à 5 heures. La galène de Vialas donne à la fonderie 40 % de plomb et 460 grammes d'argent par 100 kilog. de plomb.

Les mines de Meyrueis (Lozère), comprennent aujourd'hui cinq concessions représentant ensemble une surface de 155 kilomètres carrés, s'étendant sur les cantons de Trèves, de Meyrueis et de Florac, dans les départements du Gard et de la Lozère.

La concession de Cocorrès, instituée en 1849, occupe une surface de 39 kilomètres carrés, 87 hectares. L'on y trouve des traces d'exploitation par le feu, remontant, par conséquent, à une époque antérieure à l'invention de la poudre à canon. Les mines, dont les travaux d'exploitation ont été conduits avec beaucoup d'intelligence, comprennent six filons, traversant les schistes primitifs, avec un plongement uniforme vers le nord, renfermant tous de la galène argentifère, disséminée dans une gangue de quartz et de baryte sulfatée.

A cette concession est venue se joindre celle de Meyrueis, comprenant une superficie de 105 kilomètres carrés, 75 hectares ; puis celle de Saint-Sauveur (Gard), instituée avant la révolution française, en faveur de M. le comte de Saint-Sauveur, et exploitée par M. de Gensanne, auteur d'une histoire naturelle du Languedoc. Toutes ces concessions sont aujourd'hui réunies entre les mains de M. Joly. Un grand nombre de filons ont été découverts et explorés. Des travaux préparatoires ont été dirigés avec

beaucoup d'habileté en vue d'une exploitation prochaine. La longueur des galeries, ouvertes pour le service et l'extraction, dépasse aujourd'hui 3285 mètres, celle des puits, 485 mètres.

Les filons de Meyrueis et de Saint-Sauveur recoupent les schistes primitifs, les calcaires du lias et les calcaires oolitiques, qui leur sont immédiatement superposés. Le tableau suivant donne l'indication des gangues, des roches encaissantes et des éléments, qui définissent les conditions d'allure des différents gîtes.

FILONS.	DIRECTION.	PIUSSANCE.	TENEURS		LONGUEUR d'affleurement reconnue.
			en plomb.	en argent aux 100 kil. de plomb.	
Fleury.	5 h.	0 <sup>m</sup> ,30	20 %	500 à 700 gr.	1,000 mèt.
Vallonge.	6 h.	0 ,50	*	*	20 —
Peuplier.	9 h.	0 ,40	30 %	300 gr.	650 —
Agu des.	6 à 7 h.	0 ,60	30 %	400 gr.	700 —
Rivière.	9 h.	0 ,45	30 %	300 gr.	300 —
Passerelle.	9 h.	0 ,30	30 %	325 à 485 gr.	250 —

Les mines de plomb argentifère de Monistrol-d'Allier et de Saint-Privat-d'Allier, (canton de Sangues, Haute-Loire), sont situées dans la France centrale et traversées par le chemin de fer de Clermont à Saint-Étienne. Le puits d'extraction est foncé, à une distance de quinze minutes environ, de la station de Monistrol, et la laverie en est plus rapprochée encore.

Le sol de la concession est granitique et le gîte plonge dans une immense coulée basaltique de cent mètres environ de hauteur. L'inclinaison des filons diffère peu de la verticale. Les gangues sont généralement : la baryte, le

quartz et la chaux flutée. La direction des filons est E. 45° N. et leur puissance de 0<sup>m</sup>,35. Un seul d'entre eux est exploité, sur dix-huit reconnus. On pourrait donc donner à ces mines une très-grande extension.

Les premières recherches datent de 1847. Elles ont été poursuivies jusqu'en 1851, époque à laquelle M. Marie Brutus, maire de Langeac, obtint la concession d'un terrain hexagonal de neuf kilomètres de périmètre. En 1862,

ET DE LA MÉTALLURGIE.

M. Rigaudaux-Perdraux, devenu concessionnaire, apporta à l'exploitation une notable amélioration, en faisant percer une galerie d'écoulement, dont la longueur est aujourd'hui de 300 mètres. L'extraction des minérais et des déblais s'opère par voie ferrée et wagons.

En sortant de la mine, le minerai passe au débourbage. Il est ensuite trié à la main ; les morceaux les plus purs sont mis de côté, ainsi que tous ceux que l'on peut obte-

**TABLEAU synoptique des échantillons exposés.**

nir en échantillons assez gros, pour être immédiatement livrés à la consommation. Le surplus est porté à la laverie, passé aux cylindres broyeurs, puis déversé sur la classification et livré aux tables à secousses et aux tables dormantes. Des labyrinthes sont construits pour recevoir le minerai le plus fin, qui est ensuite traité par le bluttoir.

Le minerai, ainsi lavé et préparé, est porté aux séchoirs, puis mis en sac et expédié aux fabricants de poterie.

Jusqu'à ce jour, le même filon attaqué à différents niveaux, a donné, en partant de haut en bas, les trois types suivants :

- 1<sup>e</sup> Galène à grands clivages ;
- 2<sup>e</sup> Galène lamelleuse ;
- 3<sup>e</sup> Galène fibreuse.

Ces trois types, soumis à l'analyse (École des mines, rapport du 27 mars 1867), ont donné les nombres suivants :

1 <sup>er</sup> type, pour 100 kilog. de minerai.	Plumb .	76 <sup>k</sup> ,600
	Argent. 0 ,026	
2 <sup>e</sup> type, pour 100 kilog. de minerai.	Plumb .	81 ,600
	Argent. 0 ,027	
3 <sup>e</sup> type, pour 100 kilog. de minerai.	Plumb .	76 ,600
	Argent. 0 ,039	

La teneur en argent paraît s'élever à mesure que l'on descend plus profondément dans le gîte.

La mine de plomb de Versilhac-Chambonnet est située dans l'arrondissement d'Yssingeaux (Haute-Loire). L'ordonnance de concession remonte à l'année 1827 et assigne à l'exploitation une surface de 5 kilomètres carrés et 208 hectares.

Cet espace est compris dans la formation granitique de la France centrale. On y remarque comme roches dominantes, des granits de diverses variétés, des gneiss et des micaschistes. Ces roches sont fréquemment surmontées

de roches volcaniques comprenant, de l'est à l'ouest, des basaltes, des trachytes et parfois des phonolites. Ces roches éruptives sont évidemment en relation avec les masses de même nature de la chaîne centrale du Cantal et du Mezenc. C'est à ces ébranlements locaux et à la proximité du Mezenc qu'il faut attribuer l'existence des filons métalliques; car chacun d'eux fournit à l'observation, des preuves évidentes de relation avec le système général de soulèvement de la contrée.

Six filons principaux ont été reconnus; deux d'entre eux sont seuls exploités. On observe dans le gîte un grand nombre de filons croiseurs, dont la plupart ont des affleurements visibles à la surface. Les filons principaux sont orientés de l'est à l'ouest; leur gangue est barytique et quartzeuse, mais la baryte est l'élément dominant. Ils contiennent de la galène, parfois même de la blende, surtout vers les affleurements, se maintenant d'ailleurs dans le granit, qui, dans les intervalles où disparaît la galène, dégénère en une masse sablonneuse d'où se détachent des cristaux maclés d'orthose. Dans la partie sud de la concession, affleure un puissant filon de baryte sulfatée où domine la direction E. O.

La galène est brillante, à larges clivages cubiques et, par suite, peu argentifère. On la trouve en abondance dans les diverses galeries, sous forme de prismes verticaux nettement isolés de la gangue. Il n'est pas rare de voir des blocs de minérais massifs atteindre des volumes de plusieurs mètres cubes. Ce fait se répète à tous les niveaux.

Quatre galeries d'allongement sont ouvertes dans le gîte, qu'elles suivent sur une longueur de 404 mètres environ. Les parties complètement stériles, rencontrées en direction, forment à peine 1/4 du filon. A mesure que l'on attaque des niveaux plus inférieurs, le minéral s'enrichit davantage et il est à croire que plus on descendra, plus il deviendra riche; comme si lors de la dislocation du

sol amenée sous l'influence des causes soulevantes, la source métallique, qui a son origine à l'intérieur du globe, eût retenu plus de matières dans les parties profondes qu'elle n'en a envoyé à la surface.

La puissance du gîte est en moyenne de 1<sup>m</sup>,50 à 2<sup>m</sup>,00 ; quelques-uns des filons reconnus atteignent même une puissance de 2<sup>m</sup>,75 et l'on a pu extraire de l'un d'eux un bloc de galène qui étonne les visiteurs de la mine par ses dimensions colossales.

La galène du gîte principal donne à la fonte 80 0/0 de plomb ; la teneur en argent est de 1/5000. Le mineraï est débité comme alquifoux et recherché pour le vernissage des poteries à l'égal des alquifoux d'Espagne.

A côté du filon principal, il en existe un autre d'une faible puissance, que l'on exploite par les mêmes travaux. La galène y est d'un grain plus fin et, par conséquent, plus argentifère que la variété précédente. L'analyse indique une teneur en plomb de 76,62 0/0, et une teneur en argent de 9<sup>e</sup>,70 pour 100 kil. de plomb.

La position du terrain concédé est avantageuse pour l'exploitation. Il est limité au nord et au sud par deux routes impériales. Le gîte n'est séparé de ces routes que par une distance de 2 kilomètres environ, et du chemin de fer de Saint-Étienne au Puy, par une distance de 20 kilomètres. Un parcours de 26 kilomètres par voie ferrée amènerait le mineraï à Firminy. L'exploitation, abandonnée depuis 1828, a été reprise par M. Laprade-Mollin.

Nous n'avons pu avoir des renseignements exacts sur la production annuelle. On songe à doter l'exploitation d'un matériel mécanique pour la préparation des minerais et peut-être à établir une fonderie. Un nouveau puits a été foncé à Chambonnet pour recouper d'anciennes galeries. sa profondeur est aujourd'hui de 44 mètres.

Nous ne doutons pas que si l'exploitation, aidée de quelques capitaux, pouvait être entreprise sur une plus large échelle, elle ne donnât des résultats très-satisfaisants.

Le gîte des galènes d'Urciers et de Liguerolles (Indre) est d'un intérêt tout particulier, parce que l'on n'avait signalé jusqu'ici dans le département de l'Indre que des hématites rouges à Chaillac, Chenier, etc...; des hématites brunes à Rosetz, Vieux, etc., et seulement quelques indices de plomb près de Saint-Benoit-du-Sault. Ces galènes sont à grands clivages et ne renferment, par conséquent, que des quantités insignifiantes d'argent. On remarque dans les cavités des échantillons de cristaux maclés à éclat gras, qui appartiennent au plomb carbonaté, et même des petits prismes hexagonaux verdâtres de plomb phosphaté. La teneur en plomb, de 80 0/0, accusée par l'exposant, n'a rien qui doive surprendre, puisque la galène chimiquement pure, renferme 86,6 de plomb pour 13,4 de soufre.

Les gîtes plombifères des Pyrénées sont représentés par les galènes du canton d'Oust (Ariège). Plusieurs gîtes, très-voisins les uns des autres, ont été exploités sur ce point, et le sol porte la trace de travaux remontant à une époque très-éloignée. On y a signalé à plusieurs reprises la présence du plomb carbonaté.

Nous ne ferons que nommer les galènes des Alpes exploitées par la société des mines de l'Argentière (Hautes-Alpes). Quant aux gîtes de Bretagne, ils ne sont représentés que par quelques échantillons provenant de Pontpéan, près de Rennes. Ces minerais sont mélangés de blende argentifère et sont contenus dans un filon incliné de 80° et orienté nord-sud.

Les minerais de zinc, exposés par la compagnie française de Malfidano, appartiennent à la Sardaigne. Ce sont des calamines foliacées, grisâtres, rubéfiées de place en place par l'hydroxyde de fer, mais cependant d'une couleur toujours plus claire que les calamines de la Vieille-Mortagne.

Les minerais d'antimoine, exposés par M. de Lavernède, sont empruntés au gîte de Malbosc (Ardèche). C'est un

filon, recouplant presque verticalement le terrain silurien métamorphique et orienté nord-sud, avec gangue quartzeuse. Connue depuis longtemps, la mine n'a été exploitée avec activité, que depuis le commencement du siècle. La tradition rapporte qu'elle fut découverte par un alchimiste ambulant, appelé Commène et grec d'origine. Le minerai renferme du plomb et de l'argent ; aussi, son aspect rappelle-t-il un peu celui des jamesonites de Pontevaux (Auvergne).

Nous avons également remarqué les minerais d'antimoine exposés par M. Beau, fabricant de produits antimonieux, à Alais (Gard). Bien que le département du Gard présente quelques gîtes d'antimoine à Sessions, à Coignas et à Latran, les échantillons ne nous ont pas paru appartenir à ces localités ; nous avons cru reconnaître l'antimoine sulfuré, aciculaire et oxy-sulfuré de Corse. Du reste, il se peut que ces minerais arrivent par la voie de Marseille, à des prix assez bas, pour que les fabricants trouvent avantage à s'en approvisionner, plutôt que d'exploiter des mines peu productives. Les règles d'antimoine de M. Beau nous ont paru, autant que l'on peut se prononcer en ne s'appuyant que sur les caractères extérieurs, parfaitement épurés de tous corps étrangers et supérieurs aux règles anglais.

§ III. MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Il nous reste, pour compléter la description des produits minéraux exposés dans la section française, à faire connaître les différents matériaux de construction extraits de notre sol et présentant un intérêt pratique. Ils se divisent naturellement en deux classes : dans la première, figurent les gros éléments de la maçonnerie ; dans la deuxième, les matières plastiques destinées à les relier ; les premiers sont mis en œuvre tels qu'ils sont amenés au jour et sans subir d'autres modifications que des changements de forme, tels sont : les marbres, les pierres calcaires, siliceuses, granitiques, schisteuses, etc.

Les seconds, au contraire, sont des produits artificiels dénaturés à l'avance et à dessein, ce sont : les chaux, les plâtres et les ciments.

Les marbres français sont représentés à l'Exposition par des échantillons d'une très-grande beauté ; mais le nombre des exemples en est assez limité. Nous citerons les belles colonnes tournées et polies exposées par M. Derville sur plusieurs points du Parc. Elles proviennent des exploitations de Félines (Hérault), de Jeumont (Nord), de Pourcieux (Var), de Maurin (Basses-Alpes), de Saint-Antonin (Bouches-du-Rhône), et enfin de Saint-Béat (Haute-Garonne). Ce dernier marbre, d'une blancheur à peine voilée d'un ton grisâtre presque fugitif et d'un grain plus spathique que le marbre de Carrare, pourrait être employé aux mêmes usages, s'il n'était plus cohérent et plus difficile à travailler. On trouve cependant dans le jardin du centre un groupe de très-grande dimension exécuté en marbre de Saint-Béat ; et l'on conçoit que pour certains ouvrages il puisse entrer en parallèle avec le marbre de Carrare lui-même. Les carrières sont ouvertes sur les pentes de la montagne de Rie. L'épaisseur des bancs varie de 0<sup>m</sup>,30 à 5 mètres. Il doit sa teinte légèrement grisâtre à une petite quantité de bitume qui pénètre son tissu ; aussi laisse-t-il, sous le choc, dégager une odeur asphaltique.

L'étude des fossiles a montré qu'il appartient à l'époque jurassique. Le voisinage des filons d'ophites affleurant près des carrières rend facilement compte de sa texture saccharoïde, due, sans nul doute, à des influences métamorphiques.

M. Girou de Buzareigues, qui depuis quinze années, représente au Corps législatif le département de l'Aveyron, a exposé une collection de matériaux de construction empruntés au sol si varié de cette contrée. On y voit figurer trente échantillons de pierres dures, toutes susceptibles de prendre un beau poli, et de véritables mar-

bres, dont quelques-uns ont été mis à profit comme socles et piédestaux. Nous avons remarqué, en particulier, les marbres d'Espalion, dont l'originalité peut séduire le constructeur pour certaines applications ; ceux de Villeneuve, dont les carrières sont placées à côté d'une gare de chemin de fer ; ce sont des poudingues de tons très-variés formés d'éléments sphéroïdaux, noyés dans une gangue rougeâtre ; enfin les marbres de Buseins, parmi lesquels il faut distinguer le *jaune clair* d'une extraction aujourd'hui encore trop coûteuse pour donner lieu à une exploitation suivie et le *gris veiné* plus dur que le premier, d'une qualité supérieure, prenant très-facilement le poli et pouvant certainement couvrir les frais de l'extraction.

Le département de l'Aveyron offre encore des pierres dures d'une autre nature. Les granites y affectent quelquefois des colorations très-agréables, rougeâtres ou blanchâtres, suivant les tons de l'élément feldspathique. Les granites d'Entraygues contiennent souvent de belles tourmalines qui accidenteraient heureusement l'aspect de la roche, si elle était polie sur de grandes surfaces.

Il existe également près de Salles-Curan un gisement de pegmatite. Cette roche prend un beau poli et les fragments de quartz noyés dans la pâte feldspathique font valoir la couleur du fond et en égayent l'aspect par les dessins bizarres de leurs contours.

On trouve également des porphyres rouges plus ou moins mélangés ; du jaspe sanguin, des gneiss grenatifères, des diorites, des mimophyres, des eurites, des amphibolites soyeuses, des roches à base d'actinote d'un vert plus ou moins clair, les unes finement striées, les autres sillonnées plus profondément de traits diversement nuancés, enfin des serpentines d'un ton très-agréable et des fragments de quartz concrétionné d'un blanc légèrement laiteux, d'un aspect rappelant un peu celui de l'onyx ou présentant de place en place des reflets d'aventurine.

La Société d'agriculture de Châteauroux a envoyé éga-

lement une collection complète des roches du département de l'Indre utilisables dans les constructions.

Nous renvoyons à une note (1) la désignation de ces différents matériaux que nous avons rangés d'après leur âge géologique.

Il y a quelques années à peine, toute la pierre mise en œuvre à Paris, dans les constructions privées aussi bien que dans les monuments publics, provenait du calcaire grossier tertiaire exploité dans les carrières de Clamart, d'Arcueil, de Bagneux, de Châtillon, de Gentilly, de Villejuif et de Nanterre. Mais les communications par canaux et par voies de fer, étant aujourd'hui rendues plus faciles, les entrepreneurs s'approvisionnent de pierres calcaires, de meilleure qualité, appartenant à la formation jurassique, empruntées à la Lorraine et à la Bourgogne.

MM. Civet, Mathelin et C<sup>le</sup> ont exposé des échantillons de pierres calcaires extraites de ces gisements éloignés et de carrières situées dans d'autres départements plus rapprochés de Paris. Nous recommandons d'une manière spéciale l'étude de cette collection à toutes les personnes désireuses de s'instruire sur les matériaux employés aujourd'hui dans les grands chantiers de Paris.

Le liais exposé par MM. Civet et Mathelin, provient du Larrys, près Ravières (Yonne, vallée de l'Armançon). On sait que par liais, il faut entendre un calcaire compact à grains très-fins, très-homogène, d'une nature voisine de celle des calcaires lithographiques. Le liais du Larrys appartient à la formation jurassique ; il est d'une nuance

---

(1) FORMATION DU TRIAS. Grès de Chaillac, de Maussabré, d'Urciers, de la Rougère, calcaire de Prissac.

FORMATION DU LIAS. Calcaire de Prissac, de Dunet, de Nohant-Vic.

FORMATION OOLITIQUE. *Étage inférieur*. Calcaire de Chasseneuil, de Varennes, de Luant, de Neuilly-le-Bois, d<sup>e</sup> poli de Velles, de Pally, près Argenton.

*Étage moyen*. Calcaire de Bommiers, près La Théols, de Villemougin, d'Ambraut.

très-blanche, et peut être employé à l'intérieur pour marches et dallages. Les carrières sont situées à 500 mètres du canal de Bourgogne et à 5 kilomètres de la station de Nuits-sous-Ravières. La nature de la pierre étant gélive, elle ne saurait convenir aux travaux d'art.

On entend par roches, des bancs calcaires, durs, coquillers et à grain serré. Les exemples exposés sont les roches de Souppes, d'Euville, de Lérouville et de Moloy.

La pierre de Souppes (Seine-et-Marne, vallée de Loing) a été employée à Paris aux ponts de Bercy, Louis-Philippe, au Change, au viaduc d'Auteuil, aux soubassements des travaux neufs des Tuilleries et de l'Hôtel-Dieu. Les exploitations sont situées à proximité du chemin de fer du Bourbonnais et du canal de Loing. Elle résiste parfaitement à la gelée et peut être employée dans tous les travaux du génie militaire, des ponts et chaussées et de l'architecture.

La roche d'Euville, près Commercy (Meuse), se prête aux mêmes usages. Sa nature non gélive et sa grande résistance la font, depuis quelques années, rechercher de tous les constructeurs, et l'on peut dire que, grâce à toutes ses qualités, elle se plie à toutes les exigences.

Elle est dure, prend de vives arêtes et peut se débiter à la scie. Les débris de tiges de crinoïdes, transformés en spath calcaire, clivables suivant les faces du rhomboïde primitif répandues en très-grande abondance dans

*Étage supérieur.* Calcaire tendre de Buxeuil, calcaire dur de Buxeuil.

**FORMATION DES GRÈS VERTS.** Grès coquiller de Pillevoisin, grès de Levroux (commune de La Tour), grès de Levroux (commune de la Garenne), grès dur de Saint-Florentin, grès tendre de Saint-Florentin, grès de Sainte-Cécile.

**FORMATION CRAYEUSE.** Craie tuffau de Mortiray, d'Obterre, calcaire dur de Cliou, calcaire de Villentrois (commune de Château), calcaire de Lucay-le-Mâle, calcaire tendre de Cliou.

**TERRAIN TERTIAIRE.** Grès de Voué, grès rouge de Neuilly, grès très-dur de Saulnay, grès de la Brenne, de Villers.

la masse amorphe, lui communiquent un éclat miroitant. Elle a été employée à la corniche des ponts Notre-Dame et d'Austerlitz, au mur bahut de la partie du Pont-Neuf jeté sur le petit bras de la Seine, sur le canal de la Marne au Rhin, dans les ouvrages du chemin de fer de l'Est, aux soubassements des églises de Saint-François-Xavier, de la Trinité, de Saint-Joseph, du Temple russe de la rue de Valois-du-Roule, des deux théâtres de la place du Châtelet, des mairies des troisième et quatrième arrondissements et dans un très-grand nombre de monuments funèbres des cimetières de Paris.

La pierre de Lérouville appartient au même gisement, les carrières étant situées toutes deux non loin de Commercy, dans la vallée de la Meuse. Les exploitations sont à une distance de 1 kilomètre de la station de Lérouville (chemin de fer de l'Est), et à 10 kilomètres de Void, sur le canal de la Marne au Rhin ; la production égale et dépasse encore celle de la roche d'Euville. On la rencontre au viaduc de Nogent, sur la ligne de Vincennes et aux fortifications de Lille. Elle est en particulier d'un excellent emploi dans les soubassements.

La roche de Moloy provient du département de l'Aisne. Elle appartient à la période tertiaire, les exploitations sont ouvertes en cavage près La Ferté-Milon, dans la vallée de l'Ourcq. Les travaux d'extraction ne portent que sur un banc d'une hauteur de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,90 soudé à un autre banc de libage de 0<sup>m</sup>,35 à 0<sup>m</sup>,90. On peut y tailler des piles, des dossierets et des jambes étrières.

Les bancs royaux sont des pierres dures ou tendres d'un grain et d'une teinte très-uniformes, se présentant en assises d'une grande hauteur. Ils sont représentés par les bancs royaux de Savonnière (Meuse), de l'Abbaye-du-Val (Seine-et-Oise) et de Moloy (Aisne).

La pierre de Savonnière se fait remarquer par son inaltérabilité en présence des agents atmosphériques, un grain très-fin et un ton très-régulier. Les exploitations

sont à découvert, à 16 kilomètres de Saint-Dizier. Elle appartient à la période jurassique. Elle est très-employée dans les monuments funèbres des cimetières de Paris et dans beaucoup d'ouvrages d'ornementation et de sculpture.

La pierre de l'Abbaye-du-Val a son usage en élévation. On la voit figurer au Théâtre-Français, à la bibliothèque impériale, à la Banque de France et à la Cour de cassation. Elle ne le cède en rien pour la finesse du grain et la régularité de la teinte à la pierre de Savonnière ; mais certains bancs sont sujets à éclater sous l'action de la gelée. Les exploitations sont ouvertes en cavage, à 3 kilomètres de l'Oise et à 6 kilomètres de l'Isle-Adam.

Le banc royal de Moloy est exploité à découvert et forme le ciel des galeries en cavage, ouvertes dans la roche de la même provenance. Il est d'une nature gélive et doit être employé en élévation ou à l'intérieur.

Les vergelés sont des pierres d'un grain plus ou moins fin, maigre et poreux, résultant de l'agrégation d'un sable calcaire.

Le vergelé de Saint-Wast (Oise) est exploité à découvert, à 2 kilomètres du garage de Cramoisy (ligne de Creil à Beauvais), à 6 kilomètres de l'Oise. Il est expédié en très-grande quantité dans tout le nord de la France, en particulier à Rouen et au Havre ; il est même recherché en Belgique et figure dans un très-grand nombre de constructions de Bruxelles. A Paris, on peut le voir à l'église de Saint-Ambroise, au temple israélite, au grand hôtel et à la mairie du 6<sup>e</sup> arrondissement.

Le vergelé de Buisson-Richard, commune de Mesnil-le-Roi (Seine-et-Oise), est d'une nature non gélive et présente un gisement d'une étendue très-considérable exploité en cavage à 1500 mètres de la Seine. On peut l'employer en élévation et à l'intérieur.

Si le sable calcaire, qui entre comme élément dominant dans les pierres que nous avons appelées vergelés, est

remplacé par des débris de coquilles, brisées en si minces fragments, que l'on ne puisse plus les distinguer du ciment calcaire qui les réunit, les carrières donnent à cette nouvelle nature de pierre le nom de Saint-Leu.

On remarquera, dans la collection de MM. Civet et Mathelin, le Saint-Leu de Laigneville (Oise). Cette pierre a été recherchée en particulier pendant les deux derniers siècles. On la voit entrer dans toutes les constructions qui remontent aux règnes de Louis XIV et de Louis XV, à l'hôtel du ministère de la marine, au garde-meuble, etc. Son grain est très-fin, mais sa nature un peu gélive. Les carrières sont situées à 5 kilomètres de Creil et de l'Oise.

La pierre tendre de Parmain (Seine-et-Oise), est d'un grain très-fin, d'un ton très-régulier, mais gélive comme le Saint-Leu. Elle a son emploi dans les ouvrages d'ornementation.

Enfin, au nombre des matériaux de construction exposés par MM. Civet et Mathelin, on trouve le grès des Vosges.

Ce grès appartient à la formation du trias (étage des grès bigarrés). C'est une roche d'un grain assez variable, suivant la hauteur du niveau où se place l'extraction. Les exploitations sont situées à 6 kilomètres de la station de Lutzelbourg (Meurthe) et à 5 kilomètres du canal de la Marne au Rhin. Elle a été employée à Paris aux Halles centrales, au soubassement du Palais de l'Exposition des Champs-Élysées, aux marchés Saint-Quentin et de la rue de Lisbonne. Elle est d'un usage presque général en Alsace et c'est avec elle qu'a été bâtie la cathédrale de Strasbourg.

Nous avons réuni dans le tableau suivant un certain nombre de renseignements qui peuvent avoir quelque intérêt pour les ingénieurs et les architectes, au point de vue de la rédaction des projets où peuvent figurer ces différentes natures de matériaux.

NATURE et provenance des matériaux.	HAUTEUR des bancs.	Densité moyenne par mètre cube.	Résistance moyenne par centimètre carré.	PRODUCTION annuelle.
Liais fin du Larrys.....	0 <sup>m</sup> ,50 à 2 <sup>m</sup> ,00	2400 <sup>k</sup>	350 <sup>k</sup>	1500 <sup>me</sup> à 2000 <sup>mc</sup>
Roche de Souppes .....	0 ,35 à 0 ,90	2600	400	2000 à 3000
Roche d'Euville.....	0 ,50 à 3 ,00	2350	300	8000 à 9000
Roche de Lérouville.....	0 ,50 à 3 ,00	2250	225	8000 à 9000
Roche de Moloy.....	0 ,40 à 0 ,90	2200	225	2500 à 3000
Banc royal de Savonnière.....	0 ,75 à 1 ,10,	1900	90	2000 à 2500
Banc royal de Moloy.....	0 ,60 à 1 ,00	2000	90	1200 à 1500
Vergelé de Saint-Wast.....	0 ,50 à 2 ,00	1600	60	10000 à 12000
Vergelé de Buisson-Richard.	0 ,45 à 1 ,10	1500	50	6000 à 7000
Saint-Leu de Laigueville....	0 ,60 à 1 ,00	1700	60	2000 à 3000
Pierre tendre de Parmain....	0 ,75 à 1 ,60	1600	50	6000 à 7000
Grès des Vosges .....	0 ,50 à 3 ,00	2130	215	3000 à 4000

Nous avons déjà, en parlant des pierres calcaires dont s'approvisionnent les chantiers de la capitale, signalé la tendance, qui se manifeste de jour en jour davantage, d'user plus largement des moyens de communication établis à de grandes distances par les chemins de fer, pour emprunter aux gisements éloignés les matériaux de construction, qui font défaut au bassin de Paris. Nous ne doutons pas que, dans un avenir aujourd'hui très-prochain, nos constructeurs ne fassent appel aux carrières du Poitou, pour se procurer les calcaires jurassiques, que fournissent déjà la Lorraine et la Bourgogne. Nous avons remarqué, dans le hangar du boulevard du Nord, les produits de ces exploitations, et nous engageons les ingénieurs à y prêter toute leur attention. Les carrières sont ouvertes dans les arrondissements de Poitiers et de Montmorillon, au niveau de l'oolite inférieure et moyenne.

Ces pierres calcaires sont les suivantes : 1<sup>o</sup> la roche dure de Lussac-les-Châteaux. Cette roche sera, sans nul doute, recherchée entre toutes, aussitôt que sera terminé le chemin de fer de Limoges à Poitiers. La voie ferrée

traverse la carrière, dont les produits ont été mis à profit pour la construction des ouvrages d'art du réseau en voie d'exécution. Elle présente à l'écrasement une résistance considérable et se fait remarquer par la vivacité de ses arêtes.

2<sup>e</sup> La roche de Chauvigny est d'une texture essentiellement oolitique et peut être employée en deuxième assise au-dessus de la précédente, dont la position dans les socles et soubassements est tout naturellement indiquée. Elle est employée en ce moment à cette place, dans la construction de la nouvelle gare de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans.

3<sup>e</sup> La roche de Bouillet présente une résistance qui lui permet d'être mise en œuvre dans les assises destinées à supporter les plus lourdes charges ; sa teinte nuancée la met à l'abri des changements de coloration amenés par l'influence de l'humidité, mais son aspect peu avantageux l'empêche d'être mise en parallèle avec le calcaire de Lussac-les-Châteaux.

4<sup>e</sup> Il y a quatre ans environ, des ouvriers carriers découvrirent dans la commune de Tercé une roche d'une nature intermédiaire entre la pierre de Lussac-les-Châteaux et celle de Chauvigny. L'extrême finesse de son grain, sa teinte claire et uniforme, sa force portante assez considérable, l'ont fait bien vite rechercher et elle pourra un jour être importée à Paris et y remplacer les liais, dont le besoin se fait sentir sur un grand nombre de chantiers.

5<sup>e</sup> La roche de Lavoux est d'une nature beaucoup plus tendre que les précédentes. Elle prend et conserve sous le ciseau les formes les plus délicates et se prête naturellement à l'ornementation. Un très-grand nombre d'échantillons en ont été livrés aux constructeurs du palais des Tuileries, pour l'exécution de vases et de statues. Elle a été également appliquée à plusieurs motifs de décoration dans la construction du tombeau de M. le duc de Morny, au Père La Chaise.

6<sup>e</sup> La commune de Morthemer fournit la roche de Morthemer et d'Albion.

7<sup>e</sup> La partie nord de l'arrondissement de Poitiers possède au Grand-Pont, à Preuilly, à Limbre, à Puy-Louchard, des carrières de banc royal dur ; mais les produits de ces exploitations sont inférieurs à ceux de Château-Gaillard, où l'on rencontre d'immenses carrières du banc royal dit des Lourdines. Cette pierre est caractérisée par une finesse de grains tout exceptionnelle et par une teinte d'une parfaite blancheur. Elle appartient à l'étage oxfordien inférieur, comme le prouve la présence, dans l'un de ses bancs, de l'*ammonites anceps*, fossile caractéristique de ce niveau. Elle a été employée à la nouvelle galerie des Tuileries, sous les passages d'entrée, dans les passages d'un grand nombre d'hôtels du boulevard Haussmann et au nouvel établissement de la Belle-Jardinière, sur le quai de la Mégisserie. Les carrières sont situées à 4 kilom. de la ligne de Paris à Bordeaux ; l'établissement d'une voie de fer les reliant avec la ligne principale, imprimerait certainement à l'exploitation une impulsion toute nouvelle, en multipliant les débouchés.

Le département de la Nièvre possède des matériaux calcaires et oolitiques dignes d'être remarqués. Nous citerons d'abord le banc royal de Malvoux, près Mesves (canton de Pouilly-sur-Loire). Le gisement appartient à l'étage corallien ; il est exploité à ciel ouvert et à la tranche. On est mal renseigné sur sa puissance totale, l'extraction au-delà d'une profondeur de 35 à 36 mètres, étant arrêtée par une nappe d'eau souterraine. Le couvert est de 6 à 7 mètres d'épaisseur et renferme du minerai de fer en grains et des couches de calcaire fournissant du moellon. C'est au-dessous seulement que se développent une trentaine de bancs environ, tous parfaitement horizontaux, d'une épaisseur comprise entre des limites très variables, 0<sup>m</sup>,12 et 2<sup>m</sup>,30. Dans cet ensemble, les bancs supérieurs et intermédiaires sont les plus fins et les moins

gélifs ; les bancs inférieurs, au contraire, assez grossiers ; l'un d'eux, d'une puissance de 1,10 à 1,20, a été pour cette raison désigné par les ouvriers sous le nom de *grain de sel*. La carrière, sur 110 mètres de front environ, laisse voir sept lignes de dislocation orientées dans des directions différentes. Les bancs ne sont pas dénivelés, mais seulement coupés par tronçons isolés. C'est là sans doute le résultat d'un retrait qui s'est opéré dans la masse calcaire, alors qu'elle était encore à l'état de pâte peu consistante, à la suite de phénomènes analogues à ceux que nous observons à Paris, dans les carrières de gypse, dont la masse a été aussi fractionnée en une série de grands tronçons prismatiques, désignés sous le nom de hauts-piliers.

Cette roche a été mise en œuvre dans un grand nombre de constructions. Elle entre presqu'exclusivement dans tous les bâtiments de la ville d'Orléans. On la retrouve dans le musée et la gare de Montargis, dans le nouvel arsenal de Bourges, dans les chalets de l'Empereur, à Vichy..., etc.

La roche de Verger est réservée à la construction des travaux d'art. Elle est très-estimée pour sa résistance et sa parfaite inaltérabilité à la gelée. Cette dernière carrière a fourni l'hiver dernier, pour les assises du pont en fer de la Charité, des blocs cubant 5<sup>me</sup>,00. Les bancs sont au nombre de deux seulement, l'un porte 1<sup>m</sup>,20 d'épaisseur, l'autre 0<sup>m</sup>,60. On atteint le premier par un déblai d'une profondeur de 1 mètre en moyenne.

Le liais de Champcelley est exploité dans une carrière voisine de Verger, à 8 kilomètres au nord de Malvaux et à 4 kilomètres de Mesves, l'une des stations du chemin de fer de Paris à Lyon par le Bourbonnais.

On y compte 5 bancs seulement de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,60 de hauteur d'assise. Ce liais prend bien le poli et peut être scié en dalles de toutes dimensions. M. Souque, propriétaire des carrières, a établi à Mesves, une usine hydrau-

lique pour le sciage et le tournage de la pierre. On peut voir dans sa collection des spécimens de cette industrie, toute nouvelle dans le département de la Nièvre.

La pierre de Bourgogne est représentée à l'Exposition par les produits des carrières d'Ancy-le-Franc (Yonne). On remarquera la roche blanche de Chassignelles, bien connue à Paris, et généralement employée dans les assises en élévation, du socle au balcon; des échantillons de roche simulant le liais et pouvant comme lui être employée comme seuils, marches ou dallages; enfin une pierre marbrée résistant avantageusement à toutes les épreuves de la gelée, d'une force portante qui s'élève à 430 kilog. par centimètre carré, se pliant aux usages les plus variés, tels que socles, parapets, piédestaux, bassins, bordures de trottoir et pouvant même à l'intérieur jouer le rôle de marbre de fantaisie. La carrière de l'exposant, M. Renard-Fèvre, est située sur les bords mêmes du canal de Bourgogne; l'exploitation est à ciel ouvert; la masse totale est de 20 mètres de hauteur à partir du niveau de l'eau du canal; pendant le chômage, l'exploitation descend beaucoup plus bas. On y compte 16 bancs dont les hauteurs varient de 0<sup>m</sup>,40 jusqu'à 3 mètres. La grande étendue du gisement et sa position si avantageuse permettent de satisfaire à toutes les demandes.

Le Midi de la France a tenu à honneur d'envoyer à l'Exposition universelle les échantillons provenant de ses carrières. On remarquera en particulier les pierres calcaires exploitées par M. Rouvière-Cabanne, à Beaucaire. Les carrières sont groupées sur la surface d'un plateau situé au sud-ouest de la vallée du Rhône et d'une altitude moyenne de 80 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'industrie extractive est pour ainsi dire populaire dans cette circonscription, et bon nombre de petits propriétaires exploitent eux-mêmes des portions limitées de terrain; mais aussitôt que l'excavation vient à s'approfondir, le défaut d'un matériel mécanique se fait bien vite sentir;

aussi les voit-on, la plupart du temps, amenés à abandonner bientôt les travaux commencés.

La formation calcaire appartient à l'étage de la molasse coquillière du terrain tertiaire moyen. On y rencontre des dents de squales caractéristiques de ce niveau, telles que des dents de *Lamna elegans*, *Oxhyrina hastalis*, *Hemipristis serra*..., etc. Depuis l'achèvement du réseau ferré reliant Beaucaire et Nîmes, les carrières ont pris une très-grande extension et produisent annuellement 20 à 25,000 mètres cubes.

Nous reproduisons le catalogue abrégé des produits exposés par M. Rouvière-Cabanne :

DÉSIGNATION des différentes natures de pierres.	Epaisseur des couches.	OBSERVATIONS.
A. Claire forte . . . . .	4 <sup>m</sup> ,40	Très-dure, s'emploie pour les bases des monuments et les grands appareils.
B. Claire fine . . . . .	3 ,00	Moins dure que A, mais très-résistante.
C. Claire blanche . . . . .	4 ,00	Très-belle, blanche, solide, supportant une très-grande pression, tenant bien l'arête des moulures, a son emploi dans les cuves à vin et la statuaire.
D. Roussette de dessus .	2 ,80	Pierre d'un grain très-fin ; pour moulure ; d'un grand emploi pour les façades des constructions civiles.
E. Blanche ordinaire. . .	5 ,80	Pierre très-fine ; facile à travailler, portant moulure.
F. Roussette du fond . .	3 ,00	Pierre fine, un peu marbrée, très-résistante, durcissant promptement à l'air.
G. Grisette du fond . . .	2 ,00	Belle pierre à grain fin, doit être extraite en été et employée en élévation.

Tous les monuments du moyen-âge, comme les édifices modernes de la ville de Nîmes, ont emprunté à ces car-

rières leurs matériaux. Nous citerons parmi les nouvelles constructions édifiées avec ces matériaux, la résidence impériale à Marseille, les ponts des chemins de fer du Midi, de Carcassonne, de Béziers, d'Agde et de Coursant ; la gare de Narbonne ; la gare, le palais de justice et la façade de la préfecture de Perpignan ; les travaux d'art de la ligne de Toulon aux Arcs ; le boulevard de l'Impératrice à Alger..., etc.

Parmi les matériaux empruntés au règne minéral, qui entrent dans la construction des édifices sans subir aucune transformation préparatoire, figurent les schistes régulaires désignés généralement sous le nom d'ardoises. La France est un des pays les plus riches en ardoises, aussi son exposition est-elle assez complète pour permettre d'y apprécier l'état de cette industrie. Les principaux centres d'extraction sont l'Anjou et les Ardennes, ajoutons aujourd'hui le Calvados.

Le schiste ardoisier est une roche fissile, c'est-à-dire possédant la faculté d'être aisément divisée en plaques, lames ou feuillets, c'est la *phyllade* des géologues. Les phyllades se distinguent des argiles, dont elles se rapprochent cependant au point de vue de la composition élémentaire, par l'absence de toute plasticité. Elles ne font point pâte avec l'eau et même ne peuvent s'y délayer. Ce sont comme les argiles des silicates d'alumine, mais avec moins d'eau et une plus grande proportion d'alcali. L'argile est un minéral simple, la phyllade est, au contraire, un mélange de diverses espèces minérales, toutes représentées par des fragments si ténus, qu'on ne saurait les distinguer sans le secours d'instruments optiques très-grossissants. On y trouve : 1<sup>o</sup> du quartz, 2<sup>o</sup> du silicate d'alumine, 3<sup>o</sup> du feldspath orthose, 4<sup>o</sup> du carbonate de chaux, 5<sup>o</sup> de la potasse, 6<sup>o</sup> des matières charbonneuses. Les minces éclats sont fusibles au chalumeau. Souvent, dans la masse, apparaissent des cristaux d'une origine évidemment postérieure, tels que la pyrite jaune de fer et

la pyrite magnétique. On les trouve en général dans les terrains anciens ; cependant certains schistes, d'un âge plus récent, prennent l'aspect phylladiforme, tels sont les schistes à belemnites des Alpes françaises, appartenant à la période jurassique. Les schistes de Glaris sont des ardoises tertiaires. Dans les Basses-Alpes, près de Barcelonnette, on voit également des ardoises dans le terrain nummulitique.

Il est assez difficile de se rendre un compte exact des influences qui ont communiqué aux schistes ardoisiers cette texture feuilletée, et les ont pour ainsi dire divisés à l'avance en une série de lames décroissantes toutes parallèles entre elles, mais souvent inclinées sur les plans de stratification de l'ensemble de la formation. Dans les Ardennes françaises, par exemple, on rencontre au milieu des couches les plus contournées des phyllades ardoisières dont les feuillets conservent leur parallélisme. Ce fait paraît résulter de pressions qu'ont subies les couches de la formation, pressions qui, exercées dans certains sens, ont pu y déterminer des effets de laminage. Il est certain qu'au moyen d'appareils de laminage, on peut donner lieu, dans l'argile elle-même, à ces phénomènes de répartition moléculaire et faire apparaître la texture feuilletée.

Les ardoisières d'Angers représentent, depuis une époque très-reculée, le plus grand centre de production de la France. Le gisement appartient à la période de transition (étage silurien), c'est un des termes de l'assise cristalline et schisteuse dont le prolongement occidental vient s'appuyer sur la chaîne granitique de la Vendée. Le schiste fissile se présente sous forme d'une longe bande orientée O. 20° N. à E 20° S. Dans les environs d'Angers, on a reconnu dans la formation quatre horizons distincts dont deux seulement bien étudiés et situés au nord du groupe, à une distance de 350 mètres environ, constituent les veines d'exploitation. Elles sont désignées sous les noms de veine du Nord et veine du Sud.

La veine du Nord ou des Petits-Carreaux se termine au nord par une couche de schiste ampélitique connue par les ouvriers sous le nom de *charbonnée*, qui détermine une limite très-tranchée. Du côté sud, la délimitation est, au contraire, beaucoup moins nette, car ce n'est que par des passages ménagés que l'ardoise exploitable passe à un schiste bleuâtre, moins facilement utilisable, et criblé de cristaux cubiques de pyrite de fer. La limite est donc dans ce sens tout industrielle.

La veine du Sud ou des Grands-Carreaux est limitée au nord, par ce que les ouvriers appellent les *liches*, petites surfaces d'un toucher onctueux, coupant les plans de fissilité dans toutes les orientations, de manière à s'opposer à la division de la roche en lames minces ; au sud par des schistes pénétrés de pyrites de fer, mais non plus comme dans la veine du Nord, en cristaux dispersés, mais en lamelles d'une cohésion très-variable.

Dans ces deux gîtes, le plan de clivage de la roche est à peu près vertical, mais l'allure troublée des couches présentant sur un très-grand nombre de points des cassures, des rejets, des dénivellations, témoignent des bouleversements qu'elles ont subis, à la suite des divers soulèvements géologiques, depuis la période si reculée de leur formation.

Le schiste ne se présente jamais à la surface du sol, avec les conditions d'inaltérabilité qu'exige son emploi dans la couverture, et il faut déblayer une épaisseur de 18<sup>m</sup>,00 environ de roches stériles, avant de parvenir au niveau de la première couche exploitable. Les premières extractions ont été pratiquées à ciel ouvert, par gradins droits d'une hauteur de 3<sup>m</sup>,33 ; mais depuis plusieurs années, pour éviter les frais considérables des déblais superficiels, les embarras causés à l'abord des chantiers par le dépôt des produits inutiles et le déplacement des machines d'extraction, on a été amené à exploiter par ouvrages souterrains. C'est par cette méthode que la So-

ciété des Grands-Carreaux, il y a vingt ans environ, attaqua le gisement. L'usage de la poudre et la substitution des machines à vapeur aux engins d'extraction mis en mouvement par les moteurs animés, sont les améliorations les plus importantes qu'ait reçues l'exploitation.

Les propriétaires de carrières se sont aujourd'hui concer-tés pour faire cesser la concurrence résultant d'un grand nombre d'exactions rapprochées. Un syndicat organisé sur des bases stables, sous le nom de *Commission des ardoisières d'Angers*, est dirigé par un gérant unique. De cette entente, est née une organisation plus régulière, la création d'établissements d'intérêt commun, et, en particulier, la fondation de l'usine de Saint-Léonard, renfermant une câblerie et une scierie mécaniques. Grâce aux procédés mécaniques mis en jeu dans cette usine, les applications de l'ardoise, bornées autrefois à la couverture des bâtiments, se sont pour ainsi dire multipliées. On peut, aujourd'hui, en façonner des dalles de revêtement résistant aux attaques de liquides corrosifs, des plaques d'ornement, des tables de billard, des mangeoires d'écurie..., toutes sortes d'objets où le schiste peut avantageusement remplacer le marbre, tant au point de vue de la solidité que de l'économie.

L'ensemble des ardoisières d'Angers, occupe 2416 ouvriers, savoir : 514 extracteurs, 1006 fendeurs ou tailleurs, 906 journaliers ou employés. Le service de l'épuisement et de l'extraction exige 31 machines à vapeur représentant une force de 475 chevaux. La quantité d'ardoises fabriquées annuellement était, en 1855, de 141.864.000. Les différentes espèces d'ardoises fabriquées à Angers, sont décrites dans le tableau suivant :

DÉNOMINATIONS des ARDOISES.	DIMENSIONS en MILLIMÈTRES.		POIDS MOYENS DES 1040 ARDOISES.	NOMBRE d'ardoises entrant dans un mètre carré de couverture.	Prix des 1000 ardoises rendues aux ports de chargements à An gros, pour les livraisons par eau ; ou aux quais de gare de la Pa- peterie et Treblac pour les livrai- sons par chemin de fer.
	Haut.	Larg.			
1 <sup>re</sup> carrée, grand modèle....	0,324	0,222	360	42 ardois.	36 *
1 <sup>re</sup> carrée, demi-forte .....	0,297	0,216	420	47	32 *
1 <sup>re</sup> carrée, forte.....	0,297	0,216	560	47	33 *
2 <sup>e</sup> carrée, d° .....	0,293	0,195	410	52	27 *
Grande moyenne, forte.....	0,297	0,180	400	55	23 *
Petite moyenne, d° .....	0,297	0,162	360	62	23 *
3 <sup>e</sup> carriée { dite flamande....	0,270	0,162	340	69	17 *
{ ordinaire.....	0,243	0,180	310	62	16 *
4 <sup>e</sup> carrée ou cartelette n° 1 ..	0,216	0,162	260	88	13 *
— ou cartelette n° 2 ..	0,216	0,122	210	114	8 *
— ou cartelette n° 3 ..	0,216	0,093	155	146	5 50
Poil taché .....	0,297	0,168	450	60 en moy.	21 50
Ardoises non échantillonées					
Poil roux.....	0,270	0,401	310	78 d°	12 50
Héridelle.....	0,880	0,108	480		11 *
Ardoises taillées à la mécanique.					
Grande écaille ...	0,296	0,198	520	50	38 *
Petite écaille....	0,230	0,132	240	94	18 *
Ardoise découpée.	0,300	0,170	300	60	40 *
N° 1.....	0,640	0,360	3100	9 ard. 92	205 *
2.....	0,608	0,360	2900	10 48	194 *
3.....	0,608	0,304	2450	12 40	164 *
4.....	0,538	0,279	2020	14 92	136 *
5.....	0,508	0,234	1510	18 31	111 *
6.....	0,458	0,234	1330	20 70	98 *
7.....	0,406	0,203	920	29 85	68 *
8.....	0,355	0,203	710	35 21	58 *
9.....	0,355	0,177	630	40 32	50 *
10.....	0,303	0,165	470	52 63	88 *

Les ardoisières des Ardennes sont représentées par de nombreux produits, entre lesquels nous avons remarqué ceux du canton de Monthermé, l'un des trois centres ardoisiers du pays ardennais. Les concessions exploitées sont celles de la Carbonnière et de Monthermé.

Le gîte est exploité par travaux souterrains, en forages dirigés suivant l'inclinaison des couches, qui est de 45° environ, et en galeries ouvertes à la base du puits, isolant un certain nombre de piliers suc-

cessivement enlevés. La roche est abattue à la mine et remontée au jour par un chemin de fer intérieur, mu par des machines à vapeur. Les ouvriers du haut fendent le schiste en se servant de ciseaux appropriés à cet usage et lui donnent la forme au moyen de découpoirs mécaniques. Les ouvriers sont payés au mille et suivant un prix qui varie selon les difficultés présumées de l'extraction.

La veine exploitable est encaissée entre deux couches affleurant à peu près parallèlement, mais cependant d'une allure contournée. La distance entre les cordons extrêmes est, à la Carbonnière, de 8 à 10 mètres, et à Monthermé, de 25 à 30 mètres.

L'ardoise est grise et grenue. Elle est, d'ailleurs, d'autant plus estimée qu'elle est plus grenue, au moins en ce qui touche ses applications à la couverture. On remarque à Monthermé, des veines lisses d'un bleu pâle, d'un aspect plus agréable peut-être que les précédentes, mais d'un emploi moins profitable au point de vue de la durée.

A la différence de Fumay et de Rimogne, bourgs dont la population assez nombreuse est uniquement vouée à l'industrie ardoisière, la population de Deville et de Monthermé se partage entre diverses industries. De là l'insuffisance de bras qui se fait si vivement sentir et réduit la production annuelle à 18.000.000 d'ardoises fabriquées.

Les anciens débouchés de cette partie de la production ardennaise étaient les départements des Ardennes, de l'Aube, de l'Aisne, de l'Oise, de la Somme et de la Meuse ; les chemins de fer leur ont ouvert l'accès de la Normandie et de la Lorraine ainsi que de la Loire et de l'Allier ; mais les transports par la Meuse et les canaux sont devenus moins nombreux. Il serait à désirer que cette nature d'ardoise, dont la teinte n'est pas dépourvue d'une certaine originalité, et dont le prix est inférieur à celle d'Angers, fut admise sur le marché de Paris.

Les tableaux suivants résument les données d'intérêt pratique, relatives aux ardoises de Carbonnière et de Monthermé :

**Ardoisières de Carbonnière (Ardennes).**

NOMS DES ARDOISES.	DIMENSION de l'ardoise.		ÉPAISSEUR de Pardoise.	POIDS approximatif du mille en nombre.	SURFACE couverte par le mille en nombre.	PRIX du mille sur bateau sur fosse.	PRIX du mille sur bateau ou sur wagon.	NOMBRE approximatif d'ardoises formant le chargement complet du wagon.
	Largeur.	Hauteur.						
Grande Carrée . . . . .	0 <sup>m</sup> ,22	0 <sup>m</sup> ,30	2 à 3 mill.	400 kil.	22 mèt.	25	26	25000
G <sup>d</sup> -St-Louis (coupe d'Angers).	0 ,49	0 ,30	d°	340 d°	18 d°	21	22	30000
G <sup>d</sup> -St-Louis (ordinaire) . . .	0 ,49	0 ,30	d°	340 d°	18 d°	21	22	30000
Grand Baras . . . . .	0 ,49	0 ,32	d°	350 d°	19 d°	21	22	29000
Fort Baras . . . . .	0 ,49	0 ,30	3 à 4 mill.	400 d°	18 d°	21	22	25000
Grande Démêlée . . . . .	0 ,46	0 ,28	3 mill.	340 d°	14 d°	18	19	30000
Petite Démêlée . . . . .	0 ,45	26 1/2	d°	270 d°	12 d°	12	13	38000

**Ardoisières de Monthermé (Ardennes).**

NOMS DES ARDOISES.	DIMENSION de l'ardoise.		ÉPAISSEUR de l'ardoise.	POIDS approximatif du mille en nombre.	SURFACE couverte par le mille en nombre.	PRIX	PRIX	PRIX	NOMBRE d'ardoises ap- proximatif formant le chargement complet du wagon.
	Largeur.	Hauteur.				du mille sur fosse.	du mille sur bateau.	du mille sur wagon	
Grande Carrée . . . . .	0 <sup>m</sup> ,22	0 <sup>m</sup> ,30	2 à 3 mill.	460 kil.	22 mèt.	24	26	25	22 à 23000
G <sup>d</sup> -St-Louis (coupe d'Angers)	0 ,19	0 ,30	d°	350 d°	18 d°	21	21	22	29000
G <sup>d</sup> -St Louis (ordinaire) . . .	0 ,19	0 ,30	d°	350 d°	18 d°	21	21	22	29000
Grand Baras . . . . .	0 ,19	0 ,32	d°	360 d°	19 d°	21	21	22	28000
Fort Baras . . . . .	0 ,19	0 ,30	3 à 4 mill.	500 d°	18 d°	21	21	22	20000
Grande Démêlée . . . . .	0 ,16	0 ,28	3 mill.	350 d°	14 d°	18	18	19	29000
Petite Démêlée . . . . .	0 ,15	26 1/2	d°	300 d°	12 d°	12	12	13	34000

Les ardoises de Caumont-l'Éventé (Calvados), figurent pour la première fois dans nos Expositions universelles, et l'exploitation elle-même remonte à peu d'années.

Les schistes de ce bassin sont enclavés dans la formation silurienne inférieure, qui constitue le sol de la contrée ; la direction des couches schisteuses est O. O. N. à E. E. S., avec plongement au sud sous un angle de 85° environ avec l'horizontale. La grande inclinaison des couches crée à l'exploitation une difficulté toute spéciale, en permettant aux eaux superficielles de se glisser entre les plans de fissilité de la roche, et nécessitant par là même des frais considérables d'épuisement.

Le schiste régulier est disposé dans le gîte, sous forme de veines de 5 à 12 mètres de puissance, enclavées elles-mêmes dans des couches de gneiss, de micaschistes et de quartzites. Il est exploité par travaux souterrains. Trois puits d'environ 60<sup>m</sup>,00 de profondeur, aujourd'hui encore en voie de fonçage, permettent d'accéder aux chantiers productifs et en écoulent les produits. La méthode d'abattage est celle des gradins droits. Chaque seuil est attaqué latéralement dans sa partie la moins résistante, puis détaché après avoir été isolé par un havage placé à sa base.

Les ardoises de Caumont-l'Éventé, méritent de fixer l'attention des architectes et des entrepreneurs ; car pour la densité, la finesse du grain, le poli des feuilles, l'agrément et la variété des tons, elles tiennent évidemment le premier rang. Aussi, malgré leur prix relativement élevé, font-elles sur le littoral de la Manche, une sérieuse concurrence aux ardoises d'Angleterre. Ajoutons que leur inaltérabilité est complète et leur durée indéfinie : on connaît, dans le Calvados, des maisons de paysans dont les couvertures empruntées aux affleurements schisteux de la contrée, datent aujourd'hui de plus d'un siècle et n'exigent cependant aucun entretien.

Les galeries transversales ouvertes à la base du puits pour étudier le gisement ont conduit à la découverte de

nouvelles couches exploitables. Le chiffre annuel de la production, qui est d'environ 8 millions, pourra donc être dépassé. La compagnie emploie 120 ouvriers, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur ; 4 machines à vapeur, d'une force totale de 45 chevaux, desservent les trois puits et la scierie mécanique. Les plus gros blocs sont destinés à la fabrication de tables de billards, de plaques de revêtement et de carreaux de dallage ; les échantillons de moindre grandeur sont convertis dans les fenderies en ardoises de toiture.

Une industrie nouvelle, due à l'initiative du directeur, M. Charlier, a pris naissance à Caumont-l'Éventé : nous voulons parler des *incrustations en ardoises*. On les obtient à l'aide d'incisions pratiquées dans la pierre et remplies ensuite d'un mélange de ciments alunés, diversement colorés. Dans la seconde galerie du Palais, section française, à gauche de la rue de Flandres, se trouvent exposés sur la face murale à gauche, des guéridons, des panneaux de salle à manger et de salle de bain, des spécimens de tableaux d'amphithéâtre et de gravure et dorure sur ardoise. C'est, croyons-nous, pour la première fois que figurent dans une exposition ces plaques entaillées, couvertes de dessins de toute nature, dont les couleurs variées tranchent agréablement sur le fond noirâtre du schiste.

Nous avons la confiance que les ardoisières du Calvados, placées dans des conditions d'exploitation si favorables et d'ailleurs parfaitement dirigées par leur ingénieur, M. Charlier, triompheront de tous les obstacles qui entraînent d'ordinaire les débuts des entreprises et obtiendront plein succès dans un avenir peu éloigné.

Les sables siliceux, mélangés d'argile, sont mis à profit par certaines industries. Ils sont employés dans la construction des fours de verrerie et pour les revêtements intérieurs des hauts-fourneaux, des fours à puddler, des cubilots, etc.

M. Baudinot, ingénieur au corps impérial des mines, a

bien voulu nous communiquer sur le gisement des sables réfractaires de Voreppe (Isère), exposés par M. Gadot, une note que nous nous faisons un devoir de reproduire textuellement :

« Les carrières de sables réfractaires de Voreppe se trouvent à un kilomètre à peine de ce bourg, le long de la route qui se dirige vers Saint-Laurent-du-Pont, par le col de la Placette. Ces sables forment une masse irrégulière, épaisse d'environ 40 à 50 mètres, sur quelques centaines de mètres de longueur, intercalés entre les calcaires compactes du terrain néocomien supérieur (calcaires blancs à *chama ammonia*) et les poudingues qui servent de base à la formation caillouteuse et sableuse connue sous le nom de *molasse marine*. Leur âge géologique compris entre ces deux limites n'est pas exactement déterminé. Toutefois, diverses analogies conduisent à rattacher l'époque de leur dépôt à la période éocène.

« L'extraction a lieu soit à ciel ouvert, soit par excavations et galeries souterraines. Les travaux à ciel ouvert sont les plus anciens : ils ont été poussés assez profondément déjà, pour bien laisser observer l'allure des gîtes. On n'y voit, pour ainsi dire, aucune stratification précise et le gisement paraît s'enfoncer à une profondeur indéfinie, dans les crevasses et les cavernes des calcaires sous-jacents. Au milieu des sables, se trouvent en abondance des rognons de silex à géodes, épars dans la masse et quelquefois disposés en lits peu réguliers et peu continus. L'aspect général des dépôts inspire l'idée, qu'ils ont dû se former au milieu du bouillonnement de sources minérales puissantes, dont l'action aurait usé et corrodé les parois des calcaires dont les fentes leur livraient passage : ces parois présentent des surfaces lisses et arrondies, presque partout recouvertes d'un enduit ferrugineux.

« La principale carrière exploitée aujourd'hui par

« M. Gadot est souterraine ; un banc de poudingue épais de  
 « 4 mètres environ, formé de silex et de fragments cal-  
 « caires très-fortement cimentés et agglutinés, recouvrail  
 « la masse sableuse , et , par sa dureté , l'a protégée , non-  
 « seulement contre les érosions qui l'auraient ravinée et  
 « détruite, mais encore contre les infiltrations et les rema-  
 « niements, qui auraient pu la souiller par l'introduction  
 « de matières étrangères. Lorsque l'exploitation a été  
 « portée sur ce point, on a cru devoir ne pas entamer  
 « cette croûte de poudingues et la conserver pour servir  
 « de toit et d'abri aux chantiers actuellement en activité.  
 « La masse des sables est exploitée par banquettes suc-  
 « cessives à gradins droits.

« Les carrières de Voreppe produisent diverses varié-  
 « tés de sables réfractaires, tantôt ce sont des sables sili-  
 « ceux presque purs, tantôt des sables mélangés intime-  
 « ment d'argile et jouissant d'une certaine plasticité.  
 « Ceux-là sont employés , moyennant une certaine addi-  
 « tion d'argile réfractaire, pour la construction des fours  
 « de verreries et de cristalleries. Quant aux sables argilo-  
 « siliceux, ils sont très-appréciés par la métallurgie, à  
 « laquelle ils fournissent d'excellents enduits, soit pour  
 « les chemises des hauts-fourneaux, soit pour le revête-  
 « ment des fours à puddler, des cubilots et fours de  
 « fusion de toute espèce ; les sables les plus riches en  
 « argile prennent, sous l'action du premier coup de feu,  
 « un *glacé* remarquable et sont particulièrement recher-  
 « chés pour le garnissage des cornues Bessemer. » A.-G.  
 Baudinot.

A côté des matériaux qui prennent place dans les ouvrages en maçonnerie, sans subir à l'avance d'autre transfor-  
 mation que des modifications de formes, il en est d'autres  
 qui n'arrivent sur les chantiers qu'après avoir éprouvé dans  
 leur composition chimique des altérations complètes, pro-  
 voquées à dessein, pour donner naissance , lors de leur  
 emploi, à toute une série de phénomènes chimiques ten-

dant à leur donner une consistance suffisante, pour résister aux actions destructives de l'atmosphère et réunir en un même ensemble les gros éléments entre lesquels ils sont interposés. Ces substances, qui, dans leurs rapports avec les précédentes, jouent le rôle de mastics, sont les plâtres, les chaux et les ciments.

Le bassin de Paris renferme de très-riches carrières de gypse. Ces dépôts appartiennent à l'étage le plus récent de la période éocène et apparaissent au sommet des buttes qui représentent les témoins du vaste déblai effectué par les eaux diluvienennes dans l'ensemble du bassin. Les plâtres des environs de Paris sont représentés par les exploitations de Montreuil et de Bagnolet. Ces gisements sont connus depuis trop longtemps, et ont été trop souvent décrits, pour mériter autre chose qu'une mention rapide.

Le département de l'Ain possède pareillement des exploitations d'albâtre gypseux et de sulfate de chaux dont on peut voir les produits exposés dans le hangar du Nord. La carrière est située aux environs de Montanges, dans un îlot appartenant à l'étage de l'*oolite inférieure*, affectant la forme d'une bande allongée, courant parallèlement à la direction qui domine dans la chaîne du Jura, depuis Pont-de-Bellegarde jusqu'à Soleure. L'extraction se fait à ciel ouvert et à la mine, la masse découverte présente un front de 15 à 20 mètres de haut, sur un développement de 100 mètres environ.

Les bancs ont une épaisseur de 0<sup>m</sup>,80 à 1<sup>m</sup>,20. Dans la partie exploitée, ils ont une déclivité de 25/100. A partir du point culminant du gîte, qui affecte la forme lenticulaire, ils ont un pendage inverse, mais la carrière n'est pas exploitée dans cette portion. Les strates sont séparées par des marnes gypseuses et découpées par des couches de sulfate de chaux cristallisé de 0<sup>m</sup>,02 à 0<sup>m</sup>,05, affectant une texture pailletée.

La pierre présente une série de nuances : le blanc diaphane, le blanc rosé, le blanc mat, le gris clair, le gris

foncé, le gris verdâtre. On y remarque des pyrites, qui expliquent la coloration brunâtre que prend le plâtre après la cuisson.

Quelle que soit la nuance de la pierre, elle est susceptible d'un beau poli. On peut en fabriquer des objets d'art de petite dimension. Les produits de fabrication sont le sulfate de chaux bluté pour papeteries, le plâtre blanc pour décos de l'appartement et le plâtre gris ordinaire pour la construction.

M. Vieilly a envoyé des échantillons de pierre à plâtre provenant des carrières de Moulidars (Charente). Le sol de la contrée appartient à l'étage *oolitique supérieur*. La carrière est exploitée à ciel ouvert et l'on peut en extraire deux variétés de gypse: l'une colorée en gris, se présente en banes situés à 7<sup>m</sup>,00 au-dessous de la surface du sol, surmontés eux-mêmes d'une couche d'argile. La pierre est employée en nature pour l'amendement des terres ou cuite et livrée aux constructeurs. La seconde variété est, au contraire, d'une parfaite blancheur, d'un grain très-fin et assez serré pour simuler l'albâtre. On remarque deux échantillons façonnés sur le tour en forme de balustres, qui nous ont paru sans défaut. Après cuisson, cette variété donne un plâtre qui se prête fort bien aux opérations délicates du moulage.

La bande liassique du nord-est de la France, qui s'étend sans solution de continuité depuis Longeau (Haute-Marne) jusqu'à Luxembourg, est découpée vers son extrémité méridionale par de nombreux petits bassins triassiques, reliés entre eux à la manière de rameaux. C'est dans un de ces golfs qu'est placée l'exploitation de gypse de MM. Lacordaire et Bourguoret, à Bussières-les-Belmont (Haute-Marne). Une pointe granitique, entourée de porphyre, fait saillie au milieu des marnes irisées. Toutes ces roches sont mises à profit: le porphyre pour l'entretien des routes, le granit pour la construction. La formation renferme également des grès réfractaires qui sont pareillement recherchés pour les besoins de la construc-

tion et de la métallurgie. La pierre à plâtre occupe la partie inférieure du terrain keuperien ; elle est exploitée par galeries souterraines. La formation n'a pas moins de 50 mètres d'épaisseur. L'extraction se fait à la poudre. Un banc de 3 mètres d'épaisseur fournit exclusivement un plâtre à bâtir très-pur et d'excellente qualité.

Au-dessous des grès réfractaires et dans les marnes irisées, on rencontre la dolomie sous une épaisseur de trois mètres ; la chaux qui en provient est extrêmement hydraulique.

Le sol de la France, si riche en calcaire et en argile, offre en abondance tous les éléments de la fabrication des chaux grasses, des chaux hydrauliques et des ciments : le grand nombre des produits de cette classe qui figurent à l'Exposition témoignent de l'importance toujours croissante qui s'attache aujourd'hui aux matériaux artificiels de construction.

MM. Lobereau jeune et Meurgey exploitent un gisement de calcaire argileux appartenant à la formation jurassique : *étage du Lias moyen*, situé dans les environs de Pouilly-en-Auxois (Côte-d'Or). La position de la carrière est parfaitement définie par la coupe suivante que les exposants ont bien voulu nous communiquer :

Oolite .....	Sommet de la montagne.
42 <sup>m</sup> ,00	Calcaire jaunâtre marneux. Argiles jaunes feuillettées avec Bucardes. Calcaire marneux à térébratules. Argiles bleues feuillettées avec térébratules.
Lias supérieur.	15 ,00      Calcaire à entroques à pâte fine et feuillettée. Marbre brèche rose ou violacé. Calcaire à entroques. Espèce de marbre servant de base au calcaire à entroques.
	33 ,50      Argiles bleues feuillettées. Calcaire argileux avec argiles bleues feuillettées. Argiles bleues feuillettées.
	10 ,00      Calcaire noduleux ferrugineux. 50 ,30      Argile gris bleuâtre.

Lias moyen...	4 ,00	Calcaire argileux. Carrière à ciment Loberneau et Meurgey.
	10 ,00	Calcaire à gryphe arquée.
Lias inférieur.	16 ,50	Calcaire argileux. Lumachelle argileuse et siliceuse. Grès et argiles. Calcaire siliceux. Pyrite de fer. Arkoses.
Trias .....		Calcaire siliceux et argiles vertes. Argiles vertes et arkoses. Arkoses. Argiles vertes et arkoses. Arkoses avec argiles vertes. Arène.
		Granit. Granit rouge foncé.

La pesanteur spécifique du calcaire exploité est de 2,6168. Son analyse chimique donne :

Eau et acide carbonique.....	28
Silice.....	17
Alumine.....	9
Chaux .....	34
Magnésie .....	3
Oxyde de fer.....	5
Perte .....	4
	<hr/>
	100

L'extraction se fait à ciel ouvert et porte sur trois bancs principaux d'une puissance de 0,35 à 0,50. La mine est peu employée, et en général la roche est abattue au pic et à la pince. Le calcaire argileux dont nous venons de définir le niveau géologique, donne par la cuisson un ciment à prise très rapide, quoique d' excellente qualité. Cette solidification si rapide, bien qu'indispensable dans un grand nombre de circonstances, est parfois dans la pratique une cause de gène pour l'ouvrier et de déchet pour l'entrepreneur. Aussi, les exposants ont-ils cherché à imiter les ciments de Portland anglais, à prise plus lente. Le procédé dont ils ont usé est des plus simples ; il con-

siste à ajouter, dans des proportions bien choisies, le calcaire à *belemnites*, moins riche en silicates au calcaire marneux, et après avoir rendu par un broyage continu le mélange des deux substances parfaitement intime, de soumettre le tout à une cuisson, conduite jusqu'à la frite ou fusion pâteuse. La pulvérisation est ensuite opérée mécaniquement. Le Portland artificiel ainsi fabriqué, a presque exactement la composition du Portland anglais, ainsi que le prouvent les deux analyses suivantes placées en regard :

Analyse.	Portland Withe.	Portland Lobereau et Meurgey.
Chaux .....	625	620
Silice .....	233	230
Alumine .....	80	84
Oxyde de fer .....	45	49
Acide sulfurique .....	7	Traces.
Sulfate de chaux.....		
Magnésie.....	•	•
Sable .....	•	10
Eau et acide carbonique .....	4	10
	1000	1000

Depuis 1837, les exposants s'occupent spécialement de la fabrication des ciments et de leur emploi. Ils ont fondé des usines à Venarey, Seigny, Pouilly (Côte-d'Or), à Montreuil (Seine), à Tenay (Ain), à Grenoble (Isère). Ils disposent d'une force motrice qui atteint le chiffre de 250 chevaux - vapeur. Leurs installations comprennent 20 fours à feu continu pour la fabrication des ciments à prise rapide, 12 fours intermittents pour le Portland. La production journalière est de 100.000 à 120.000 kilog. de ciment.

Ce ciment a été employé dans divers travaux exécutés

à la manufacture impériale d'armes de Saint-Étienne et au château de Vincennes ; à la construction des barrages de la canalisation de l'Yonne ; à la construction des canaux et égouts du Havre ; à la construction du tunnel de la place de l'Europe et des grandes voûtes surbaissées de la gare de la Rapée, à Paris ; à la reconstruction du souterrain de Terre-Noire..., etc., et partout il a donné jusqu'à ce jour les résultats les plus satisfaisants.

La chaux hydraulique en poudre de Saint-Quentin, exposée par MM. Agombart, est très-propre aux travaux hydrauliques et, mélangée au sable tamisé, donne des enduits très-résistants. Mais si cette chaux est fabriquée à Saint-Quentin, le calcaire argileux qui la fournit provient des environs de Tournai. C'est une roche bleuâtre qui fait partie de l'étage carbonifère (système condrusien).

Les échantillons de chaux-ciment de Saint-Quentin, produits par MM. Gallet et Black-Tonnoir, ont la même origine. La matière première est apportée de Belgique, et mélangée avec des substances calcaires et argileuses, très-abondantes dans le département de l'Aisne et calcinée jusqu'à vitrification. Le perron exposé par les fabricants a été moulé en béton, composé par moitié de ciment et de sable de rivière.

La résistance sur un dé cubique de 0<sup>m</sup>,10 de côté, fabriqué le 10 avril 1865, avec la chaux-ciment de Saint-Quentin, a été, le 29 juin 1865, de 302 kilog. par centimètre carré. Le prix en est de 4 fr. les 100 kilog. à l'usine et à Paris 7 fr. rendu à pied d'œuvre. La production annuelle est aujourd'hui de 5.000.000 de kilog. de matière fabriquée. La force motrice employée est de 26 chevaux, répartie entre deux machines, l'une de 20 chevaux, faisant mouvoir 10 meules du poids de 6000 kilog. chacune, l'autre de 6 chevaux, pour le mouvement des bluttoirs, monte-charges et autres services.

Le département du Calvados possède un gisement de calcaire hydraulique, à Saint-Julien-sur-Calonne. La

coupe de la carrière montre sept banes de qualités diverses ; le premier donne exclusivement de la chaux grasse, le dernier fournit, au contraire, de la chaux très-hydraulique. Certains lits de marne très-argileuse, intercalés entre les banes, après préparation et cuisson convenables, donnent une pouzzolane qui, mélangée à une certaine proportion de chaux grasse, acquiert au bout de quelques jours une extrême dureté.

Les exploitations de chaux hydraulique de Senonches et de la Mancelière (Eure-et-Loir), sont ouvertes sur le grand plateau tertiaire du nord de la France, dans la région située au sud du cours de la Seine, et, par conséquent, dans la portion presque exclusivement *miocène*. Mais le gîte ne paraît pas appartenir à cet âge. L'usine de Senonches est placée dans le voisinage de la station de Loupe, celle de la Mancelière près de la station de Verneuil. Les produits fabriqués arrivent à Paris par les deux lignes de Rennes et de Granville. Le poids spécifique de la chaux de Senonches est de 600 à 650 kilog. par mètre cube, celui de la chaux de la Mancelière de 550 à 600 kilog.

L'extraction du calcaire a lieu par puits et galeries, et descend jusqu'à 45 mètres. Les puits sont desservis par des manèges mus par des chevaux ou des machines à vapeur. La couche exploitable a 15 mètres de hauteur. Les gisements ont une étendue de 4 kilomètres carrés autour de chaque usine. Les centres d'extraction sont reliés aux fours par de petits chemins de fer, d'un développement de 4 à 5 kilomètres.

L'usine de Senonches emploie 100 à 120 ouvriers, à savoir : 40 mineurs, 30 ouvriers chaufourniers, 12 à 20 ouvriers occupés aux bluttoirs ; le reste est employé à la conduite des chevaux et à divers services intérieurs. La cuisson s'opère dans 15 fours dont 11, chauffés au moyen de combustibles minéraux, peuvent produire chacun 10 mètres cubes de chaux en poudre par jour, et 4 grands fours à feu continu, chauffés au bois et pouvant produire

chacun 10 mètres cubes de chaux en pierre. Les résidus de blutrage sont vendus à l'agriculture au prix de 3 fr. le mètre cube.

L'usine de la Mancelière emploie 70 à 80 ouvriers ainsi répartis : 20 aux carrières, 30 aux fours, 12 aux blutoirs. Elle possède 14 fours, dont 12 chauffés au charbon et 2 au bois et à feu continu.

Les deux usines réunies pourraient, si la marche des fours était régulière, produire par jour 2900 hectolitres de chaux en poudre ou en pierre.

La chaux de Senonches a été employée à la construction de la nouvelle gare du chemin de fer de Lyon, près le pont Napoléon, à Bercy ; au pont d'Auteuil ; à la consolidation des catacombes de Paris, à la Maison impériale de Charenton. La chaux de la Mancelière a été employée au pont de Vernon ; au barrage de Martot, près Rouen ; au pont de Bercy, à Paris ; au palais des Tuileries ; au nouvel Hôtel-Dieu et au nouveau Vaudeville.

Le département de l'Hérault possède des gîtes de ciments, concentrés dans le petit îlot liassique traversé par des épanchements de basalte, dont la ville de Bédarrieux occupe à peu près le centre. Les couches exploitées à l'origine à ciel ouvert, le sont aujourd'hui par galeries souterraines de 8 mètres de largeur. Les bancs y sont d'une grande régularité et parfaitement horizontaux. Les produits sont dirigés vers Meyrueis, Graissessac et les diverses gares du chemin de fer du Midi.

La chaux hydraulique de Beffes, canton de Sancerques (Cher), provient d'un calcaire marneux appartenant à l'étage moyen du système oolitique.

L'analyse du calcaire a donné :

Carbonate de chaux et de magnésie...	78,48
Alumine et peroxyde de fer.....	2,95
Résidu insoluble.....	15,40
Eau et matières non dosées.....	3,17
	<hr/>
	100,00

C'est une roche compacte d'une épaisseur indéterminée, assez traitable cependant pour être abattue à la pioche et à la pince ; elle est teintée de gris, de bleu, de jaune, et il n'est point rare de trouver toutes ces colorations réunies sur un même échantillon. L'excavation n'a pu être poussée au-delà de 4 ou 5 mètres au-dessous des découverts, à cause des sources abondantes qui circulent à ce niveau. Les carrières sont exploitées à ciel ouvert et placées sur le bord du canal latéral à la Loire, à 10 kilomètres de la Charité.

Le calcaire marneux des carrières de Lafarge, près le Theil (Ardèche), est l'objet d'une exploitation qui remonte à plusieurs siècles ; son principal caractère est de fournir par la cuisson une chaux hydraulique résistant parfaitement aux actions destructives de l'eau de mer.

La montagne dite du Détroit, où est placée l'exploitation, s'élève dans le voisinage des rebords du grand plateau basaltique du Coiron ; les eaux du Rhône en baignent le pied sur une longueur d'environ 1000 mètres.

Les couches de calcaire appartiennent à la partie inférieure du terrain néocomien ; la roche est d'une couleur assez variable, mais avec ce caractère constant qui témoigne de ses qualités hydrauliques, de donner à l'analyse un résidu insoluble de 16 à 17 %. Cette variation si légère de 1 % répartie dans toute la masse, montre la parfaite homogénéité de la formation.

La roche est abattue par coups de mines, préparés en mettant à profit l'action érosive de l'acide chlorhydrique. Les fours sont situés au pied de la carrière et alignés en bordure de la route de Lyon à Beaucaire. La chaux cuite est transportée dans les magasins d'extinction, pour y subir diverses préparations. Elle est d'abord étendue par couches aussi minces que possibles (0,10 environ), et reçoit l'eau d'extinction sous la forme d'une pluie fine, distribuée par des arrosoirs à pomme, maniés par des ouvriers spéciaux ; immédiatement après, elle est soulevée et mise en tas, dont on a soin de battre la surface pour y

concentrer la chaleur. Huit jours suffisent à l'extinction complète.

La chaux éteinte est portée sur des bluttoirs, mus par une machine à vapeur et garnis de toiles métalliques très-fines, qui séparent la farine de chaux des scories et des résidus qui ont résisté à l'extinction et sont appelés *grappiers*. Le grappier retenu par une grille inférieure placée dans le bluttoir, est déversé sur des meules horizontales, réduit en poudre impalpable et mélangé de nouveau dans le bluttoir à la fleur de chaux, dans une proportion de 10 0/0 environ.

La réputation de la chaux du Theil est fort ancienne ; elle était déjà recherchée dans le XIV<sup>e</sup> siècle. Le pont Saint-Esprit, construit à cette époque sur le Rhône avec des mortiers où entre la chaux du Theil, est le seul pont remontant à une date aussi ancienne, qui n'aït pas été dégradé par la violence des eaux du fleuve. Depuis longtemps, la propriété remarquable que possède la chaux du Theil de résister à l'action dissolvante des eaux de mer, l'ont fait presque exclusivement rechercher pour les ouvrages maritimes ; c'est avec elle qu'ont été exécutés les immenses travaux des ports de Marseille, de Toulon, de Cette, de Nice, de Corse et d'Algérie. Elle est exportée dans ce même but dans tous les ports d'Italie, d'Espagne, et même d'Égypte.

De nombreuses recherches ont été faites autour du Theil dans le but d'y découvrir des couches semblables ; mais, jusqu'à ce jour, ces travaux d'exploration n'ont conduit qu'à des calcaires de qualité inférieure.

La composition de la pierre du Theil est la suivante :

Silice .....	16,00
Oxyde de fer .....	2,04
Alumine .....	0,60
Carbonate de chaux.....	76,40
Carbonate de magnésie.....	4,76
Eau.....	0,20
	<hr/>
	100,00

MM. Carvin fils ont exposé des chaux grasses et hydrauliques provenant de leur exploitation de Vaufrège (Gineste, près Marseille). Ces chaux ont été employées dans la construction des docks et de la rue Impériale, à Marseille. A côté de ces produits, figurent ceux qui proviennent de l'usine du Pont-du-Las, à Toulon; mais on remarquera en particulier les chaux et les ciments de la Bédoule, près Aubagne (Bouches-du-Rhône).

Dans cette usine, créée par M. le comte de Villeneuve, ingénieur en chef des mines, sont traités des calcaires argileux, donnant des chaux hydrauliques et des ciments. La chaux hydraulique provient de calcaires appartenant à deux variétés, l'une argileuse, l'autre siliceuse. Le calcaire qui fournit la chaux siliceuse est compris entre le *calcaire à Chama* et les marnes à *Ancyloceras Matheronianus et Nautilus plicatus*. Or, ces fossiles sont précisément ceux qui caractérisent le niveau des calcaires marneux du Theil, et l'on doit, par conséquent, s'attendre à retrouver entre les produits de ces deux exploitations de nombreux rapprochements. C'est ce qui a lieu en effet, et le trait de ressemblance le plus saillant est celui de la résistance que présente la chaux de la Bédoule aux actions d'altération exercées par l'eau de mer.

Des lits marneux composés de calcaire à 24 0/0 d'argile, alternant avec des calcaires feuillettés à 28 0/0 d'argile sont exploités dans la même formation et fournissent à la fois le ciment dit de Roquefort et le ciment gris de la Bédoule. Le premier s'obtient par une cuisson maintenue dans ses limites ordinaires de température; pour le second, la cuisson est poussée beaucoup plus loin, et la température portée à plus du double de celle qui est développée dans la préparation du premier.

Les chaux et ciments de la Bédoule ont été employés dans les travaux d'art du chemin de fer de Marseille à Avignon, et, en particulier, au tunnel de la Nerthe; dans la construction du grand pont sur le Rhône, destiné à relier les réseaux du Midi et de Paris à la Méditerranée.

M. de Villeneuve s'est livré, à l'occasion de l'exploitation du ciment de la Bédoule, à toute une série de travaux qui ont répandu de nouvelles lumières sur cette question si intéressante, à tant de points de vue, et déjà si bien éclaircie par Vicat. C'est à lui qu'appartient l'invention des procédés de fabrication des chaux hydrauliques en poudre, et il fut, dès l'origine, constaté que ce mode de préparation *améliorait* les chaux hydrauliques de toute espèce. Depuis l'expiration du brevet de M. de Villeneuve, ses procédés de broyage et de bluttagage sont appliqués à presque toutes les fabrications de chaux en France et à l'étranger ; tant il a été bien compris par tous les praticiens qu'ils réalisaient un progrès général.

L'invention de la *surcuission* des chaux et des ciments lui appartient encore ; on en trouve la théorie dans les comptes-rendus de l'Académie des sciences (séance du 15 juillet 1850). Par la surcuission, la tenacité des ciments peut être sextuplée, celle des chaux doublée, et, dans tous les cas, elle communique aux produits des propriétés spéciales, qui lui permettent de mieux résister aux influences nuisibles de la mer. Ainsi, les ciments de Roquefort sont altérés par l'eau de mer dans l'année de leur immersion, tandis que ces mêmes ciments surcuits et immergés depuis quatre ans, offrent la plus remarquable cohésion.

Enfin, c'est encore M. de Villeneuve qui a précisé le premier les caractères géologiques et chimiques des *siliceo-carbonates*, et ses études, publiées dans les *Annales des Mines*, ont mis sur la trace de plusieurs gisements de calcaires à chaux hydraulique analogues à ceux du Theil.

La production journalière des usines dirigées par M. Carvin se répartit de la manière suivante :

Usine de Vaufrège.	{	Chaux grasse. . . . .	200	quintaux métriques.	
		Chaux hydraulique.	235	d°	d°
Usine de la Bédoule.	{	Chaux siliceuse. . . . .	1000	d°	d°
		Ciment. . . . .	300	d°	d°
Usine du Pont-du-Las.		Chaux. . . . .	250	d°	d°

Nous terminerons cette énumération des produits souterrains, en mentionnant les chaux-ciments d'Echoisy (Charente). M. Nivet, ingénieur civil, qui dirige cette exploitation, a bien voulu nous adresser sur le gisement, une note détaillée à laquelle nous empruntons les éléments de notre description.

Les bancs du calcaire exploité sont enclavés dans les couches de l'étage oxfordien. On y rencontre des pholadomies, des ammonites, et en particulier l'*ammonites cordatus* caractéristique de ce niveau. Les bancs sont à peu près horizontaux, et affleurent à flanc de coteau, ou si l'on veut, sur les pentes d'une vallée d'érosion très-étroite, dont le fond est en partie comblé par les dépôts tourbeux appartenant à l'époque alluviale.

L'épaisseur de la portion utile du gîte est de 20 mètres environ. L'exploitation se fait à ciel ouvert et par gradins droits. La pierre est bleue, très-dure, et d'une cassure couchoïdale. Elle est abattue à la mine. L'ensemble des couches présente une série de cassures à parois parallèles déterminant, dans les différents tronçons d'un même banc, une série de dénivellations. Les eaux superficielles, en s'infiltrant à travers ces failles, abandonnent des cristaux de chaux carbonatée spathique.

Le calcaire marneux très-résistant au moment de l'extraction, s'exfolie sous les influences atmosphériques et peut se cliver en une série de lames parallèles. Le mètre cube pèse 1400 kilog.

L'analyse donne, en moyenne, les nombres suivants :

Silice et argile . . . . .	14,20
Chaux . . . . .	46,60
Magnésie . . . . .	Traces
Oxyde et sulfure de fer . . . . .	>
Eau et acide carbonique . . . . .	38,90
Total . . . . .	99,70

On remarquera que le fer et la magnésie ne figurent

dans l'analyse qu'à l'état de traces qui échappent à la pesée. Or, l'on sait que ces substances jouent, dans les mortiers destinés à subir les actions de la mer, un rôle très-nuisible, il s'ensuit que leur absence constitue, dans ces circonstances, une très-grande sécurité pour le constructeur. La chaux d'Échoisy est inscrite en première ligne sur le cahier des charges de la ville de Paris, pour les travaux hydrauliques du service municipal et depuis 1852, elle a été admise pour les travaux des lignes de chemins de fer et des ports de l'Ouest.

La chaux d'Échoisy se vend 11 fr. le mètre cube en 10 sacs chargés sur wagon, en gare de Luxé (Charente). Ce prix peu élevé, qui n'a pas varié depuis la création de l'usine, a permis de réaliser une notable économie dans l'ensemble des travaux maritimes, exécutés sur le littoral de l'Ouest. En 1852, les chaux du Theil, qui offraient seules une garantie bien méritée dans ces sortes de travaux, se vendaient 40 fr. le mètre cube ; l'usine d'Échoisy a constamment livré ses produits à 22 fr. Ajoutons que la chaux d'Échoisy a, sur ses rivales, un avantage signalé, nous voulons parler de sa légèreté relative. Le poids spécifique des chaux hydrauliques varie en général de 650 à 800 kilog. le mètre cube ; la chaux d'Échoisy ne pèse que 510 kilog. On conçoit aisément que pour des transports à grandes distances, ce caractère tout spécial doive lui assurer une faveur toute spéciale entre tous les produits de même nature.





# PRODUITS CÉRAMIQUES

**PAR M. SALVETAT**

Professeur de technologie à l'École impériale centrale des Arts  
et Manufactures

## TERRES CUITES

**Considérées dans leurs rapports avec l'art de bâtir**





## PRODUITS CÉRAMIQUES



Les qualités précieuses des terres cuites, aussi variées qu'elles sont faciles à développer, ont, depuis les époques les plus reculées jusqu'à nos jours, fait pénétrer la Céramique dans une foule d'industries plus importantes les unes que les autres.

Au nombre des plus considérables, nous placerons l'art de bâtir. Il serait curieux de voir une habitation entièrement construite en terre cuite, depuis ses fondations jusqu'aux décos intérieures. Un semblable projet serait des plus facilement réalisable, et les divers spécimens exposés au Champ-de-Mars permettraient de satisfaire les habitudes et les goûts les plus opposés. L'homme modeste ou peu fortuné aurait la satisfaction de se créer un logement sain, peu coûteux et d'une inaltérabilité complète. L'habitant des villes s'édirerait, selon son désir, une habitation des plus riches dans le style qui lui conviendrait ; l'artiste réunirait dans sa demeure les objets d'ornementation les plus variés et les plus éclatants.

C'est que la terre se prête avec une merveilleuse facilité, sous toutes les formes, au caprice du modelleur, et que des études suivies pendant des siècles entiers ont fait connaître les mélanges convenables pour obtenir les produits doués de telle ou telle qualité. C'est que l'art du mouleur assure, dans des conditions déterminées, une reproduction prompte et facile, en même temps que suffisamment économique, de tous les sujets de sculpture et de toutes les formes des matériaux de construction, quelque compliquées qu'elles soient.

Supposons donc un vaste projet de construire un bâtiment en matériaux empruntés aux arts céramiques ; la simple désignation des matières employées peut rendre compte de la possibilité d'une semblable construction, et, par la pensée, rien n'est plus facile que de concevoir le nombre infini de combinaisons possibles et propres à donner satisfaction aux goûts les plus divers, aux destinations les plus variées, aux styles les plus opposés (maisons ouvrières, cottages, ermitages, châteaux, annexes de toutes sortes). La brique et la terre cuite, isolément ou réunies, combinées artistement, peuvent servir à tout édifier, surtout si l'art du jardinage vient ajouter aux charmes d'un site bien choisi, les attractions du contraste des couleurs. La brique se mêle, d'ailleurs, avec un grand succès aux constructions à charpente de bois, apparente ou non, aux rustiques de toutes espèces, à la pierre de taille, aux roches granitiques ou balsatiques qui servent dans beaucoup d'endroits, enfin à toutes les constructions dans lesquelles on fait intervenir, soit comme chaînes ou comme bandeaux, les différents enduits de plâtre, de chaux ou de ciment, dont on fait actuellement un très-grand usage. La terre cuite, à laquelle on peut communiquer toute espèce de couleurs, depuis le blanc mat de la porcelaine jusqu'aux nuances très-foncées de la brique ferrugineuse, en passant par les tons intermédiaires des pierres calcaires les plus estimées, ajoute aux ressources du constructeur désireux de tirer parti des contrastes de lumière, et peut-être n'est-il pas trop osé de dire qu'aucune matière ne se prête mieux que la brique à l'édification de maisons coquettes et durables, naturellement colorées, dans des styles simples qui ne manquent pas d'un certain charme. En plaçant quelques rangées en saillie, pour former des plinthes, des corniches, en réservant pour en faire des ornements de coloration variée et régulière se détachant sur des fonds d'autres couleurs, on peut arriver à créer économiquement une sorte de décoration extérieure com-

plètement inaltérable. On rend l'ensemble encore plus satisfaisant en régularisant les joints par des mastics dits joints à l'anglaise, ou bien encore pour les constructions plus communes, en traçant au fer, sur un rejointsment au ciment, les joints qui se dessinent alors légèrement en creux. On a, par ces diverses méthodes, fourni différents types aujourd'hui très-répandus pour les bâtiments à destination définie, comme maisons d'ouvriers, de types à bon marché, maisons d'écoles communales pour les localités à ressources restreintes, châlets, cottages, ermitages, écuries et remises ; dans un autre ordre d'idées, en sortant du programme d'une maison de plaisance ou d'habitation bourgeoise, on retrouve ces mêmes types acceptés pour murs de clôture, ateliers industriels, fermes, etc., etc. Enfin nous avons vu, dans quelques campagnes, ce même mode de constructions adopté pour de petites chapelles, dans l'élévation desquelles quelques motifs en terre cuite formant cintres et voussoirs d'un blanc légèrement jaunâtre, des frises et des chaines de même couleur, apportaient une certaine gaieté, propre surtout à réjouir la vue. Les halles, dans les grandes villes, comportent avec un certain cachet d'élégance les cloisons ou murs d'appui, en mélange avec les charpentes en fer. Les marchés, dans les petites villes, lorsqu'ils sont couverts, peuvent être construits, dans des vues d'économie bien entendue, à l'aide de ces mêmes matériaux, avec un caractère de simplicité que négligent trop souvent les architectes exposés à perdre de vue la destination spéciale de l'édifice qu'ils projettent.

#### BRIQUES.

Il n'est douteux pour personne que les briques aient été les premiers matériaux artificiels employés par les hommes lorsqu'ils ont établi leurs principales demeures dans les pays d'attérissage, sièges primitifs des sociétés, qui trouvaient dans ces terrains une grande fertilité du sol,

bien qu'ils fussent privés de pierres propres aux constructions ; la matière meuble et plastique de la terre leur fournissait, au contraire, un élément très-propre à revêtir toute forme grande ou petite, convenable à l'édification d'une demeure. On a vu les briques entrer dans la construction de la plupart des bâtiments anciens, surtout dans ceux que l'on rencontre dans les grandes plaines de l'Asie centrale, ou sur les côtes, aux environs du Tigre et de l'Euphrate, là où s'établirent les premières agglomérations civilisées. Le palais de Crésus, à Sardes, celui de Mausole, à Halicarnasse, celui d'Attale, à Tralles, étaient en briques très-cuites, dures et rouges. Plusieurs de ces briques sont très-grosses en comparaison de celles qui sont la base et l'un des principaux éléments de nos constructions modernes. Quelques-unes n'étaient pas cuites et simplement séchées au soleil. On leur donnait une plus grande solidité, dans les pays chauds, en additionnant l'argile sablonneuse dont elles étaient formées, de paille hachée plus ou moins finement, et de joncs ou d'autres plantes marécageuses. On peut citer comme remarquables par leur durée, qui dépasse 3000 ans, les briques de la Babylonie et de la haute Egypte, reconnaissables à leur grande dimension et aux caractères cunéiformes inscrits sur l'une de leurs faces. Aux époques reculées, on connaissait déjà la propriété de la terre de se durcir par la cuisson, et de pouvoir être vernissée ou émaillée de couleurs assez vives et déjà variées. Les briques, rendues solides par une simple compression, à l'aide d'une forte dessication, se retrouvent même en Amérique, chez les anciens Péruviens ; le temple de Pachacamac, par exemple, était construit en briques crues, très-grosses et sans aucune gerçure.

Il est au moins remarquable que, puisque les briques ont été les premiers objets fabriqués en terre cuite, leur usage n'ait pénétré que très-tardivement dans certaines contrées qui, dans ces temps modernes, en ont fait un

emploi si général. Il semble admis, d'après le docteur Smolett, que l'art de bâtir en briques n'ait été généralement adopté qu'au temps du roi Alfred, soit au ix<sup>e</sup> siècle ; ce serait l'époque la plus reculée ; d'après d'autres auteurs, il faudrait arriver au xiv<sup>e</sup> siècle, et d'après Aikin, vers le milieu du xv<sup>e</sup> siècle, pour en trouver la fabrication consacrée par un usage presque général ; on parle du palais de Croydon comme l'emploi le plus ancien qu'il serait possible de mentionner avec certitude.

La fabrication des briques est, ainsi qu'on le sait, excessivement rapide ; pour les constructions ordinaires, la terre la plus commune peut être mise en œuvre ; elle est généralement prise soit dans les limons abandonnés par les fleuves à leur embouchure, soit dans les dépôts de terre qui forment la surface du sol et qu'on nomme terre franche. Si l'argile est plus forte, on la mélange soit à des sables plus ou moins grossiers soit à des terres végétales plus ou moins sableuses. Les briques qui sont employées à la construction de presque toutes les maisons de Londres, sont faites avec la terre du lieu même sur lequel on bâtit ; on l'extrait en faisant les fondations de la maison ; cette terre, peu glaiseuse, le paraît être trop encore, puisqu'on y ajoute des escarbilles ou cendres de houille passées au tamis ; nous ajoutons que c'est ce mélange qui donne à la ville cet air de profonde tristesse qui réagit sur le visiteur dans le plus grand nombre des quartiers.

Pour donner une idée de la promptitude avec laquelle s'exécute le moulage, il suffit de dire qu'un bon mouleur peut faire en une journée de douze heures de travail, à la tâche, de 2500 à 10.000 briques ; mais il faut réduire ce nombre à 4.000 pour qu'elles soient bien faites, c'est-à-dire façonnées avec une pâte ferme qui ne soit pas trop mouillée. On ne peut cependant pas dépasser le chiffre de 2.500 si l'on veut réservier les joints apparents comme dans la fabrication plus particulièrement réservée, dans les environs de Londres, aux constructions de ces pro-

petites habitations qui, sous le nom de cottages, ajoutent un si grand charme à la riante verdure de la campagne. La fabrication plus expéditive pouvant atteindre le chiffre de 9.000 à 10.000 briques ne peut guère fournir qu'à des constructions informes destinées à recevoir les enduits de ciment de Portland, aujourd'hui fort en usage même dans les quartiers les plus somptueux de la ville.

Le façonnage à la main s'exécute donc encore, et s'exécutera longtemps surtout si l'on considère la forme la plus commune des briques, c'est-à-dire les briques pleines, ayant l'aspect de petits prismes parallélépipédiques. Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit de briques creuses à deux ou plusieurs trous, de briques pleines de dimensions extraordinaires, ayant, par exemple, la forme des parpins, de briques à moulures présentant des profils qu'il est facile d'obtenir en forçant la pâte molle à s'échapper d'une cavité qui la renferme et la comprime pour la mouler à l'aide d'une véritable filière. En dehors de ces dernières conditions, en supposant une fabrication moyenne de 6000 briques, il est bien difficile d'admettre que telle machine qu'on voudra, fit-elle dix fois plus de briques dans le même temps, n'égale pas les frais qu'entrainerait le personnel ordinaire, et même qu'elle ne les surpasserait pas bientôt; ne faut-il pas, en effet, compter le prix considérable d'une machine qui fait tout, et, par conséquent, l'intérêt de ce capital, son entretien annuel, les réparations qu'elle exige de temps à autre, les inconvénients qui résultent des chômagés, enfin la dépense du moteur puissant qui la met en état d'exécuter toutes ses opérations? Les briques, à moins qu'elles ne se fabriquent dans un port de mer, sur les bords d'un cours d'eau navigable ou d'un canal, ne peuvent être transportées fort loin, sans que les frais de transport ne viennent augmenter leur prix au-delà des limites admissibles. Le voisinage, à trois ou cinq myriamètres, est le seul rayon qu'elles puissent parcourir par les voies de transport ordinaire.

dans les pays les plus favorisés. Et, d'ailleurs, une machine bien faite et bien complète doit, pour payer les frais d'établissement, d'entretien, fabriquer considérablement; dans ces conditions, il faut une immense exploitation de terre, des hangars très-étendus, pour mettre en séchage, à l'abri de la pluie, ces innombrables produits. Or, en supposant qu'elle ait surmonté toutes ces difficultés, la fabrique aura tant produit qu'elle sera bientôt encombrée d'un stock considérable; elle se trouvera bien vite réduite au travail intermittent. Il faut donc une réunion bien rare de circonstances favorables pour qu'une briqueterie, fondée sur l'emploi d'une grande et bonne machine, même applicable à la fois à la fabrication de la brique proprement dite, de la tuile et du carreau, soutienne la concurrence du briquetier qui, presque sans aucune dépense, établi dans les champs, avec le secours de quelques ouvriers qui lui viennent offrir dans les temps convenables le secours de leurs bras, façonne pendant une campagne plus de deux ou trois millions de briques qu'il livre sur place au consommateur.

Ces considérations expliquent surabondamment le petit nombre des briqueteries qui, travaillant par des procédés mécaniques, ne faisant pas de produits de formes spéciales, ont pu prolonger leur existence au-delà des années de l'emploi des fonds d'établissement. Néanmoins, l'agglomération d'usines nouvelles dans un pays qui n'aurait pas de telles briqueteries, une ouverture de débouchés importants, par la création de nouveaux moyens de transport, enfin des constructions en grand nombre dans une ville où la main-d'œuvre serait chère et où les autres matériaux de construction n'existeraient pas; telles sont des circonstances favorables qui peuvent donner à une machine une supériorité réelle et durable sur la fabrication à la main. Mais, en général, le succès nous semble indépendant des principes sur lesquels la machine est établie.

Les machines à façonner, ou mieux à faire la brique, ont été de mode à certaine époque ; elle semblent avoir fait leur temps ; et, si lors de l'Exposition de Londres, en 1851, à celle de Paris, en 1855, cette question était à l'ordre du jour, il n'en était déjà plus de même en 1862, à Londres, où l'on n'avait à compter que trois machines destinées au façonnage de la terre ; on n'en voit qu'une au Champ-de-Mars, dans la section anglaise. Les systèmes les plus variés ont été successivement abandonnés, tantôt parce qu'on a reconnu leur insuffisance pour produire à bon marché, tantôt parce qu'on a signalé l'imperfection des produits. Les machines ne sont restées que dans les cas spéciaux où la forme particulière de la brique ne se prêtait pas au façonnage à la main, où la dimension des produits était un obstacle au travail dans les conditions marchandes exigées par le consommateur. La fabrication des briques creuses, celles des tuyaux de drainage ou de conduite de gaz ou d'eau, le façonnage des parpins, celui des tuyaux pour les cheminées dits boisseaux ou tuyaux à la Gourlier, resteront longtemps comme des exemples à citer pour l'excellence de l'emploi des moyens mécaniques au moulage des terres cuites.

Quoiqu'il en soit, les usages de la brique comme matériaux de construction, vont s'étendant de jour en jour ; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un coup d'œil sur les différents types de bâtiments de toutes formes et de toutes grandeurs, répandus dans le parc autour du Palais. À divers points de vue, l'étude de ces types est intéressante, et s'il était permis de préjuger l'avenir, d'après l'accueil favorable que le public fait à ces diverses installations, on pourrait prédire aux établissements qui voudront ne rien négliger dans les qualités de leurs produits, de nouveaux et sérieux débouchés. Le goût de la villégiature, l'amour du bien-être, une certaine coquetterie ont passé dans nos mœurs, et tout le monde a pu remarquer la transformation, en quelque sorte miracu-

ieuse, des abords de nos grandes villes, sur les lignes de chemin de fer. Partout des villas, des châlets, des constructions élégantes, au moins commodes, des ermitages et des cottages, auxquelles l'art du briquetier fournit en grande partie les principaux matériaux. Dans un siècle, les environs de chaque ville quelque peu considérable verront une riche agglomération ; la France peut n'être plus alors qu'un vaste *Oasis* !

Mais ces résultats ne sauraient être acquis qu'autant que les produits se maintiendront irréprochables sous le rapport de leur qualité : résistance à l'écrasement, inaltérabilité sous l'influence de l'air, pendant l'été comme pendant l'hiver, formes régulières, arêtes vives, pose rapide, sans déchets. Telles sont les qualités que doit présenter la brique pour être admise dans le travail de l'architecte ; il dépend du briquetier de réunir ces qualités avec du soin et de la persévérance. Un bon choix de matières premières, une préparation convenable de la terre, un façonnage régulier, une cuisson appropriée, ce sont là les éléments qui peuvent seuls assurer le succès. Nous ne parlons pas de la couleur ; cependant il faut admettre qu'une couleur acceptée doit être uniformément reproduite. Elle dépend de la nature du mélange, de la température à laquelle on le cuit, et des conditions dans lesquelles on a chauffé la terre ; ces circonstances, en apparence sans importance, en ont une très-réelle dans la fabrication de la terre cuite avec laquelle on cherche à reproduire la construction en pierre de taille.

Sans entrer dans le détail de la fabrication de briques de pays, qui se font ordinairement avec la terre de la localité, quelques fabrications particulières emploient des matières venues de loin, des argiles réfractaires, et du kaolin ou terre à porcelaine, si l'on cherche à blanchir le mélange. Les avantages que font les voies ferrées, pour le transport des terres brutes par wagon en plein chargement, ne laisse aucune excuse aux fabricants qui

n'ont que des produits défectueux. Une terre ferrugineuse donne des briques colorées, dont la couleur est d'autant plus foncée que la terre renferme plus de fer; une terre calcaire donne un produit qui peut se fondre et se déformer au feu, si la température est trop élevée. La solidité, c'est-à-dire la résistance à l'écrasement ou aux intempéries de l'air dépend du degré de cuisson, du choix de la matière, et des proportions du mélange. On connaît des briques plus résistantes que la meilleure pierre à bâtir; quelle que soit leur dureté, elles doivent se laisser tailler nettement, c'est-à-dire donner sous le coup de la hachette du maçon l'éclat qu'il faut détacher, sans se briser ailleurs, et sans exiger plusieurs coups inutilement répétés. L'homogénéité de texture, quelle que soit cette texture, est la condition essentielle pour que les briques jouissent de la propriété d'être facilement taillées.

L'exposition du Champ-de-Mars permet d'apprécier ces différents produits: on y rencontre des briques de belle fabrication, d'une bonne teinte, non gélives; elles s'y trouvent associées à d'autres produits sur lesquels nous aurons à revenir; il nous suffit ici de dire qu'elles peuvent avoir des destinations très-variées, même pour l'objet général que nous étudions, une habitation complète en céramique; les uns ont la dureté du grès, à surface unie ou à pans coupés; réservées pour le pavage des cours, des rues, voir même des routes, elles admettent dans leur composition une certaine quantité d'une roche fondante, dite *feldspath*, qui, fusible et transformée en un véritable verre sous l'influence de la chaleur, communique à la masse la dureté de la roche là plus dure: elles font même feu quand on les frappe avec un briquet. Les autres sont sous forme de voussoirs, elles sont dures et destinées à la confection des voûtes: on peut, pour former des planchers, les enchasser entre deux traverses de fer à T; elles peuvent être creuses ou pleines, suivant qu'on veut donner aux constructions plus ou moins de légèreté;

creuses, elles assourdissent les sons et conservent la chaleur. Une dernière sorte de briques, mais plus spécialement réservée pour la construction des appareils à feu, est dite réfractaire ; ces briques doivent cette nouvelle qualité de rougir sans se fondre à la pureté des argiles avec lesquelles elles sont faites. Nous les étudierons au point de vue plus particulier de leur destination.

## TUILES.

Il serait peut-être à propos maintenant de considérer ici les matériaux de construction autres que les briques, que les terres cuites peuvent fournir à l'art de bâtir. Mais il me semble qu'il est convenable, pour ne pas séparer un sujet d'étude qui présente avec la brique tant d'analogie, d'aborder de suite les couvertures des maisons que nous venons d'esquisser à larges traits. La construction en terre cuite reçoit généralement sa couverture en tuiles. C'est un genre aujourd'hui très-répandu, et, vu sous le jour du pittoresque, lorsque la tuile est bien faite, lorsque les qualités qu'elle doit avoir lui ont été communiquées, c'est peut-être le système le plus économique et le plus rationnel. En variant à l'infini la forme de la tuile, l'inclinaison de la charpente, la saillie formée par la toiture sur les murs qui la supportent, la coloration de la terre qui peut être matte ou vernissée, ou composée de parties mattes et de parties vernissées artistement combinées, on satisfait aux usages locaux en répondant aux exigences de l'habitude. Tout en s'abritant contre la pluie, l'habitant se préserve des fortes chaleurs de l'été et se soustrait aux rigueurs du froid de l'hiver. Quoi de plus gai que ces constructions légères aux toits plats, à tuiles arrondies qui, dans le midi de la France, émaillent les vignobles de la Gironde ? Quoi de plus gracieux que les villas et les cottages que les anglais se construisent au milieu de leurs verdoyants paysages aux abords des villes manufacturières.

L'Exposition du Champ-de-Mars réunit plusieurs modèles de tuiles plates ou cintrées. Celle qui semble avoir le plus de succès, est la tuile qui, dite à recouvrement, originaire d'Alsace, est très-répandue dans l'est de la France, dans l'Alsace et la Lorraine. On la retrouve partout ; trois ou quatre fabriques ont suffi pour la faire connaître. Elle se fabrique aux environs de Paris, à Marseille, dans les départements du centre. Le double recouvrement qu'elle porte s'oppose à l'infiltration des eaux ou de la neige en hiver ; les rainures qui la recouvrent sur la face visible la décorent et conduisent aux gouttières les pluies quelque torrentielles qu'elles puissent être. Bien cuites, elles sont d'une jolie couleur, d'une dureté suffisante, et restent constamment nettes et propres, les mousses qui surchargent les autres couvertures ne s'y pouvant développer. On peut, en choisissant leurs nuances, former des couvertures à dessins variés ; on peut encore, en les colorant ou en les vernissant, ajouter à la richesse de la construction.

La plupart des briqueteries façonnent, avec la brique proprement dite, les carreaux et les tuiles ; elles fournissent également aux constructeurs soit les accessoires variés qui servent à réunir les tuiles aux faîtages, aux gouttières ou chéneaux, aux ouvertures qu'on est bien forcé de réserver sur le toit, soit pour conserver la lumière ou l'air au-dessous des charpentes. Dès que fut admise la fabrication de ces divers matériaux en terre cuite, on a fait des galeries, des rives et des chaperons, le tout plus ou moins orné et plus ou moins coûteux. C'est surtout dans cette voie qu'ont été précieuses pour le fabricant les applications de la mécanique au moulage de la terre cuite ; c'est surtout pour le façonnage de ces différentes pièces, qu'on a pu produire, avec toute la supériorité du travail automatique sur le travail à la main, les différents ornements qu'on trouve dans les expositions des fabricants quelque peu connus. La filière au moyen de laquelle on a façonné la

brique creuse à deux, quatre ou huit trous, perfectionnée tant en Angleterre qu'en France, est actuellement l'outil le plus parfait que le briquetier ait sous la main pour donner aux blocs de terre grossière qu'il doit transformer, les profils aussi variés qu'ils se prêtent facilement à l'art de construire. Le génie civil, en s'immisçant aux travaux du briquetier beaucoup trop stationnaire, l'a doté d'importantes ressources, en même temps qu'il a su lui assurer le concours de puissants moyens d'action, inconnus dans l'ancienne plastique.

Aussi, nous trouvons-nous en présence au Champ-de-Mars, de l'une des plus grandes conquêtes que l'industrie ait faite dans ces dernières années. D'immenses progrès ont été réalisés, des voies anciennement indiquées sont aujourd'hui complètement battues, et si nous abandonnons maintenant l'idée de construire en terre des bâtiments de types simples, comme ceux que nous avons énumérés, si nous cherchons à maintenir l'emploi de matériaux de qualités exceptionnelles, pouvant résister, de même que les meilleures matières, à la destruction, conséquence de l'action des agents extérieurs, si nous désirons ajouter aux habitations de quelque nature qu'elles puissent être, sculpture et architecture, nous pourrons encore ici faire appel aux arts céramiques. Les ingénieurs se préoccupent beaucoup de ce que deviendront les arts industriels lorsque tout le combustible minéral, enfoui dans les profondeurs de la terre, aura été consumé ; là, le combustible à trouver est encore un mystère. En ce qui concerne, en cas d'épuissement des pierres à bâtir, l'absence des matériaux de construction, le problème a reçu sa solution pratique, la terre cuite est trouvée ; elle existe, elle est déjà même employée sur une très-grande échelle. Il y a plus ; les arts céramiques offriront, non-seulement les pierres propres à l'édification des murs, mais même les reliefs comme entablements, sculptures, corniches, etc., etc., les murs revêtus de carreaux, les pavements de toute sorte, toute

l'ornementation extérieure et intérieure ; la plastique est destinée, nous n'en doutons pas, à reprendre chez les modernes la place qu'elle occupait chez les anciens ; il paraîtra même extraordinaire que les arts céramiques, qui, sous le rapport des pâtes et du vernis, sont restés dans l'enfance pendant une si longue suite de siècles, aient été, au contraire, à des époques reculées, poussés aussi loin vers une perfection complète, à quelque point de vue qu'on se place. On retrouve dans les fouilles, pratiquées sur les points les plus anciennement habités, une multitude de fragments de corniches, d'entablements, de mausolées, de tombes en terre cuite ayant fait partie d'édifices d'une grande étendue et ornés de sculptures et de bas-reliefs composés avec autant de goût et de style qu'ils sont exécutés avec une irréprochable pureté. Pline les admirait ; il leur a consacré dans ses écrits des pages admirables, qui les ont placés en haute estime.

## PLASTIQUE.

Je pense qu'on ne serait pas embarrassé de faire remonter au-delà de Dibytade de Sicyone, établi à Corinthe, l'invention de la plastique ; d'après Varron, cet art, appliqué par les artistes de l'époque à la confection des tombes, était en grande vogue ; mais telle n'a pas dû être la première application de la terre cuite. Au reste, on trouve la terre cuite employée comme matériaux de construction, dans les Indes-Orientales, au Mexique, au Pérou, et leur usage dans ces contrées lointaines ne saurait être douteux. La plastique d'ornementation a eu plus tard un emploi des plus communs dans la confection de ces tuiles d'ornement du bord des toits plats qu'on nommait antéfixes. Non-seulement l'architecture, mais la sculpture a tiré parti de l'inaltérabilité des terres cuites, et surtout de la facilité que la terre molle présente aux opérations du moulage. Les figures antiques en terre cuite ne sont pas moins nom-

breuses que les ornements, mais la plupart sont d'assez petite dimension ; cependant les anciens en savaient faire aussi de fort grandes ; Pline cite une statue de Jupiter par Turianus, placée dans le Capitole ; il mentionne encore la fameuse statue d'Hercule Fictilis, ainsi nommée pour rappeler l'origine de la matière dont elle était formée. Dans ses mémoires, on trouve une longue liste des potiers célèbres qui s'étaient distingués dans l'art de travailler la terre, à Corinthe, à Samos, à Athènes.

L'Italie possède aujourd'hui dans ses musées des statues de terre cuite de près de deux mètres de hauteur, notamment un Jupiter d'une très-grande beauté ; M. Pietro Visconti faisait connaître à M. Raoul Rochette, le 1<sup>er</sup> juillet 1829, qu'on avait découvert à Rome une statue de Bacchante du plus beau travail et de grandeur naturelle. La plastique des anciens, qu'ils l'appliquassent aux statues, aux tombes, aux bâtiments, était presque toujours colorée soit en bleu, soit en vert, soit en rouge. Cette dernière couleur, évidemment la plus répandue, était aussi généralement la plus employée. Ces couleurs étaient terreuses et peu adhérentes ; cependant il est très-rare qu'en les cherchant avec attention, on n'en découvre pas quelques traces dans les cavités qui les protégeaient contre tout frottement. Quelquefois, cependant, la couleur était vitrifiée ; c'est ce que MM. de Luynes et de Bacq, architectes, ont vérifié sur des fragments de corniches et des têtes de lion d'un très-beau caractère, d'environ quatre décimètres de hauteur, trouvés dans les ruines de Métaponte. L'architecture et la sculpture sont toutes deux filles du Soleil ; c'est l'opposition de l'ombre et de la lumière qui ont accentué les effets saisissants du modelé ; mais on peut dire aussi que sans doute la plastique a précédé la sculpture en pierre. Ne trouve-t-on pas, en effet, des figurines en terre cuite parmi des objets de la plus haute antiquité. Nous citerons des momies égyptiennes et des cachets trouvés dans la haute Égypte, durs et co-

loriés, dont la fabrication remonte à peu près à 3000 ans. Le Mexique, le Pérou et tant d'autres localités de l'Amérique, nous donnent aussi des exemples de la plastique la plus ancienne.

Nous partageons à cet égard l'opinion d'Alexandre Brongniart. On peut suivre, disait-il, la plastique pratiquée dès les temps les plus anciens, sans autre interruption que celle que causent à la civilisation ces temps d'ignorance et d'anarchie pendant lesquels les hommes, abdiquant la noblesse de leur intelligence et leur mission sur la terre, ne font que s'entre-détruire ; on peut la suivre par quelques exemples de monuments et de pièces d'une grande dimension, notamment dans les XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles.

Nous citerons un saint Antoine, par Nicolas d'Arezzo ; une statue de Marie-Magdeleine, sculptée pour Florence par Simon, elle avait deux mètres de hauteur. A ces exemples tirés de l'Italie, on peut ajouter les statues colossales de terre cuite représentant saint Paul et saint Pierre, et un grand bas-relief d'une des portes de la cathédrale de Séville, exécuté par maestro Miguel, sculpteur espagnol du XVI<sup>e</sup> siècle, et pour clore cette liste par des noms français, nous nous bornerons à mentionner l'*Ecce homo* et le Christ au tombeau, sculptés en terre cuite, de grandeur naturelle, par Germain Pilon, en 1588. Il serait inexact de dire que cette partie des arts céramiques ait été inconnue ni même entièrement abandonnée dans les temps modernes, mais il peut paraître au moins singulier qu'on se soit borné, pendant les dernières années du XVII<sup>e</sup> siècle, à reproduire des objets sans goût et sans mérite, tels que ces figures habillées qu'on plaçait dans certains jardins, ou ces sujets allégoriques qu'on mettait au-dessus des poèles de faïence dans les salles à manger ou dans les antichambres.

Une sorte de renaissance de l'art plastique se produit actuellement. La sculpture en terre cuite a eu de très-habiles représentants ; Clodion, au commencement de ce

siècle, a laissé de charmantes statuettes et des groupes très-estimés encore aujourd'hui. Appliquée à l'art de bâtir, la plastique peut perdre un peu de son importance artistique, mais elle prend une très-grande extension quand on l'envisage au point de vue de l'art industriel ; elle donne la possibilité de reproductions exactes, qu'il s'agisse de sculpture proprement dite ou de motifs d'architecture, et à ces deux titres différents, elle peut être appelée, dans un avenir assez rapproché, à lutter sérieusement avec la sculpture en pierre, toujours coûteuse, et qui, si la pierre n'est pas convenablement choisie, ne saurait présenter une inaltérabilité suffisante. Que de trésors artistiques ont disparu, qui resteraient avec une durée presque indéfinie, s'ils avaient été reproduits en terre cuite, pour revêtir au dehors ou au dedans, les édifices auxquels ils étaient destinés !

L'Exposition de 1867 est, sous le rapport de la plastique monumentale, beaucoup plus riche que celles qui l'ont précédée. Depuis 1839, quelques établissements en France s'occupaient de ces fabrications ; à leur tête marquaient MM. Fouques et Arnoux, de Valentine, près Toulouse ; MM. Virebent frères avaient, depuis longtemps, contribué par leurs produits à l'embellissement de cette dernière ville, en livrant à bien plus bas prix que les moulures en pierre, des entablements en terre cuite. Plusieurs villes d'Allemagne, Dresde, Berlin, Vienne, avaient vu successivement les matériaux pierreux de construction remplacés par des terres cuites, et à Munich une grande partie des nouvelles églises et quelques monuments publics sont garnis d'antéfixes d'un caractère grandiose ; ils sont souvent colorés à la manière des anciens. On se rappelle la belle exposition à Paris, en 1855, de MM. Virebent, et celle non moins remarquable de M. Mosbach, de Vienne. A Londres, en 1862, on a pu voir que la terre cuite, dans ces nouvelles applications, avait encore fait de nouveaux progrès, et ce n'était pas sans quelque

étonnement qu'on a pu remarquer les terres cuites de Blanchard, fabricant anglais.

L'éveil est donné maintenant, la concurrence force les fabricants à faire d'immenses efforts et l'art des constructions qu'on doit cesser de diviser en plastique monumentale ou statuaire, a dans les mains une nouvelle série de matériaux, auxquels il serait difficile, dans l'état actuel de nos connaissances céramiques, de refuser une inaltérabilité complète. Mais il faut circuler autour du Palais, visiter les pavillons, se promener dans la galerie des machines pour apprécier la variété des formes, la grandeur des différents types qui sont l'œuvre de la France, de la Prusse, de l'Angleterre ou de l'Autriche. Une magnifique exposition est celle de M. Henri Drasché, près de l'Ecole militaire. Aux briques de toutes formes, creuses ou pleines, sont jointes des modèles de toutes espèces de cintres, de voussoirs, d'ogives dans tous les styles et de tous les échantillons ; des balustres, ou des balustrades inclinées, des fûts de colonnes entières dans tous les ordres d'architecture, complètent un ensemble des plus satisfaisants. La terre est plus ou moins colorée, mais on voit que le fabricant ne s'est pas proposé pour but d'imiter la pierre de taille avec sa couleur propre ; il veut conserver à ses produits leur caractère particulier. C'est cette même voie que veut suivre en France M. Muller, dont l'exposition est très-remarquable. Il moule la brique, la tuile et tous les autres accessoires employés par les architectes comme cheminées, mitres, balustrades, motifs de chéneaux ou de faîtages, et c'est à lui qu'on doit le grand développement qu'ont pris, dans les environs de Paris, les couvertures en tuile à recouvrement. Sa tuile y est connue sous le nom de tuile Muller.

Nous devons mentionner, sans aucune transition, la belle exposition de M. Clémardot, à Choisy-le-Roi : il cherche à donner à sa pâte cuite la couleur véritable de la pierre de taille, et les pièces qu'il expose ne laissent

rien à désirer. On avait déjà pu voir à l'Exposition de Londres, de très-beaux spécimens de terre cuite monumentale ; actuellement, cette fabrique semble vouloir vulgariser davantage les terres propres aux constructions en adoptant des modèles plus simples, qui peuvent prendre place dans l'édification des maisons de Paris, celles, par exemple, qui se dressent comme par enchantement sur les nouvelles voies et les nouveaux boulevards. En variant les nuances de la pâte, on arrive à donner à la terre le cachet que l'on désire et faisant usage simultanément dans un même édifice, des matériaux de M. Muller et des ornements de M. Clémandot, il serait possible de créer, dans le genre de Louis XIII, de charmants édifices. La sculpture de ravalement coûte cher ; on l'évite avec la terre cuite, et lorsque les joints sont aussi exactement faits que dans les échantillons placés au Champ-de-Mars, le trompe-l'œil est complet. Ne jurerait-on pas que la fenêtre mansarde de la Galerie des Machines ne soit en véritable pierre taillée et sculptée, ravalée par les méthodes ordinaires. On a commencé, dans cette fabrique, à faire de la terre cuite sculpturale ; la production s'est progressivement étendue et, dans peu de temps, la terre cuite architecturale et monumentale entrera comme élément sérieux dans la construction des édifices de la capitale. On paraît se préoccuper de l'uniformité de la teinte des terres, cette coloration est facile à maintenir avec la régularité convenable en étudiant la marche du four dans lequel a lieu la cuisson. Et, d'ailleurs, dans une fabrication importante, il est toujours possible de faire un triage pour rassortir les nuances. Le petit monument, exposé par M. Clémandot, est surtout remarquable à cet égard. Au reste, on trouve la même qualité dans les produits de M. March, de Berlin, qui, avec des terres d'une nuance légèrement plus jaunâtre, s'est donné comme but la construction dans une ville dépourvue de pierre de taille, d'édifices de toutes sortes, imitant la pierre calcaire.

De la sculpture à la statuaire, il n'y a qu'un pas ; dans ces dernières données, on trouve aussi de très-belles productions qui démontrent une fois de plus l'immensité des ressources que les arts céramiques mettent entre les mains des constructeurs. Pénétrons dans la chapelle et nous verrons l'heureux emploi de la terre cuite à la reproduction des sujets religieux. M<sup>me</sup> De Bay, déjà remarquée dans les anciennes Expositions, y a placé le grand autel avec statues et bas-reliefs, fonts baptismaux, les quatre évangélistes, un saint Michel archange. Deux travées du triforium exécuté pour l'église Saint-Joseph-des-Allemands, rue Lafayette, à Paris. A l'extérieur de la chapelle du Parc, sur la façade principale, sont les quatre évangélistes et beaucoup d'autres ornements, comme dais et culs-de-lampe sur les tourelles et les autres façades.

Nous mentionnerons enfin dans ce genre de sculpture religieuse, les terres cuites de M. Champigneulle, placées tant dans la chapelle du Parc que dans le Palais. Stations, chemins de croix, apôtres, statues de saints, enduites de peintures mattes rehaussées de dorure. Ce n'est assurément pas dans le Palais que ces œuvres doivent être jugées. Les tons criards qui les recouvrent n'ont absolument rien d'artistique ; mais en place, dans des chapelles dont l'ornementation à grand fracas attire le regard, elles s'harmonisent avec l'ensemble de l'édifice. MM. Villeroy et Boch avaient produit à Paris, en 1855, de très-remarquables pièces, dont M. Champigneulle s'est montré très-habile imitateur.

Dans un genre plus profane, nous remarquerons les figures de M. Vidal du Holstein. Excellents modèles, travail soigné. M. Vidal semble être encore en progrès sur sa dernière exposition.

#### STATUAIRE.

Il me semble utile, avant d'étudier les arts céramiques à l'Exposition de 1867, en les considérant au point de vue

des éléments de décoration qu'ils mettent entre les mains des architectes, comme plaques de revêtement, carreaux de pavage ou mieux de parement, de dire quelques mots des difficultés que le potier doit vaincre pour assurer le succès de sa fabrication. Personne n'ignore que la terre cuite, quand elle reçoit du feu sa propriété de durcir et de résister à l'air, prend une retraite souvent considérable. Le façonnage est obtenu par moulage, soit au moyen d'une filière, soit au moyen d'une pression qu'on exerce sur la pâte molle pour faire épouser à cette matière toutes les formes et les détails de contours de l'appui ou moule sur lequel la pâte est façonnée. Ces deux circonstances obligent à certaines précautions, dans le choix de la matière, dans les soins à prendre au moment du façonnage, dans la forme du moule, et souvent aussi dans la forme qu'il convient de donner au modèle. On ne se rend généralement pas assez compte de ces difficultés que présente l'établissement d'une pièce de terre cuite, pour peu qu'elle sorte des dimensions ordinaires, en épaisseur ou en hauteur, quelle soit figure, corniche, entablement ou colonne.

Quant au choix de la matière, la terre doit réunir les conditions que nous avons déjà mentionnées, mais de plus, à cause de la retraite qu'elle prend au feu, celle qui se déforme et gauchit le moins à la dessication ou à la cuisson, sera la meilleure. Pour répondre à la question d'économie, et surtout obtenir des surfaces bien nettes et fines, la pâte doit être très-longtemps broyée, tamisée. On la presse en couche uniforme et mince qu'on place au fond du moule pour faire la partie extérieure la seule visible ; on la renforce en battant et soudant à l'intérieur une pâte molle plus commune, plus grossière, qui ait cependant au feu les mêmes qualités d'infusibilité ou de retraite. Les deux pâtes soudées l'une à l'autre ne doivent présenter aucune gerçure, aucune solution de continuité.

Le façonnage exige une certaine habileté pour éviter les ondulations ; cette condition est de rigueur pour la fa-

brication de tout ce qui est architectural : il convient, à tout prix, de conserver la rectitude des lignes et la régularité des contours, sans lesquels les matériaux devraient être rejetés. Or, plusieurs argiles se tourmentent au feu ; quelques-unes bougent à peine, c'est à cette variété que, de préférence, il faut emprunter l'élément plastique qu'on introduit dans la pâte. Les caractères auxquels on reconnaît une terre de cette espèce sont d'une observation très-simple ; on les rencontre très-développés dans les argiles de Stourbridge ou les argiles d'Andennes. Il suffit de prendre un fragment de terre à cassure irrégulière, de le séparer en deux et d'en faire passer un seul au point le plus chaud d'un four à porcelaine. Si les deux morceaux se raccordent ensuite parfaitement dans leur cassure, si les anfractuosités se rajustent comme avant l'expérience, on peut prédire à coup sûr les bonnes qualités de la terre. Sa composition est-elle excellente ? on ne saurait la modifier en ajoutant à la terre plastique, comme matière dégraissante, du ciment de la même argile, c'est-à-dire la même substance préalablement calcinée. Pour obtenir un bon moulage, prompt et convenable à tous égards, la terre ne doit être ni trop grasse, ni trop maigre, ni trop molle, ni trop dure : l'expérience seule peut, pour une terre donnée, permettre de régler les dosages d'une bonne composition.

A moins que le moulage ne s'obtienne au moyen d'une filière, le choix du modèle présente de grandes difficultés : bien que la terre humide prenne simplement, par son contact avec le moule, une certaine retraite qui facilite la dépouille, par conséquent, à la sortie du moule, le modèle ne doit donner aucun obstacle au démoulage et certaines parties sont engraissées, c'est-à-dire qu'elles sont disposées en dehors des formes réelles, de telle sorte que c'est par un véritable travail de sculpture qu'on leur donne la dernière forme qu'elles doivent revêtir. Faire disparaître ces parties ajoutées au moulage, réunir les

portions moulées à part par des joints qui ne soient pas apparents, éviter les porte-à-faux pour conserver à la figure, quelle qu'elle soit, sa grâce et sa position normale, ce sont de ces difficultés qui rendent peu communes des statuettes de 1<sup>m</sup>,50 de hauteur, lorsqu'elles sont parfaitement réussies.

Vienne maintenant la question de la couleur ; on la règle assez facilement au moyen de mélange approprié de terres convenables, mais encore faut-il que le four soit bien construit, et de plus que la conduite du feu soit régulière et normale. Un coup de flamme peut perdre toute une fournée ; une combustion trop lente, enfumée, rend noirâtres ou grises toutes les pièces de l'enfournement ; au contraire, une combustion par trop complète peut, si l'air est en trop grand excès, développer sur une pâte ferrugineuse une trop grande intensité dans la nuance de la pierre. Mais on n'en est pas toujours maître, à moins que le four n'ait été très-bien combiné. Encore, en vieillissant, arrive-t-il à communiquer aux pièces une coloration sur laquelle le fabricant ne compte pas. Les difficultés à vaincre sont encore augmentées, si l'on veut recouvrir la terre cuite d'une glaçure ou d'un vernis qui ajoute à la poterie un brillant flatteur et beaucoup de richesse. Il devient impossible alors de soutenir pèle-mêle les pièces au four, il faut les encastrer ; il faut les protéger par une série d'étuis ou gazettes, contre l'action de la flamme, des cendres, de la fumée. Il faut les isoler pour qu'elles ne se collent pas les unes aux autres ; il faut ne les faire porter sur le fond qui les supporte que par de petites surfaces ou des points aussi faibles que possible.

#### CARREAUX.

Quoiqu'il en soit, il est certain qu'avec les matériaux que nous venons de signaler, l'art de bâtir est assuré pour longtemps de beaux et bons matériaux pour con-

struire, non plus seulement des maisons communes, mais des édifices considérables, des monuments et souvent des habitations somptueuses. Aux éléments que nous venons de passer en revue, nous devons ajouter, en effet, toute une série d'accessoires qui rehaussent le grandiose des demeures en terre cuite, mais qui encore communiquent aux autres constructions un cachet de propreté et des qualités de salubrité que le bois ou le plâtre ne possèdent jamais à un degré suffisant. Nous voulons parler ici des carreaux de revêtement, soit pour l'extérieur, soit pour l'intérieur. Nous voulons indiquer les carreaux de pavage dont l'usage se répand en Angleterre, et qui serait pour nos habitudes une précieuse conquête.

La fabrication des carreaux propres aux planchers des habitations, est généralement une annexe de toute briqueterie. On fait presque toujours en même temps que la brique commune, la tuile et le carreau. Les carreaux demandent cependant une pâte plus fine, dont l'argile a été lavée et dont le façonnage est plus soigné que celui des tuiles ou des briques communes. D'abord, éléments de propreté et de salubrité, ils sont successivement devenus un motif d'ornementation pour l'intérieur des habitations ; on les a décorés par voie d'incrustation, en les colorant ou tout au moins formant avec des carreaux de différentes couleurs des entrelacs, ou des filigranes, ou des damiers, ornements des plus primitives. A cette période ancienne déjà, doivent être rapportés quelques carreaux en grès, fortement cuits et réunissant aux propriétés d'être salubres et imperméables, celle d'une résistance suffisante pour ne pas se laisser user par les frottements répétés auxquels ils sont soumis. Un grand nombre de fabriques a tenté ce genre de fabrication : nécessitant une exécution prompte et régulière, on l'a faite par des moyens mécaniques. Au commencement de ce siècle, et même pendant la première moitié du siècle, les expériences n'ont pas été suffisamment rémunératrices. A l'exception des vestibules,

des salles à manger, des autres salles du rez-de-chaussée, ceux qui peuvent se donner la satisfaction d'un certain luxe préfèrent les parquets. Dans les autres classes de la société, un carrelage ornemanisé dépensait toujours beaucoup trop. Ces considérations ont considérablement restreint l'emploi des carreaux ornés, même par les moyens mécaniques les plus efficaces. L'effet saisissant des anciens carrelages en carreaux incrustés ou en pavements formant mosaïque, tels qu'on en a trouvés de magnifiques restes dans quelques vieux manoirs ou dans plusieurs chapelles antiques avait cependant frappé les yeux. Il serait intéressant de réunir, dans un seul ouvrage, les exemples remarquables qui nous ont été légués par les siècles passés ; mais ce serait sortir des bornes de cette étude. Il nous suffira de dire que le goût public nous ramène actuellement vers ce luxe qu'on ne trouve plus trop cher aujourd'hui. Bien que l'Angleterre nous ait de beaucoup dévancés dans cette voie, on comprend en France l'avantage d'un carrelage qui dure beaucoup plus que les meilleurs parquets, et que les soins les plus ordinaires peuvent maintenir dans un état de propreté parfaite. L'Exposition du Champ-de-Mars réunit plusieurs spécimens intéressants de cette nature de carrelages ; les uns communs, les autres aussi riches que possible. En Angleterre, nous citerons la fabrique de MM. Minton, Hollins et C<sup>ie</sup>, et celle non moins remarquable de MM. Maw et C<sup>ie</sup>. Nous avons vu, dans notre dernier voyage à Stoke-upon-Trent, une quantité considérable de dessins ayant servi depuis plus de vingt ans au carrelage intérieur de palais, de résidences principales, d'églises, de maisons de plaisance et autres lieux publics ou privés. MM. Minton, Hollins et C<sup>ie</sup> ont à compter avec MM. Maw et C<sup>ie</sup>, dont l'exposition réunie dans la salle dite de l'Architecture, dans le quartier des Anglais, est aussi variée qu'elle est instructive. En Allemagne, en Prusse, en Belgique, ce genre de carrelage est assez apprécié : parmi les fabriques les plus intéressantes,

il faut compter celle de MM. Villeroy et Boch, en France, la succursale de Maubeuge qui, bien que fondée depuis quelques années seulement, est en mesure de fournir aux besoins des consommateurs. Nous citerons aussi la fabrique naissante de Sarreguemines, à laquelle on peut souhaiter un succès qui ne peut manquer à cette localité, si haut placée dans l'estime de tous les connaisseurs.

Nous avons également à faire mention d'une belle exposition dans le quartier français, celle de M. Boulanger, d'Auneuil (Oise), qui a fourni le carrelage de droite dans la chapelle du Parc ; MM. Villeroy et Boch ont exposé de leurs produits simultanément dans la section prussienne ; ils ont pavé le devant de l'école modèle dans le Parc, et le palier de la porte d'entrée dans la chapelle. Cette fabrique fournit en France, sous la dénomination de Boch frères et C<sup>e</sup>, des produits irréprochables dont les prix varient de 8 à 16 fr. le mètre carré, pris à l'usine de Louvroil, près Maubeuge (Nord).

Les carreaux ornés, ou de mosaïque, se font par plusieurs méthodes : ou bien entièrement dans la masse, ils sont réunis par le travail du mosaïste ; ou bien par encrustation, les diverses couleurs qui composent l'ensemble du dessin doivent avoir la même dureté pour s'user simultanément. Les meilleurs sont cuits en grès, ils ont une très-grande résistance au frottement ; c'est à cette classe qu'il faut rattacher les carrelages anglais et ceux que nous avons cités.

L'incrustation se fait mécaniquement au moyen de la presse et de matrices exécutées exprès. Quelques dispositions particulières permettent d'opérer rapidement et de faire simplement des dessins peu compliqués. On a renoncé, devant l'imperfection du travail, aux carreaux peints sur glaçure, aux pavements peints sur pâte ; enfin encore, aux carrelages décorés sous couverte. Le brillant de la glaçure rend un semblable pavage glissant et dangereux.

Mais il n'en est plus de même si le carreau, ou pour mieux dire si le panneau de terre cuite a pour but de revêtir des parois verticales à l'abri de tout autre frottement que celui que nécessitent les habitudes de propreté.

## REVÊTEMENTS.

Ces carreaux de revêtement étaient et sont encore d'un usage général dans les pays orientaux. En Chine, en Perse, des édifices entiers en sont surchargés, et cette mode qui communique aux constructions un caractère tout particulier, s'est répandue par les Maures en Espagne d'abord, en Italie ensuite. Les matières les plus diverses, toutes en étroite connexion avec les arts céramiques, ont reçu cette destination (les porcelaines dures en Chine et au Japon, une poterie très-voisine de la porcelaine tendre, en Perse; des faïences à glaçure opaque dans les pays habités par les musulmans). A chacune de ces matières, correspondent des effets spéciaux tenant moins encore au style particulier à chaque population qu'à la manière dont la coloration est obtenue, ou au choix des matières colorantes employées. La porcelaine dure, plus froide que la porcelaine tendre, se refuse à l'emploi de certaines données très-décoratives qu'on remarque ailleurs, et si chez quelques peuples de l'Orient, l'effet des revêtements rehaussé par le contraste d'un ciel pur et d'ombres portées, fortement accusées par des toitures à larges saillies, rappelle celui des habitations mauresques, c'est parce que les moyens employés à la décoration des carreaux de revêtement se rapprochent de ceux qui concourent à la perfection des derniers. Il faut attribuer à cette circonstance le peu d'empressement qu'ont mis les architectes à revêtir de porcelaines les murs de nos maisons de luxe. A part l'ornementation bleue sous couverte, encore rare, les carreaux de porcelaine n'admettaient qu'une peinture difficile, et les essais tentés dans cette voie n'ont pas été répétés. Quel

contraste avec ces splendides peintures décoratives dont les Persans et les ruines de plusieurs grandes villes d'Afrique nous ont transmis de si beaux exemples ! Les Azulejos de Grenade, de Valence, de Séville donnent la plus haute idée du genre de richesses que possédaient ces anciennes résidences espagnoles et de l'effet pittoresque que présentaient des villes entières ainsi revêtues. Le goût du jour ramène insensiblement vers cette tendance les architectes qui ne sauraient se refuser plus longtemps à tirer parti de ces ressources renouvelées des peuples orientaux. Non-seulement l'extérieur, mais l'intérieur des monuments publics ou des habitations mêmes ordinaires, prendront un aspect décoratif incomparable, si l'usage des revêtements céramiques se développait encore ; déjà dans les salles de bain, dans les offices, dans les vestibules, on remplace les boiseries ou les papiers peints par des appliques céramiques durables, auxquelles un coup d'éponge restitue leur pureté primitive, et l'Angleterre a dans cette direction réalisé de grands avantages. Beaucoup de magasins à Londres sont ainsi revêtus de carreaux de faïence imprimés ; les fabriques de Minton et de Maw en font des quantités considérables , et nous pensons avoir le droit de dire que nous voyons dans l'exposition du quartier français, au Champ-de-Mars, le plus brillant avenir pour la renaissance de cet art. Là, plus que partout ailleurs, on trouve la plus belle collection de carreaux de revêtement ; nos fabricants ou plutôt nos artistes ont surpris les secrets de la couleur, sinon de la forme , et si l'un deux parvenait à se créer un style propre, il aurait un succès assuré pour longtemps .

La maison persane de MM. Collinot et C<sup>e</sup>, donne un aperçu très-net de ce que l'on pourrait faire dans ce genre. Une frise, un encadrement en faïence, une imposte de porte ou de fenêtre, suffirait à relever le ton d'une maison, ou à corriger le glacial d'une muraille. La décoration ne demandant qu'un trait net, une couleur franche

et pure, les revêtements de faïence ne coûteraient pas à beaucoup près ce que coûtent les peintures et dorures dont on fait souvent un si déplorable abus. Leur usage, au reste, ne se bornerait pas à l'intérieur. C'est une recommandation qui s'adresse à ceux de nos artistes qui possèdent leur art et savent manipuler la terre et la revêtir de leur riche palette. MM. Deck, Longuet, Devers, Pinart, en France, Wedgwood, Minton, en Angleterre, ont entre les mains les moyens de satisfaire à tous les goûts, et si même pour les bourses plus pauvres, il était besoin de reproductions mécaniques, la chromo-lithographie leur assurerait encore les jouissances d'un certain luxe. L'Orient nous a légué d'assez nombreux modèles pour qu'il n'y ait que l'embarras du choix.

Toutes les méthodes de peinture, ou de mise en fonds des carreaux de revêtement, ne sont pas à recommander également, mais à chacune ses avantages, à chacune ses qualités spéciales. Les carreaux incrustés, les carreaux à reliefs, les panneaux peints sur pâte, sur glaçure et sous couverte, offrent des facilités plus ou moins grandes, et ces différentes méthodes créeraient des ressources également variées. On se prend à regretter ici que la manufacture de Rubelle ait cessé sa fabrication ; elle avait déjà produit, sous le nom d'émaux ombrants, plusieurs motifs intéressants que nous avons remarqués dans les autres Expositions. Etait-elle venue avant son heure ?

Il nous semble que cette longue promenade, à travers le Parc et dans le Palais, permet de croire pour longtemps encore à l'avenir des arts céramiques ; il nous reste à les considérer dans leur destination aux usages domestiques, à l'ameublement et dans leur destination plus particulièrement liée aux progrès des industries métallurgiques et chimiques.





REVUE  
DE  
L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867

---

SIDÉRURGIE

---

REVUE DE L'INDUSTRIE DU FER  
EN 1867

PAR

M. S. JORDAN

Professeur de métallurgie à l'École centrale des Arts et Manufactures



## AVANT-PROPOS

---

Je me propose, dans ce travail entrepris à l'occasion de l'Exposition universelle de Paris, de tracer un tableau résumé de l'état actuel de l'industrie du fer, en coordonnant et en complétant les renseignements fournis par les produits et les appareils exposés. L'Exposition du Champ-de-Mars présente le plus vaste déploiement de matières et de machines que notre siècle aura probablement à contempler ; je doute qu'un spectacle pareil puisse, avant longues années, être de nouveau offert aux études des industriels. Cependant, il faut reconnaître que la sidérurgie aurait pu y figurer avec une ampleur et un ordre plus dignes de son importance sociale ; les expositions de la classe 40 et de la classe 47 auraient pu mettre mieux en lumière la puissance de chaque pays comme production et élaboration du fer. Je ne veux point examiner à qui doivent s'adresser les reproches, s'il n'en a pas été ainsi, si c'est à la Commission organisatrice ou aux exposants eux-mêmes ; d'autres voix que la mienne s'élèveront peut-être dans cette cause. Il n'en est pas moins incontestable que l'Exposition, telle qu'elle est, présente aux sidérurgistes un vaste champ d'études de diverses natures. Ce sont ces études que j'ai voulu fixer sur ces pages, afin qu'après la fermeture du palais du Champ-de-Mars, il reste, pour nos lecteurs qui l'auront visité, un memento de leurs visités, et afin que ceux qui n'ont point eu cet avantage y trouvent au moins une partie des enseignements de l'Exposition.

Je n'ai pas voulu me contenter d'une revue à vol d'oiseau et n'indiquer que sommairement les points saillants mis en lumière par l'Exposition. Au risque d'être un peu long, j'ai entrepris de compléter, d'augmenter même le nombre des renseignements, en m'a aidant non-seulement des données fournies par les exposants, des notices pu-

bliées par les sections étrangères ou des entretiens que j'ai pu avoir sur place avec divers métallurgistes distingués, professeurs ou ingénieurs anglais, français, russes, suédois, autrichiens, prussiens, mais aussi de notes de voyages récents dans plusieurs pays sidérurgiques et de documents publiés dans ces mêmes pays. Je ne me dissimule point les difficultés de mon entreprise. Le programme en est bien vaste pour les forces d'un seul ; de plus, étant obligé de rédiger pour ainsi dire au courant de la plume, je ne puis revenir en arrière pour compléter ou corriger, à l'aide de renseignements supplémentaires, les données présentées d'abord telles que je les possède au moment de la rédaction. Toutefois, j'espère mener mon travail à bonne fin ; et, si je ne puis y éviter certaines imperfections, il n'en renfermera pas moins une somme assez importante de renseignements utiles pour mes confrères en métallurgie.

Mon étude sera à la fois technique et statistique ; je veux passer en revue, non-seulement les procédés et les produits, mais aussi les usines. Les usines étrangères sont trop peu connues en France, et je crois utile de contribuer à les faire connaître de nos industriels qui ont à lutter contre elles. Je regrette seulement d'être obligé de laisser de côté le point de vue économique si important en métallurgie ; mais, outre que pour la France, je ne puis penser à publier des prix de revient dont la vulgarisation présenterait des inconvénients graves, mon programme est déjà trop vaste pour que je puisse l'augmenter des diverses études que comporterait cette question.

Je commencerai par étudier la fabrication de la fonte dans les diverses contrées ; puis je chercherai à résumer cette étude, en montrant les progrès réalisés aussi bien dans la fabrication elle-même que dans les appareils employés. Après quoi, je me livrera à un travail analogue pour ce qui concerne le fer et l'acier.

# REVUE DE L'INDUSTRIE DU FER EN 1867

---

## PREMIÈRE PARTIE

---

### FABRICATION DE LA FONTE.

La classe 40 de l'Exposition, consacrée aux produits des mines, des carrières et des usines métallurgiques, n'a peut-être pas attiré autant de visiteurs que certaines autres classes comprenant des produits des industries mécaniques ou chimiques. Sans parler du public ordinaire des expositions, beaucoup d'ingénieurs, retenus par les machines qui remplissaient la grande galerie, ont à peine traversé la modeste et étroite galerie contiguë ; si leurs yeux y ont été arrêtés au passage par quelques objets remarquables, cela aura été plutôt par un ou deux modèles d'installations ou d'appareils que par quelques sombres morceaux de minerais ou de fonte. Comme le disait en 1862, avec beaucoup de raison, l'un des membres anglais du Jury, M. le professeur Warington W. Smyth : « Une grande partie des spécimens composant l'exposition de la classe qui nous occupe, comme, par exemple, les houilles, les minerais de fer et beaucoup d'autres exigent une instruction spéciale et préalable, pour que le visiteur puisse découvrir l'intérêt qu'ils présentent ; et ils n'attireront probablement guère l'attention des masses fatiguées par la multitude des objets exposés et blasées par l'éclat des porcelaines et des orfèvreries, des soieries et des dorures..., et, si une certaine dose d'instruction préalable

est nécessaire pour faire attribuer par le visiteur aux spécimens qui lui sont soumis l'intérêt qu'ils méritent réellement, il en faut bien plus encore à celui qui veut apprécier la valeur industrielle de la matière et l'importance commerciale des établissements qui la produisent. »

En effet, un modèle, une machine peuvent être compris avec le simple secours des yeux et de l'intelligence par tout ingénieur qui s'arrête devant eux. Mais un morceau de minerai ou de fonte ne dit rien au visiteur non métallurgiste ; il peut même passer inaperçu, malgré l'intérêt le plus direct, au métallurgiste lui-même, que la rapidité de sa visite ou son ignorance de la langue dans laquelle il peut trouver des renseignements écrits ou verbaux, empêchent de profiter de ces données indispensables pour mesurer l'importance de ce qu'il voit. Et, cependant, un industriel qui connaît les ressources de son art, doit profiter d'une exposition internationale, non-seulement en apprenant à connaître les perfectionnements apportés aux procédés et appareils métallurgiques dans les différents pays qui y figurent, mais encore en étudiant les matières premières de ces pays, en s'informant de leur abondance, en voyant leur influence sur les produits obtenus, en les comparant à celles dont il dispose et aux produits qu'il obtient. Les changements que les traités de commerce, les réformes douanières et l'extension des moyens de communication économique apportent dans la métallurgie, peuvent d'un jour à l'autre le mettre en demeure de lutter contre les producteurs étrangers. Il faut donc qu'il connaisse leurs ressources, afin de pouvoir organiser sa défense par une sage tactique et par un emploi rationnel des siennes propres. Il peut aussi, en examinant des matières qui apparaissent pour la première fois dans le domaine du commerce, leur trouver des applications utiles et fructueuses. Qui ne sait quel parti on tire maintenant de la cryolithe, ce minerai d'aluminium, qui est fourni en si grandes masses aux usines danoises et même françaises, par les rivages groënlandais, et qui, il y a peu d'années,

était encore un minérai rare, un objet de collection ? Qui peut dire quel parti l'avenir tirera de ces masses énormes de graphite naturel qu'un compatriote, M. Alibert, exploite dans ses mines de Sibérie ? Jusqu'à présent, on n'en a fait que des crayons, et la seule mine connue, celle de Borrowdale, en Angleterre, vendait au poids de l'argent les quelques centaines de kilogrammes qu'elle produisait annuellement. Qui sait si la métallurgie ne trouvera pas une autre application à cette matière absolument réfractaire et infusible, et en même temps facilement façonnable par l'outil ?

Quelles espérances ne peut-on pas fonder sur l'Espagne et le Portugal, quand on a vu les trésors minéraux exposés par ces pays, et qui témoignent de ce dont seront capables leurs 20 millions d'habitants, si une fois, ils trouvent la voie où ils doivent entrer et des conducteurs propres à les y diriger ?

Nous pouvons invoquer, à l'appui de ces dires, la remarquable introduction de M. Michel Chevalier, qui ouvre la série des rapports du Jury français publiés en 1862, et ses intéressantes dissertations sur la puissance productive des nations. Mais, sans nous placer à cette hauteur philosophique, nous croyons ne pas avoir besoin d'insister davantage pour justifier, auprès de nos collègues métallurgistes, les raisons qui nous portent à étudier d'autant que possible la question des matières premières. Nous sommes persuadés que l'effet d'une exposition, comme celle de 1867, n'est pas éphémère, et que, pour venir un peu tard peut-être, notre Revue n'en sera que plus complète et mieux renseignée.

La classe 40 de l'Exposition de 1867, grâce sans doute aux efforts des Comités d'admission, mérite beaucoup moins que la classe 1 de l'Exposition de 1862, le reproche de présenter aux visiteurs des spécimens destinés seulement à séduire les intéressés peu expérimentés ou trop enthousiastes, et à les engager dans des entreprises condamnées d'avance à la ruine. Elle présente aussi beaucoup

moins de ces exhibitions plus dignes d'une collection de raretés ou de curiosités que d'une exposition industrielle, exhibitions qui faisaient dire à M. Robert Mallet, l'un des *reporters* anglais, en 1862 : — « On n'aurait jamais dû exposer un crapaud trouvé vivant dans une couche de charbon ; des fragments d'obus Armstrong, plantés à la main tout autour de l'intérieur d'une ruche en bois, ne devraient pas être là pour faire tenir la bouche béante aux honnêtes agriculteurs, en leur représentant les horribles conséquences de l'explosion d'une bombe ; des barres énormes de fer forgées, pliées et tortillées comme un serpent boa *à chaud* et sur lesquelles des yeux compétents découvrent des traces de battitures, ne devraient pas s'annoncer comme travaillées *à froid* ; des poutres à double T de trois pieds de hauteur, ne devraient pas chercher à frapper l'esprit des forgerons en se déclarant poutres laminées, quand, en fait, elles sont formées de pièces laminées soudées ensemble après coup. Et nous pourrions agrandir cette énumération, mais *verb. sat.* » Toutefois, l'Exposition de 1867 n'est pas non plus complètement exempte de ces reproches, et on pourrait citer telle usine qui expose des produits fabriqués spécialement à grands frais et qu'elle ne produisait point auparavant, pas plus qu'elle ne les produira désormais ; telle forge qui expose des sections de gros fers travaillés au marteau et indiqués comme laminés ; un rocher d'émeraudes venant de la Nouvelle-Grenade exposé dans la métallurgie française ; telle usine ou mine d'une importance très-médiocre prenant plus de place et étalant plus de produits que telle autre beaucoup plus considérable. Mais ces quelques défauts de détail n'enlèvent rien à l'intérêt général de l'exposition métallurgique. Un défaut plus grave est l'abstention d'un très-grand nombre de maîtres de forges français et anglais, nombre assez grand pour empêcher le visiteur de se rendre *de visu* un compte exact de l'importance de l'industrie du fer dans les deux pays. Nous aurons à revenir sur ce fait regrettable.

Nous commençons, par la France, l'étude de la fabrication de la fonte à l'époque actuelle.

#### **CHAPITRE I<sup>er</sup>. — FRANCE.**

La production de la fonte a pris en France, depuis un certain nombre d'années, une importance qu'elle ne possédait pas autrefois. Les usines françaises fournissent maintenant deux fois et demie la quantité de fonte qu'elles fournissaient il y a quinze ans. Vers 1850, elles donnaient annuellement seulement 500,000 tonnes de fonte dont la moitié environ était de la fonte fabriquée au charbon de bois avec des minéraux indigènes. En 1865, elles ont fourni 1,200,320 tonnes et en 1866, 1,252,653 tonnes, dont à peine 19 0/0 sont de la fonte au bois et elles ont consommé 450,000 tonnes de minéraux importés de l'étranger. L'importance des anciennes usines à fonte au combustible végétal diminue tous les jours, et il ne serait plus rationnel, pour étudier les diverses fabrications en France, de distinguer les fontes au charbon de bois, celles au coke et celles au combustible mélangé, comme le font encore les documents officiels. La nature du combustible a beaucoup moins d'importance que celle du minéral dans la classification que nous voulons établir pour faciliter notre étude, en groupant les usines françaises.

Parmi ces usines nous distinguerons :

1<sup>o</sup> Celles qui, rangées dans la vallée du Rhône ou à peu de distance, et alimentées par les bassins houillers de la Loire, du Gard ou de Saône-et-Loire, consomment des quantités considérables de minéraux du littoral méditerranéen, quantités dont l'importance s'accroît tous les jours. Nous en formons le groupe du Sud-Est ;

2<sup>o</sup> Celles qui se trouvent placées sur le riche bassin sidérifère de la Moselle, dans les départements de la Moselle et de la Meurthe, et qui consomment surtout les minéraux oolithiques de ce bassin. Ce sera le groupe de la Moselle ;

3<sup>e</sup> Le groupe de Comté comprendra toutes les usines, la plupart anciennes et au charbon de bois, qui se trouvent dans l'ancienne Franche-Comté et dans quelques départements limitrophes ;

4<sup>e</sup> Le groupe des Alpes comprendra les usines de la Haute-Isère et de la Savoie, alimentées par des minerais exploités dans la chaîne de montagne qui les avoisine ;

5<sup>e</sup> Le groupe de Champagne renfermera les hauts-fourneaux des Ardennes, de la Haute-Marne, de la Meuse ;

6<sup>e</sup> Les usines du bassin de l'Escaut, de celui de la Sambre et des bords du Pas-de-Calais formeront le groupe du Nord ;

7<sup>e</sup> Dans le groupe du Centre, je place les hauts-fourneaux alimentés par les forêts du Berry, du Bourbonnais, du Nivernais et le bassin houiller de l'Allier, consommant les minerais d'alluvion si connus de ces contrées, en mélange avec de faibles proportions de minerais arrivant de la Méditerranée ou des Pyrénées ;

8<sup>e</sup> Le groupe du Nord-Ouest comprendra toutes les usines peu nombreuses, et pour la plupart peu importantes, répandues au nord de la Loire et à l'ouest de la Seine ;

9<sup>e</sup> Enfin le groupe du Sud-Ouest renfermera les usines du bassin de l'Aveyron, du Périgord et celles plus ou moins voisines de la chaîne des Pyrénées.

Parmi les 89 départements français, 30 (1) seulement sont totalement dépourvus de hauts-fourneaux, 26 (2)

(1) Ain, Aisne, Basses-Alpes, Hautes-Alpes, Alpes-Maritimes, Calvados, Cantal, Charente-Inférieure, Creuse, Drôme, Finistère, Haute-Garonne, Gers, Hérault, Haute-Loire, Loiret, Lozère, Maine-et-Loire, Oise, Puy-de-Dôme, Hautes-Pyrénées, Seine, Seine-et-Marne, Seine-et-Oise, Seine-Inférieure, Somme, Tarn, Tarn-et-Garonne, Var, Vendée.

(2) Ariège, Aube, Aude, Charente, Corrèze, Côtes-du-Nord, Eure-et-Loir, Gironde, Ille-et-Vilaine, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loire-Inférieure, Lot, Manche, Marne, Mayenne, Morbihan, Pyrénées-Orientales, Haut-Rhin, Savoie, Haute-Savoie, Deux-Sèvres, Vaucluse, Vienne, Vosges, Yonne.

n'en renferment qu'un très-petit nombre, et 33 (1), au contraire, sont producteurs de fonte, et renferment des usines d'une importance notable.

Les usines à fonte sont donc notablement disséminées en France ; une statistique détaillée indiquerait l'existence dans quelques départements d'un nombre considérable de hauts-fourneaux correspondant, cependant, à une production de fonte restreinte. Il suffisait autrefois de la découverte d'une poche de minerais d'alluvion dans une forêt pour qu'on y élevât aussitôt un petit haut-fourneau destiné à transformer sur place le minerai en fonte, dont le transport économique devenait plus facile. C'est à cette cause, à laquelle venait se joindre le haut prix de la fonte à cette époque, qu'est due la pullulation des hauts-fourneaux au charbon de bois. Mais, depuis dix ou quinze années, les circonstances ont changé. Les voies de transport se sont multipliées en France et le coût de ces transports s'est abaissé ; aussi les usines se sont-elles un peu concentrées, les unes, dans le voisinage des gîtes de minerais, les autres, sur les bassins houillers. Le bas prix des produits de ces usines mieux placées a commencé à compromettre gravement l'existence de celles moins favorisées et plus anciennes. Puis sont venus les perfectionnements introduits dans le travail des minerais avec le coke et des fontes avec la houille ; l'amélioration de qualité des fers puddlés a diminué fortement le débouché des fers au charbon de bois, et, par suite, restreint encore le nombre des usines à fonte au combustible végétal.

Enfin sont arrivés les traités de commerce qui ont placé les usines françaises directement en face de la concurrence

---

(1) Allier, Ardèche, Ardennes, Aveyron, Bouches-du-Rhône, Cher, Corse, Côte-d'Or, Dordogne, Doubs, Eure, Gard, Indre, Isère, Jura, Landes, Loire, Lot-et-Garonne, Haute-Marne, Meurthe, Meuse, Moselle, Nièvre, Nord, Orne, Pas-de-Calais, Basses-Pyrénées, Bas-Rhin, Rhône, Haute-Saône, Saône-et-Loire, Sarthe, Haute-Vienne.

étrangère : d'où nouvelle cause de baisse des fontes qui a forcé à s'éteindre bon nombre de hauts-fourneaux mal placés pour leurs approvisionnements et compromis plus ou moins gravement la majorité de ceux qui ont résisté.

La seule chance d'amélioration qui reste pour leur sort est l'achèvement plus complet des voies de communication terrestres, fluviales, ou ferrées, et l'abaissement progressif des tarifs et des droits de péage sur les chemins de fer comme sur les canaux. Le sort de la sidérurgie dans un pays dépend presque uniquement de la facilité et de l'économie des communications. L'exemple de la Grande-Bretagne, de cette île longue et relativement étroite, découpée par des golfs et des embouchures de fleuves navigables, qui permettent à tous les transports à longues distances de se faire par mer, couverte d'un réseau de chemins de fer à mailles étroites, ne le prouve que trop pour nos maîtres de forges français. La facilité des communications en Angleterre s'accuse, entre autres faits, par la concentration des usines. En France, sur 89 départements, nous en avons 59 qui produisent de la fonte : dans la Grande-Bretagne (Écosse et Angleterre), sur 84 comtés, il n'y en a que 27 qui soient producteurs de fonte.

Sans nous arrêter plus longtemps à ces considérations économiques, passons à l'étude des divers groupes que nous avons indiqués plus haut, en commençant par le groupe du Sud-Est.

#### PREMIER GROUPE.

##### GROUPE DU SUD-EST.

Pour simplifier notre classification, nous avons compris dans ce groupe une série d'usines qui naguère encore se trouvaient dans des conditions de roulement bien différentes ; ainsi, par exemple, les usines du Creusot et celles de Bessèges. Les usines du Creusot fabriquaient leur fonte avec les minerais pris sur place, mélangés avec d'autres provenant du Berry et de la Bourgogne ; les

usines de Bessèges traitaient les minerais du bassin houiller du Gard et de quelques gîtes situés dans les Cévennes. Maintenant ces deux usines, ainsi que les autres usines du groupe, comprennent pour une part importante dans leurs lits de fusion, pour la plus importante même, sinon en quantité, au moins au point de vue des qualités, des minerais qui viennent d'Algérie, de l'île d'Elbe, d'Espagne ; et elles fabriquent toutes des fontes plus ou moins similaires. Ces minerais étrangers, grâce aux tarifs d'importation réduits de la compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, pénètrent jusqu'au centre de la France ; toutefois, nous considérons le Creusot et les usines du département de la Loire, comme situés à l'extrême du périmètre où il est possible de les employer économiquement et en grandes quantités. Notre groupe du Sud-Est comprend donc tous les départements situés entre la Méditerranée et le département de Saône-et-Loire ; voici les usines qu'il renferme :

<i>Départements.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Saône-et-Loire.	Creusot.	MM. Schneider et Cie. . . . .	16
Rhône.	Givors.	MM. de la Rochette et Cie. . . . .	2
Id.	Id.	MM. Harel et Cie. . . . .	2
Id.	Id.	MM. Petin, Gaudet et Cie. . . . .	5
Isère.	Chasse.	MM. Girerd et Nicolas . . . . .	2
Id.	Vienne.	MM. Harel et Cie (éteint). . . . .	4
Loire.	Terrenoire.	Compagnie anonyme. . . . .	2
Id.	L'Horme.	Id. . . . .	2
Ardèche.	Le Pouzin.	Compagnie de l'Horme . . . . .	3
Id.	Id.	Compagnie de Terrenoire . . . . .	2
Id.	La Voulte.	Id. . . . .	6
Id.	Soyons.	M. Granger-Veyron. . . . .	4
Gard.	Bessèges.	Compagnie de Terrenoire . . . . .	4
Id.	Tamaris.	Cie anonyme des forges d'Alais. .	6
Bouches-du-Rhône.	St-Louis.	Cie anonyme du gaz de Marseille .	5
Vaucluse.	Rustrel.	MM. Roux de Bernabo et Cie (ét.)	1
Id.	Id.	MM. Testanière et Cie (éteint). .	1
Corse.	Toga.	MM. Petin, Gaudet et Cie. . . . .	4
Id.	Solenzara.	MM. Jacquinot et Cie. . . . .	2

Tous ces hauts-fourneaux consomment du coke, sauf

ceux des deux derniers départements qui sont alimentés au charbon de bois. Presque tous sont représentés à l'Exposition par des produits de leur fabrication. Avant de les prendre isolément à partie, il convient de jeter un coup d'œil sur les minerais étrangers qui viennent les alimenter.

#### Minerais d'Algérie.

L'Algérie est très-riche en minerais de fer ; on trouve des gîtes sidérisées sur presque tout son littoral, mais tous n'ont pu jusqu'à présent concourir à l'approvisionnement des usines de la métropole, la plupart à cause de la difficulté des transports dans ce pays encore neuf. Une Société avait essayé, il y a douze ou quinze années, de construire un haut-fourneau dans les environs de Bône, à l'Allélik, pour traiter sur place, avec du charbon de bois, de riches minerais oxydulés ; mais l'usine, malgré la qualité spéciale de ses fontes, n'a pu subsister devant la rareté de ce combustible, et elle a succombé après avoir, pendant quelque temps, essayé de rouler avec des cokes d'origine française.

Les minerais magnétiques des environs de Bône, exploités dans les concessions de la Meboudja, de Bou-Hamra, des Karèzas, d'Aïn-Mokra, de Mokta-el-Hadid, sont restés longtemps presque improductifs pour la France. Mais depuis ces dernières années, grâce à la persistance et à l'initiative de MM. Talabot, et à la formation d'une Société dite des minerais de fer magnétiques de Mokta-el-Hadid, patronnée par les usines du Creusot entre autres, et d'une autre Société dite Société générale des transports à vapeur, destinée à apporter à Marseille ou à Cette les minerais exploités par la première, ceux-ci ont pris en France une place des plus importantes. On voit à l'Exposition une coupe de la partie connue du gisement de Mokta-el-Hadid ; c'est, comme son nom arabe l'indique, une véritable montagne de fer magnétique située dans l'intérieur des terres à 30 kilomètres du port de Bône. On y exploite

annuellement environ 150,000 tonnes de mineraï qu'on transporte à Bône au moyen d'un chemin de fer spécialement construit pour cet usage. Le prix varie depuis 15 fr. par tonne, prise à Bône, jusqu'à 9<sup>r</sup>,33, suivant l'importance des marchés annuels.

Ce mineraï est compact, très-pur, ne renfermant pas de traces perceptibles de soufre ou de phosphore, et presque dépourvu de gangue. On en distingue deux variétés : l'une dite *bleue*, magnétique et compacte, l'autre dite *noire* qui se distingue de la première en ce qu'elle est moins compacte et un peu manganésifère, en même temps que fort peu magnétique.

La première variété, d'après l'analyse exposée par la compagnie des usines de Terrenoire, Lavoulte et Bessèges, contient :

Fer. . . . .	65 à 68 pour 0/0.
Quartz . . . . .	2,5 à 1,3 pour 0/0.

La seconde variété, d'après la même compagnie, a la composition suivante :

Quartz décomposé . . . . .	3,50
Alumine. . . . .	0,90
Chaux . . . . .	1,50
Peroxyde de fer . . . . .	88,50
Oxyde rouge de manganèse .	2,80
Perte au feu . . . . .	2,80
	<hr/>
	100,00

Ces deux variétés se trouvent mélangées dans les expéditions qui donnent un rendement au haut-fourneau assez peu variable de 63 à 65 pour 0/0 de fonte. Elles sont toutes deux remarquables par leur pureté presque absolue, qui oblige à les traiter d'une façon particulière, si on ne veut pas faire entrer dans la fonte les impuretés du combustible minéral.

Les autres concessions des environs de Bône n'ont pas autant d'importance. Une seule, croyons-nous, est actuellement exploitée encore, celle de la Meboudja qui envoie ses minéraux aux hauts-fourneaux de Chasse. Ces conces-

sions, plus rapprochées de la mer que celle de Mokta-el-Hadid, renferment des minerais un peu plus magnétiques quelquefois (Bou-Hamra, Beleietta), mais en quantité moins considérable et d'une exploitation moins facile.

Deux autres gisements de minerais de fer sont encore exploités en Afrique au profit des usines françaises. Ce sont celui de Soumah, dans l'Atlas, dont les produits s'embarquent à Alger, et celui de la Gouyara-l'Omrha, près de Cherchell. Leurs produits sont à tous deux des oxydes hydratés compacts. Voici leurs analyses et celle du minerai de la Meboudja, d'après les laboratoires des usines de Saint-Louis et de Bessèges.

	Meboudja.	Soumah.	Gouyara.
Peroxyde de fer . . . . .	37,25	84,00	77,95
Ox. rouge de manganèse . . . . .	3,50	0,80	0,30
Alumine . . . . .	2,80	0,70	0,65
Chaux . . . . .	10,00	0,30	3,25
Magnésie . . . . .	2,00	0,00	0,00
Silice . . . . .	2,80	3,10	3,60
Acide carbonique et eau . . . . .	21,00	9,20	13,90
Soufre . . . . .	0,00	0,03	*
Total . . .	99,35	100,15	99,65

Les gisements de Soumah et de la Gouyara ont tous deux une puissance considérable et peuvent fournir des quantités de minerais importantes aux usines à fonte françaises ou étrangères.

L'Algérie est très-riche en minerais de fer encore inexploités. Je citerai seulement parmi eux les fers spathiques des environs de Ténès. Les collines qui entourent cette ville sont parcourues par de nombreux filons qui renferment le fer à l'état de carbonate spathique, quelquefois décomposé, toujours manganésifère, ou à l'état de quadricarbonate de fer, de manganèse, de chaux et de magnésie. Sous ce rapport, les environs de Ténès ressemblent, d'une façon assez curieuse, aux environs de Siegen, en Prusse, où le fer, le manganèse et le cuivre, se trouvent dans des conditions de qualité et de gisement très-analogues. Jusqu'à présent, le cuivre seul, qui se trouve à

l'état de cuivre pyriteux et, quelquefois, de cuivre gris, dans des filons qui croisent les veines ferrifères, a attiré l'attention des exploitants ; on ne s'est point préoccupé du fer. Cela tient sans doute à ce que la présence du cuivre est toujours facilement remarquée, grâce à l'éclat métallique de ses sulfures. Le fer spathique, au contraire, et surtout le quadricarbonate manganisé, ressemblent, pour le simple passant, à un calcaire blanc plus ou moins cristallin et attirent peu l'attention : cependant, le fer devient assez apparent dans des filons puissants où il s'est décomposé, pour qu'une des montagnes des environs (où se trouve un filon de 3 à 4 mètres de puissance), porte le nom de *Djebel-Hadid* ou *Montagne de fer*. (On sait que *Hadid* en arabe signifie fer, et que la concession de MM. Talabot, près de Bône, porte le nom de *Mokta-el-Hadid*, ce qui signifie aussi à peu près montagne de fer.) Malheureusement, le combustible manque totalement en Algérie, et les transports économiques sont plus difficiles encore pour un minerai carbonaté, à cause de sa moindre teneur en fer, que pour un minerai oligiste ou magnétique.

#### **Minerais de Sardaigne et de l'ile d'Elbe.**

Les minerais de l'ile d'Elbe, depuis de longues années déjà, alimentent les hauts-fourneaux de la Corse. Il y a une quinzaine d'années que la fonderie Prenat, de Givors, les introduisit la première, si nous ne nous trompons, sur le continent français. En 1855, les hauts-fourneaux de Saint-Louis, près Marseille, se construisirent avec le but spécial de traiter au coke ces riches minerais oxydés et hydratés, en mélange avec les mines douces d'Espagne. Depuis cette époque, l'ile d'Elbe a fourni de grandes quantités aux usines françaises, et a vu ses produits remonter le Rhône et la Saône jusqu'au Creusot et jusqu'en Franche-Comté. Mais depuis un an, cette vogue diminue assez rapidement, et les minerais de l'ile d'Elbe sont délaissés pour leurs émules plus riches et plus purs,

les minerais de Mokta-el-Hadid, qui ont en outre l'avantage d'être plus économiques dans certains cas.

Nous ne parlerons point en ce moment des minerais de l'île d'Elbe, dont l'examen arrivera à propos de l'Italie. On sait, du reste, qu'ils sont généralement oligistes, quelquefois hydratés et oxydulés, et que leur rendement en fonte peut atteindre 60 pour 0/0 au haut-fourneau.

La Sardaigne renferme des gisements ferrifères en assez grande quantité. Mais jusqu'à ces derniers temps, ils n'avaient pas été exploités. En 1862, le gisement de Saint-Léon fut découvert ; MM. Petin, Gaudet et C<sup>ie</sup>, de Rive-de-Gier, en acquirent la propriété, et depuis cette époque, ils ont travaillé avec une persistance et une activité dignes de tout éloge à en organiser l'exploitation. Maintenant ce filon-couche de fer oxydulé, situé à 20 kilomètres à l'ouest de la ville de Cagliari, fournit déjà annuellement 50,000 tonnes de mineraï qui sont consommées par les hauts-fourneaux de Corse et de Givors. Il est oxydulé, à gangue siliceuse, très-pur et éminemment propre à la fabrication des fontes pour le traitement à l'appareil Bessemer.

Voici l'analyse du mineraï de Saint-Léon exposée par les seuls consommateurs, MM. Petin, Gaudet et C<sup>ie</sup> :

Protoxyde de fer . . . . .	24,00
Peroxyde de fer. . . . .	62,00
Oxyde de manganèse . . . .	0,80
Chaux . . . . .	traces
Magnésie . . . . .	id.
Soufre. . . . .	0,20
Phosphore. . . . .	0,00
Silice . . . . .	<u>13,00</u>
	100,00

#### Minerais de la côte Est d'Espagne.

Tout le littoral méditerranéen espagnol est parsemé d'importants gisements de minerais de fer, dont beaucoup sont maintenant exploités. Les premiers minerais espagnols introduits dans les usines françaises du Midi, l'ont été en 1855 pour les hauts-fourneaux de Saint-Louis ;

c'étaient des hématites brunes manganésifères, venant du port de la Garrucha. Depuis cette date, et grâce à l'extension qu'a rapidement prise la fabrication des fontes spéciales, sous l'impulsion donnée par l'usine de Saint-Louis qui a trouvé de nombreux imitateurs, l'exploitation des mines de fer a pris une grande importance sur toute la côte, depuis le cap Bégu, en Catalogne, jusqu'au cap de Gates, surtout dans les provinces de Catalogne, de Murcie et d'Almeria.

Le versant espagnol des Pyrénées renferme de nombreuses mines de fer, dont des échantillons plus ou moins importants ont été envoyés ou traités en France. Celles qui ont le plus d'importance sont celles de Bagur et de Malgrat. La mine de Bagur se trouve dans l'arrondissement de Gerona ; elle fournit un mineraï oxydulé magnétique, de couleur bleuâtre, à gangue siliceuse et rendant environ 50 pour 0/0 de fer. Les mines de Malgrat sont à 2 kilomètres environ du village de ce nom, petit port de mer au nord de Barcelone : elles fournissent, pour l'exportation et pour la consommation des usines indigènes, un mineraï oxydé hydraté, de couleur brune, légèrement manganisé et renfermant de 45 à 50 pour 0/0 de fer. La plupart de ces minéraux de Catalogne sont à gangue siliceuse ; cependant, on en trouve aussi qui sont calcaires ; ils sont en général peu manganésifères.

En descendant plus au sud sur le littoral espagnol, on arrive à la province de Murcie et aux environs de la ville de Cartagène. Ceux-ci, et surtout la sierra de Cartagène, qui se termine au cap Palos, et dont une partie a été baptisée du nom de Herreria, sont parsemés de nombreuses mines dont les produits varient assez notablement de qualité. Ces minéraux, cependant, sont tous des hématites brunes, et pour un certain nombre, des minéraux bruns manganésifères. On les embarque pour la France à Cartagène et dans les petits ports des environs. Voici les analyses de deux d'entre eux :

	Santispiritu.	Arturo.
Matières volatiles . . . . .	10,500	11,450
Peroxyde de fer . . . . .	80,000	75,250
Manganèse métal . . . . .	traces.	4,725
Silice . . . . .	7,700	3,750
Alumine . . . . .	0,900	0,650
Chaux . . . . .	traces.	1,500
Magnésie . . . . .	*	*
Baryte . . . . .	*	traces légères.
Soufre . . . . .	0,295	0,171
Phosphore . . . . .	*	*
Oxygène du manganèse et pertes.	0,605	1,404
	100,000	100,000

Ces minéraux sont plus recherchés en France que ceux de Catalogne, et ils sont employés par plusieurs usines du groupe Sud-Est pour augmenter la richesse ou pour améliorer la qualité de leurs lits de fusion.

En descendant encore la côte espagnole au sud de Cartagène, on arrive à un petit port de la province d'Almeria, nommé la Garrucha. Les montagnes qui entourent ce petit port renferment aussi de nombreux gîtes et de nombreuses exploitations, dont les produits s'expédient, soit par le port de Garrucha, soit par les rades foraines des environs. Ils arrivent en France, formant le lest des navires qui chargent des sparteries dans cette partie de l'Espagne qui est le siège de leur fabrication. Tous ces minéraux sont des hématites brunes manganésifères ou *mines douces*, dont plusieurs ont l'inconvénient d'être friables et de se réduire facilement en poussière. On trouve, cependant, sur quelques points des fers spathiques qui ne sont pas encore totalement décomposés. Un de ces gîtes, celui de la concession de la Fraternidad, appartenant à des banquiers de Paris, MM. Pic et C<sup>ie</sup>, a fourni d'importantes quantités à diverses usines, notamment à celles de Corse et des Bouches-du-Rhône ; deux hauts-fourneaux, actuellement éteints et en voie de démolition, avaient même été construits spécialement pour les traiter à Cassis, petit port de mer voisin de Marseille. Voici l'analyse du minéral de la Fraternidad, ainsi que celle

d'un autre mineraï extrait de la concession Prima di Pharaon, à Terreros :

	Fraternidad.	Prima di Pharaon.
Matières volatiles . . . . .	13,30	14,13
Fer à l'état de peroxyde . . . .	46,55	40,15
Fer à l'état de protoxyde . . . .	0,97	0,45
Manganèse métal . . . . .	2,30	4,90
Silice . . . . .	2,05	10,75
Alumine . . . . .	2,55	3,50
Chaux . . . . .	9,75	4,25
Magnésie . . . . .	1,00	0,805
Baryte, cuivre . . . . .	néant.	néant.
Soufre . . . . .	néant.	0,755
Oxygène et pertes . . . . .	20,63	20,290
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,000

La côte d'Espagne peut fournir, comme on le voit, aux usines françaises d'importantes quantités de minerais de choix. Malheureusement, il ne s'est pas trouvé jusqu'à présent beaucoup d'exploitants sérieux dans le pays ; les concessions de mines sont fort peu étendues et disséminées entre les mains d'une foule de petits propriétaires peu aptes par eux-mêmes à organiser une exploitation et à lui trouver des débouchés. De plus, les transports sont souvent coûteux et même difficiles, par suite de la difficulté des embarquements et de la pénurie des navires caboteurs qui seuls peuvent les effectuer. Cependant, c'est la côte d'Espagne qui fournit en majeure partie les excellents minerais bruns qui servent à plusieurs usines pour fabriquer des fontes manganésées grises et miroitantes, et pour corriger les propriétés rouveraines de certains autres minerais indigènes ou étrangers. Les minerais d'Espagne coûtent sur la côte de 10 à 12 fr. la tonne, et leur transport à Marseille coûte de 11 à 12 fr. 50 la tonne.

Il est entré en France, en 1866, environ 250,000 tonnes de minerais provenant d'Algérie, d'Italie et d'Espagne, qui représentent 150,000 tonnes de fonte, soit près du tiers de la production du groupe dont nous nous occupons. Il n'est pas besoin d'autres chiffres pour faire com-

prendre l'importance de ces minerais étrangers dans la métallurgie française ; ils remontent dans le centre jusqu'à Montluçon et Commentry, et dans le nord de la France jusqu'à Anzin.

Nous allons maintenant commencer la revue des principales usines de notre groupe, en disant, à propos de chacune d'elles, quelques mots des minerais indigènes qu'elles consomment. Nous commencerons par le nord du groupe et par la plus importante de toutes ces usines, celle du Creusot, pour redescendre ensuite vers le midi.

#### Usine du Creusot.

L'usine du Creusot, dans l'arrondissement d'Autun et le département de Saône-et-Loire, a été fondée, en 1782, par M. Wendel d'Hayange, commissaire du roi. C'était une fonderie royale établie pour traiter *la mine de fer au coak, suivant la méthode apportée d'Angleterre et mise en pratique par M. Williams Wilkinson*. Il est assez curieux de retrouver en tête de l'histoire des origines du Creusot le nom de la famille Wendel d'Hayange, qui maintenant possède dans la Moselle d'importantes usines, rivales et concurrentes de celles du Creusot. Après bien des vicissitudes, les usines du Creusot arrivèrent, en 1837, dans les mains de MM. Schneider frères. Depuis cette époque, elles n'ont cessé de se développer, et ce n'est que de là que date leur importance. MM. Schneider frères et particulièrement M. Eugène Schneider, resté seul en 1845, doivent être considérés comme les véritables fondateurs des usines que l'on admire aujourd'hui.

Les usines du Creusot comprennent des établissements divers, exploitations de minerais, houillères, hauts-fourneaux, forges, ateliers de construction, chantiers, briqueteries, etc., qui n'occupent pas moins de 120 hectares de terrain et de 19 hectares et demi de bâtiments. Elles occupent en tout près de 10,000 ouvriers et ont vu se

créer autour d'elles une ville de 24,000 habitants. La gare de l'usine dessert un trafic annuel de 1,410,000 tonnes.

Nous ne nous occuperons, pour le moment, que de l'usine à fonte que nous décrirons avec quelques détails, en passant d'abord en revue les matières premières qui alimentent ses 15 hauts-fourneaux. On trouvera, pl. III, fig. 1, la disposition générale de cette usine.

**MINERAIS.** — Le Creusot a employé pendant de longues années une variété assez considérable de minerais de fer de diverses provenances, qui étaient mélangés au minerai de Mazenay ; il avait les minerais riches de l'île d'Elbe et d'Algérie, les minerais calcaires de Laissey (Doubs), de Gennelard, du Berry, de Comté, les minerais siliceux de Saint-Aubin, des Gouttes-Pommier, de Chizeuil (Saône-et-Loire). Mais, depuis quelque temps les mélanges sont devenus moins complexes et l'usine n'emploie plus que quatre et même trois espèces de minerais, ainsi que le montre son exposition.

Le minerai le plus important est l'oolithique à gangue calcaire, extrait du gîte presque inépuisable de Mazenay, situé à 36 kilomètres du Creusot, entre le trias et le calcaire liasique à gryphées arquées. C'est une puissante couche qui a huit kilomètres de longueur sur un kilomètre de large environ et une épaisseur qui atteint maintenant deux mètres. 700 mineurs en extraient, par une foule d'orifices, une quantité annuelle qui dépasse 250,000 tonnes ; l'usine en consomme par jour plus de 700 tonnes. Le gîte est assez riche pour suffire à cette extraction pendant plusieurs siècles.

Le minerai de Mazenay est un hydroxyde à gangue très-calcaire, de couleur rouille et de texture assez uniforme ; il est notablement phosphoreux et sa richesse en fer ne dépasse pas 28 p. 0/0, mais il arrive dans l'usine à un prix très-bas, six francs, dit-on, la tonne rendue sur la terrasse des hauts-fourneaux. Son analyse donne :

Peroxyde de fer . . . . .	41, 98
Oxyde de manganèse. . . . .	0, 34
Silice . . . . .	11, 32
Alumine. . . . .	4, 26
Chaux. . . . .	19, 75
Magnésie . . . . .	0, 80
Perte au feu. . . . .	21, 55
	<hr/>
	100, 00

Le mineraï de Laissey, exploité sur les bords du Doubs, très-calcaire aussi, ne renfermant que 22 à 23 p. 0/0 de fer, mais moins phosphoreux, a longtemps servi pour remplacer celui de Mazenay et introduire, sans doute, un élément calcaire dans des dosages pour fontes de qualité supérieure.

Les minéraux du Berry, et surtout celui de Saint-Florent, jouent encore un rôle important au Creusot. Le mineraï de Saint-Florent est en grains pisolithiques ; il s'extract de terrain tertiaire supérieur au voisinage du calcaire d'eau douce ; il est plutôt argileux que calcaire, même après lavage, et il rend de 38 à 40 p. 0/0. Voici son analyse avec celle d'un autre mineraï du Berry aussi employé au Creusot :

	Saint-Florent (Cher).	Chanteloup.
Eau. . . . .	14, 00	14, 50
Peroxyde de fer . . . . .	62, 00	60, 50
Carbonate de chaux. . . . .	9, 00	10, 00
Argile . . . . .	15, 00	15, 00
	<hr/>	<hr/>
	100, 00	100, 00

Le mineraï siliceux de Saint-Aubin (28 p. 0/0 de fer), celui manganésifère des Gouttes-Pommier (35 p. 0/0 de fer), sont peu employés maintenant, non plus que le mineraï volcanique de Chizeuil (Saône-et-Loire), plus riche en fer (40 p. 0/0 et plus), mais qui renferme malheureusement des pyrites cuivreuses rendant le fer rouverain. Les notices du Corps des Mines indiquent encore quelques autres minéraux, mais qui ne sont plus employés non plus, croyons-nous, au Creusot.

Ce sont les minerais étrangers qui, après celui de Mazenay, jouent au Creusot le rôle le plus important. Naguère, on consommait des quantités importantes de minerai de l'île d'Elbe ; maintenant, l'usine reçoit par an 60,000 tonnes des riches minerais magnétiques de Mokta-el-Hadid. C'est grâce à la richesse et à la pureté exceptionnelles de ceux-ci qu'elle a pu créer les types nouveaux de fontes et de fers, dont nous nous occuperons plus tard.

Comme fondant, le Creusot emploie un calcaire jurassique venant de Mazenay, puis le granit pris au Creusot même et, dans quelques cas spéciaux, le spath fluor extrait à Grury (Saône-et-Loire).

Il est inutile d'ajouter qu'avec ces matières premières, on traite, en outre, dans les hauts-fourneaux les scories des fours à puddler et à réchauffer.

**COKES.** — Les cokes sont fabriqués dans l'usine même. Les charbons anthraciteux que fournit le puits des Moineaux et les charbons demi-gras des autres puits de la houillère du Creusot, sont d'une excellente qualité au point de vue de la puissance calorifique et de la teneur en cendres ; mais ils ne sont pas assez collants pour être carbonisés purs. MM. Schneider et C<sup>e</sup> sont obligés de les mélanger avec des houilles grasses du Treuil (Saint-Étienne). Le mélange employé renferme 50 à 60 p. 0/0 de ces dernières, le reste se composant par parties égales de houille anthraciteuse et de houille demi-grasse.

Les charbons destinés à la carbonisation sont soumis à une préparation mécanique et à un lavage très-soignés. L'atelier où ce travail s'effectue est une des parties les plus intéressantes de l'usine. La dernière opération s'effectue dans un grand trommel où les charbons pulvérisés de diverses provenances arrivent, sont mélangés intimement et humectés avec la quantité d'eau nécessaire pour la carbonisation. Cette quantité d'eau, ainsi que la proportion de houille grasse, est réglée de telle sorte que le charbon, pendant sa carbonisation, ne gonfle pas et ne tende pas au renversement des parois des fours, mais de

façon à ce que, au contraire, il prenne un certain retrait, condition essentielle pour le bon fonctionnement des fours étroits que l'on est obligé d'employer pour la fabrication du coke avec des charbons peu collants.

Les fours à coke sont de deux systèmes différents, chaque système étant employé sur une grande échelle ; mais dans tous les deux, la masse à carboniser est divisée en prismes allongés ayant une de leurs dimensions transversales fort réduite, afin que la pénétration de la chaleur au cœur de la masse puisse se faire rapidement, condition essentielle pour la bonne carbonisation de charbons peu collants, ne fournissant que des matières volatiles peu carburées et peu abondantes. Il faut que la faible quantité d'hydrocarbures riches qui se dégage puisse, en trouvant au cœur même de la masse une température assez élevée pour sa décomposition, y abandonner le graphite ou carbone naissant qui colle entre elles les particules du charbon.

L'usine du Creusot possède 150 fours à coke horizontaux, système Schneider, et 10 fours verticaux, système Appolt.

Les fours horizontaux, dits fours Schneider, sont à parois et sole chauffées par les gaz qui sortent de la chambre du four par des ouvertures latérales. La chambre de carbonisation a la forme d'un prisme horizontal aplati, dressé sur sa tranche, ayant 5<sup>m</sup>, 50 de longueur, 2<sup>m</sup>, 00 de hauteur, 0<sup>m</sup>, 50 d'épaisseur et une capacité de 55 hectolitres environ. On la charge de 3,000 kilog. environ de houille; l'opération du défournement d'une charge et de l'enfournement de la suivante dure six minutes environ. La cuisson se fait en 24 heures et le rendement est de 73 à 75 p. 0/0, de sorte que chaque four fournit par jour près de 2,300 kilog. de coke. Ces fours, bien construits, coûtent seulement 1,000 francs pièce. On les charge au moyen de wagons circulant sur des voies établies au-dessus du massif, et on les défourne mécaniquement à l'aide de machines défourneuses à vapeur d'une

force de 12 chevaux chacune et qui desservent 20 à 30 fours. Le rendement de ces fours ne diffère que de 2 p. 0/0 du rendement au creuset ; la température y est très élevée, si élevée qu'elle échauffe beaucoup le sous-sol et que, il y a quelques années, elle a mis le feu à un banc de schistes houillers sur lequel ils sont fondés. Leur inconvénient est que le coke voisin des portes n'est pas aussi bien cuit que le reste, et que, au défournement, il faut mouiller beaucoup le saumon incandescent, afin de l'empêcher de venir mettre le feu aux saumons voisins précédemment sortis et déjà refroidis. L'appareil de défournement est coûteux ; lorsqu'on veut établir de nouveaux fours, il faut que le nombre en soit considérable, au moins 20, afin de répartir la dépense de la défourneuse sur une production de coke assez grande.

Pour produire par jour 16,000 kilog. de coke avec les fours Schneider, il en faut sept qui occupent sur le sol un espace de 126 mètres carrés, en comprenant pour la défourneuse et pour l'extinction un espace double de celui occupé par la maçonnerie des fours. Avec le système Appolt, un four à 18 cornues, qui produit cette quantité, n'occupe en plan qu'un espace de 80 mètres carrés environ. C'est sans doute cette raison, autant que le petit excédant de rendement (les fours Appolt donnent le rendement du creuset), qui a déterminé MM. Schneider et C<sup>e</sup> à construire une batterie de 10 fours à 18 cornues chacun, application la plus belle et la plus importante faite jusqu'à présent du système de MM. Appolt frères. Les cornues verticales Appolt ont, au Creusot, 5<sup>m</sup> de hauteur, 1<sup>m</sup>,20 sur 0<sup>m</sup>,45 à leur base inférieure dans œuvre, et 1<sup>m</sup>,10 sur 0<sup>m</sup>,30 à leur base supérieure : leur capacité est d'environ 25 hecrolitres. On y charge 1,200 kilog. de houille qui rendent au moins 900 kilog. de gros coke propre au travail des fourneaux, le rendement étant supérieur à 75 p. 0/0 ; la carbonisation se fait en 24 heures. La batterie des fours Appolt est desservie par un monte-charge.

Les fours Appolt sont coûteux ; un massif de 18 cornues coûte de 60,000 à 65,000 francs, terrassements et matériel compris, c'est-à-dire environ 4,000 francs par tonne de coke obtenue dans les 24 heures. Les fours Schneider coûtent moins de 500 francs par tonne de coke obtenue ainsi, mais il faut y ajouter le prix des terrassements, de l'appareil de défournement et des voies ferrées nécessaires.

Avec ses 150 fours Schneider et ses 180 cornues Appolt, le Creusot pourrait fabriquer quotidiennement 500 tonnes de coke métallurgique. Ce coke est de belle qualité, dur, peu friable, et il ne renferme que 10 à 12 pour 0/0 de cendres, proportion considérée comme très-avantageuse en France, où les cokes à 6 p. 0/0 de cendres, comme ceux du nord de l'Angleterre, sont une rareté coûteuse.

**HAUTS-FOURNEAUX.** — Le Creusot comptera 17 hauts-fourneaux, lorsque les travaux d'établissement entrepris seront terminés ; il n'en possède actuellement que 15. Les quatre plus anciens, à tour carrée pyramidale, se trouvent en retour d'équerre sur la longue rangée que forment les 11 autres ; parmi ces derniers se trouvent cinq fourneaux à tour carrée toute en maçonnerie et six fourneaux, de construction plus récente, de forme circulaire avec double colonnade en fonte. La pl. II, fig. 2, donne le dessin de l'un de ces fourneaux. On remarquera que la maçonnerie rouge repose sur un cercle en fonte formé de deux cours de maratres courbes assemblées par une frette extérieure ; ce cercle n'est point d'une seule largeur, afin d'éviter qu'il ait chance de casser par suite des dilatations différentes à l'intérieur et à l'extérieur. La maçonnerie réfractaire repose sur un cercle semblable. L'emploi d'une double colonnade exige des fondations très-solides : ici le fourneau se trouve un peu en encorbellement sur les colonnes, et les tassements inégaux doivent être empêchés complètement.

Les hauts-fourneaux sont à demi-adossés à une terrasse qu'ils dépassent de 6 mètres environ, et sur laquelle

se trouvent les fours à coke et les estacades à minerais. Les locomotives amènent les wagons du chemin de fer jusque sur cette terrasse ; on les vide dans 40 fosses analogues à celles des gares de chemins de fer, et les minerais s'y trouvent séparés et classés suivant leur provenance.

La différence de hauteur entre la plate-forme des fourneaux et la terrasse est rachetée, pour les anciens fourneaux, au moyen de monte-charges à vapeur, à action directe (le piston porte une plate-forme où l'on charge les wagons), qui ont 4 mètres de course et qui servent pour deux fourneaux (il y en a cinq) ; pour les nouveaux fourneaux, au moyen de monte-charges pneumatiques, du système à cloche de gazomètre, qui ont 6 mètres de course. Ces derniers, — il y en a un par fourneau et cinq en tout pour le moment, — ont une plate-forme carrée, guidée par les quatre angles, et munie de deux contre-poids, s'élevant dans une charpente en bois ; la cloche fonctionne dans un puits formé de deux épaisseurs de maçonnerie de briques séparées par un intervalle rempli de goudron et qui est parfaitement étanche. Avec du vent à la pression de 13 ou 14 centimètres de mercure, on soulève un wagon de 840 kilogrammes, renfermant 2,500 kilogrammes de minerais et de castine (1).

Les minerais, cassés à la grosseur convenable, sont dosés au moyen de petites brouettes rectangulaires en tôle à deux roues, qui contiennent environ 200 kilogrammes et qu'on a préalablement tarées à la romaine pour les diverses sortes de minerais. Avec ces brouettes, des femmes remplissent les wagons de chargement qui sont circulaires, à portes de fond battantes et qui contiennent une charge de minerais ou une charge de coke complète ; leur diamètre pour les nouveaux fourneaux est environ 2<sup>m</sup>,00. Ils sont élevés au niveau des gueulards par les monte-charges pneumatiques.

Les gueulards des hauts-fourneaux étaient naguère

(1) Voir S. Jordan : *Album du Cours de Métallurgie*.

encore tous munis de trémies coniques et de couvercles à fermeture hydraulique, comme celui qu'indique la fig. 2 de la pl. II. Mais, avec les grands diamètres de gueulards adoptés pour les nouveaux fourneaux, on s'est bientôt trouvé gêné par les grandes dimensions et le poids considérable du couvercle, qui étaient cause d'un retard dans l'opération du chargement. On a essayé à l'un d'eux une prise de gaz centrale (1), plus ou moins semblable à celle brevetée par M. Minary; les essais, paraît-il, n'ont pas été satisfaisants, puisque l'appareil, assez rapidement usé, n'a pas été remplacé, et que le même fourneau a servi à l'essai du système *cup and cone*, maintenant adopté pour toute l'usine, et qui sera successivement appliqué à tous les fourneaux, à en juger par les dessins exposés dans le pavillon du Creusot. On connaît ce système dont je dirai, cependant, quelques mots dans une autre occasion; il a été modifié au Creusot, seulement de manière à permettre l'emploi des wagons circulaires à charge complète. Ce système a pour l'un de ses avantages principaux celui de permettre une rapide introduction de la charge dans le fourneau et la réduction au minimum de la durée de l'ouverture du gueulard. Il effectue, en outre, le chargement vers la circonférence. Les gaz s'échappent par des prises latérales très-rapprochées du gueulard. On tient au Creusot à ce que les fourneaux restent ouverts le moins longtemps possible pour faire la charge, parce que les gaz qui en proviennent doivent, non-seulement suffire à la production de vapeur nécessaire aux machines soufflantes et au chauffage du vent, mais fournir encore de la vapeur pour des usages étrangers à l'usine à fonte.

Le vide intérieur des hauts-fourneaux neufs mesure, creuset et ouvrage compris, environ 159 mètres cubes. On y remarquera la pente rapide des étalages, dont l'angle avec l'ouvrage est très-obtus. Ce profil a été adopté aussi pour les anciens fourneaux, sauf la différence de hauteur totale.

---

(1) Voir Percy-Petitgand-Ronna, tome III.

Les ouvrages sont soufflés à trois tuyères, sauf dans deux anciens fourneaux qui n'ont que deux tuyères. Les porte-vents présentent des dispositions qui permettent de les incliner au moyen d'un joint à rotule et d'en faire varier la longueur à l'aide d'un joint télescopique (1).

**SOUFFLERIE.** — L'usine du Creusot présente actuellement sept machines soufflantes, savoir : trois machines horizontales anciennes et quatre machines verticales nouvelles.

Les types actuels sont relativement récents ; on trouve dans les ouvrages de métallurgie (Gruner et Lan, Petit-gand et Ronna), les résultats d'expériences faites au Creusot pour comparer l'effet utile des machines à balancier et à clapets à l'effet utile des machines horizontales à tiroirs. Il y a eu autrefois au Creusot des machines à tiroirs qui ont donné peu de satisfaction et qui y ont amené la condamnation de ce système. Pour apprécier si cette condamnation doit avoir un effet général pour le choix d'une soufflerie, il faudrait savoir si les machines à tiroirs du Creusot appartenaient à un bon type et avaient été construites avec le soin que l'on trouve dans diverses machines de ce système employées ailleurs. Nous avons quelques raisons de croire le contraire et nous n'admettons point les résultats des expériences du Creusot comme une condamnation du système à tiroirs.

Le Creusot, du reste, a abandonné aussi les machines à balancier à clapets.

Les trois machines horizontales sont à clapets et à assez grande vitesse ; leur force est de 50 chevaux chacune.

Les machines verticales, réunies au nombre de 4 dans un pavillon monumental, dont nous donnons le dessin pl. IV, présentent un ensemble tout à fait imposant ; on peut en avoir une idée par les belles planches lavées qui figurent dans l'exposition du Creusot. Les 4 cylindres soufflants se trouvent au rez-de-chaussée du bâtiment, les

---

(1) Voir S. Jordan : *Album de Métallurgie*, pl. 26.

cylindres-vapeurs au 1<sup>er</sup> étage, et les volants tournent dans des paliers situés au 2<sup>e</sup> étage. Nous donnons le dessin d'une de ces machines (pl. V).

Leurs dimensions principales sont les suivantes (1) :

Diamètre du cylindre soufflant . . . . .	2,73
Diamètre du cylindre-vapeur. . . . .	1,20
Course. . . . .	2,00
Pression de la vapeur . . . . .	5 à 5 1/4 atmosph.
Admission de vapeur . . . . .	1/4 de course.
Nombre de tours par minute . . . . .	15
Pression du vent dans la chambre des machines . . . . .	16 cent. mercure.
Volume d'une cylindrée. . . . .	44 <sup>me</sup> 86.
Force nominale d'une machine . . . . .	175 chevaux.

Les 4 machines, baptisées des noms significatifs de Si-moun, Sirocco, Mistral, Ouragan, sont d'une exécution remarquable. Les cylindres à vapeur sont munis d'une distribution à 4 soupapes équilibrées, effectuant la détente ; mais il n'y a point de condenseurs. Les cylindres soufflants sont à petits clapets, ajustés sur des fonds plats, percés à jour comme une grille, de façon que les espaces nuisibles soient aussi petits que possible. Le bâti porte un compteur de tours avec horloge, qui ne fonctionne que lorsque la machine est en marche. Le volant porte un contre-poids permettant de détendre et équilibrant le poids des pistons et de la tige. Le rendement en vent est 0,90 du volume engendré. L'installation du bâti, des galeries et des escaliers en fer, qui conduisent aux divers étages de la machine, est élégante et soignée. Malheureusement, selon nous, ces machines présentent un défaut de principe, c'est la disposition du cylindre vapeur au-dessus du cylindre soufflant, et du volant qui est encore plus haut à 13<sup>m</sup>,50, au-dessus de la plaque de fondation. Cette énorme hauteur et la forte masse du volant (40,000 kilogrammes), donnent à

---

(1) Remarquons, en passant, que celles indiquées dans l'appendice du *Traité de Métallurgie* du Dr Percy ne sont point exactes.

l'appareil une instabilité assez grande pour qu'on ne puisse lui imprimer sans danger une vitesse plus grande que celle que nous avons dite, 15 tours par minute, soit 0<sup>m</sup>,50 par seconde, comme semblent le prouver quelques accidents survenus depuis la mise en train. On perd ainsi un des principaux avantages des machines à action directe.

Les quatre machines, en marchant à 15 tours, suffisent pour souffler 12 hauts-fourneaux qui reçoivent chacun 100 mètres cubes par minute d'air ramené à 0° et 0<sup>m</sup>,76 de pression.

Dans le plan général de l'usine, sont encore projetées deux machines semblables qui, établies à l'extrémité de la rangée des hauts-fourneaux, souffleront les nouveaux fourneaux projetés et six feux de finerie.

Les machines soufflantes alimentent un régulateur en tôle ayant environ 27 mètres de longueur et 3 mètres de diamètre qui fournit, au moyen de deux conduites maîtresses et de tubulures, le vent nécessaire aux hauts-fourneaux et aux appareils à air chaud.

La vapeur nécessaire pour la marche de la soufflerie est produite par 24 chaudières installées dans deux bâtiments situés de part et d'autre du pavillon des machines verticales. Ces chaudières sont à corps cylindriques de 1<sup>m</sup>,15 de diamètre et de 12<sup>m</sup>,00 de longueur environ, avec un bouilleur de 0<sup>m</sup>,80 de diamètre et de 11<sup>m</sup>,50 de longueur. Leur surface de chauffe totale est de 1,152 mètres carrés, ce qui correspond, en comptant comme on fait au Creusot 1 1/3 mètre carré par force de cheval, à une force de 864 chevaux, soit 36 chevaux par chaudière. Ces générateurs sont disposés par groupe de trois; ils sont chauffés par les gaz des hauts-fourneaux qui arrivent dans le foyer en lame, au-dessus de la grille; ils circulent d'abord en un seul courant sous le corps principal, puis, arrivés à l'extrémité du fourneau, ils descendent dans un second carreau entourant le bouilleur, après avoir reçu dans la descente une injection d'air non brûlé qui s'est chauffé dans une longue fente pratiquée dans l'épaisseur

de la maçonnerie. Les gaz brûlés s'échappent en dessous et en tête du fourneau, pour se rendre dans une cheminée commune aux 24 chaudières, véritable monument qui a 80 mètres de hauteur et 3<sup>m</sup>,10 de diamètre au sommet. Un groupe de 3 chaudières doit être constamment arrêté et prêt à parer aux accidents, réparations et nettoyages. 21 chaudières suffisent pour la marche normale des quatre souffleries verticales.

Les gaz des hauts-fourneaux se rendent depuis chacun des gueulards dans un gros tuyau collecteur, ayant deux mètres de diamètre, placé tout le long de la corniche du mur d'adossement; ce tuyau est muni de soupapes de sûreté et de caisses à poussière avec fermeture hydraulique. Les explosions de gaz sont assez fréquentes à cause du nombre des fourneaux et toutes les précautions sont prises pour qu'elles ne soient point dangereuses ou destructives. Les conduits qui fournissent le gaz aux chaudières à vapeur, ainsi que ceux des appareils à chauffer l'air, sont branchés sur ce tuyau collecteur. Ces gaz suffisent pour toute la soufflerie et servent encore à produire de la vapeur pour les machines de divers autres services, sans consommation appréciable de charbon sur les grilles.

Les appareils à air chaud employés au Creusot sont tous maintenant du système anglais, dit à pistolets (1); il y en a 24, c'est-à-dire 1 1/2 par fourneau, et comme chaque appareil présente environ 125 mètres carrés de surface de chauffe, il en résulte qu'il y a environ 180 mètres carrés de surface de chauffe par fourneau à trois tuyères. Il n'y a que 125 mètres pour certains fourneaux qui n'ont que deux tuyères. Le vent peut être chauffé à 400° centigrades; mais, en moyenne, la température ne dépasse guère 340°. La perte de pression que le vent subit en allant de la soufflerie au fourneau et en travers-

---

(1) Voir S. Jordan : *Album du Cours de Métallurgie de l'École centrale.*

sant un de ces appareils est évaluée à un centimètre de mercure environ.

On avait autrefois au Creusot des appareils à tuyaux horizontaux, aboutissant dans des boîtes terminales remplaçant les coudes ordinairement employés; c'était une modification apportée par Bourdon au système ordinaire, dit de Wasseralfingen. J'ai vu démolir, en 1863, les deux derniers de ces appareils qui avaient l'inconvénient de chauffer assez mal et d'être sujets à de fréquentes fuites de vent. On est, au contraire, très-satisfait des appareils actuels, dont les pistolets, placés verticalement, chauffent beaucoup mieux le vent, et où les fuites sont très-rares, puisque aucun mouvement de dilatation et de contraction ne vient tendre à défaire les joints. Les appareils doivent seulement être placés aussi près que possible des fourneaux, afin que le vent ne se refroidisse point dans le trajet entre l'appareil et les tuyères; il faut même envelopper les portions des tuyaux de vent qui se trouvent à découvert pour éviter toute perte de calorique.

FABRICATION DE LA FONTE. — Nous avons indiqué le profil et la construction des nouveaux hauts-fourneaux. Nous ajouterons que la sole, composée de cinq rangs de briques superposées, a 0<sup>m</sup>,75 d'épaisseur, et repose sur une couche de 0<sup>m</sup>,70 de sable fin réfractaire fortement pilonné. On a renoncé à l'emploi des grès réfractaires qui présentaient l'inconvénient d'éclater, de se dilater au feu et de se ronger dans un temps assez court. Les parois du creuset, aussi en briques réfractaires, ont l'énorme épaisseur de 1<sup>m</sup>,85, de sorte qu'elles peuvent être rongées et que le creuset peut doubler et tripler de capacité avant que le feu se fasse jour au dehors. On ne peut, du reste, avec une épaisseur aussi considérable, agir extérieurement par un refroidissement artificiel pour empêcher la corrosion. Nous croyons qu'une épaisseur de parois plus faible permettrait mieux de maintenir la forme de l'ouvrage et ses dimensions, ce qui a son importance pour la bonne marche de l'appareil.

La mise en feu des fourneaux se fait, ou plutôt se faisait, il y a peu de temps encore, au Creusot, par l'ancien système qui consiste à remplir tout l'appareil de coke et à y mettre le feu au moyen de bois, fagots ou copeaux, qui occupent environ 3 mètres de hauteur, depuis la sole. On ne met la 1<sup>re</sup> charge de minerai que lorsque la flamme a commencé à percer au gueulard, ce qui arrive généralement le 3<sup>e</sup> ou le 4<sup>e</sup> jour, c'est-à-dire après 3 ou 4 grillages espacés de 24 heures. Dans les nouveaux fourneaux, on fait environ 90 charges et 65 ou 70 grilles avant de mettre le vent. La charge de coke, pendant ce temps, est d'environ 400 kilogrammes ; la mise en feu dure 20 à 25 jours, c'est-à-dire assez longtemps, et elle est coûteuse, comme on voit ; mais ce système manque rarement.

La charge normale de coke employée au Creusot est de 800 à 850 kilog. aux nouveaux fourneaux. La charge de minerai est très-variable avec la nature des mélanges et, par suite, celle de la fonte qu'on veut obtenir. Quand on traite du minerai de Mazenay à peu près pur, la charge est de 2,400 kilogrammes environ pour 830 kilogrammes de coke. On fabriquait, il y a peu d'années encore, au Creusot, des fontes comme celles que l'on obtient dans toutes les usines ; on y retrouvait, aussi bien dans celles de moulage que dans celles d'affinage, les défauts provenant de la nature du minerai oolithique. Mais MM. Schneider et C<sup>ie</sup> travaillaient activement à améliorer leurs produits par l'addition de minerais supérieurs. En 1864, ils fabriquaient déjà quatre sortes, ou plutôt quatre qualités de fonte, indépendantes de la couleur ou du grain, et qu'ils appelaient : fonte à rails, fonte à fer marchand, fonte à fer amélioré, fonte supérieure.

Dans la fabrication de la première dominait le minerai de Mazenay ; pour la dernière, on employait le minerai de Bône en forte proportion.

MM. Schneider ont continué à marcher dans cette voie, à spécialiser leurs variétés de fonte suivant les usages du fer qui doit en provenir, et on les voit arriver à l'Expo-

sition de 1867 avec sept qualités de fontes d'affinage et deux qualités de fontes de moulage.

La fonte d'affinage n° 1 est destinée au fer à rails ; la qualité n° 2 aux fers ordinaires. La qualité n° 6 est une fonte supérieure, équivalant aux fontes au bois des meilleures marques. Enfin, la qualité n° 7, qui est blanche, mouchetée de géodes de graphite, et fabriquée avec le minerai de Mokta-el-Hadid pur, dit-on, est tout à fait exceptionnelle et fournit des fers extra.

Les fontes de moulage ordinaires du Creusot présentent les grains ou couleurs n°s 1, 2 et 3 ; elles sont très-liquides, ne donnent ni soufflures, ni retassures dans le moule ; elles se polissent bien, présentent une résistance satisfaisante et peuvent se mélanger avec une forte proportion de bocages. Elles ont servi à fabriquer toutes les pièces de machines moulées que l'on voit dans l'exposition du Creusot.

Enfin, le Creusot fabrique une fonte de fonderie pour usages spéciaux, tels que cylindres de laminoirs, presses, canons, etc., qui se recommande surtout par sa grande résistance, double environ de celle des fontes de moulage ordinaire. Il est fâcheux qu'aucun résultat d'expérience sur la ténacité de cette fonte ne soit joint aux gueusets.

Le Creusot n'a malheureusement pas accompagné l'exposition de ses fontes de celle des laitiers correspondants, et on ne peut pas en déduire des renseignements utiles pour l'avancement de la sidérurgie. Le traitement des riches minerais de Mokta lui a présenté des difficultés qui n'ont pas été surmontées sans mécomptes et sans dépenses ; aussi se garde-t-il de publier les procédés acquis par de coûteuses expériences, et se contente-t-il d'en présenter les remarquables résultats. Ne pouvant donc donner au lecteur des renseignements bien précis sur les roulements, nous sommes forcé de nous borner à quelques généralités.

Les hauts-fourneaux du Creusot sont soufflés par trois buses, dont le diamètre varie depuis 75 millimètres jusqu'à

120 millimètres, la dimension moyenne la plus usitée étant 100 millimètres, au moins, pour les tuyères de costières, celle de rustine étant moins grande. La pression du vent au fourneau est environ 12 centimètres de mercure et la température 300 à 340° centigrades.

La richesse des lits de fusion (minerais et fondants) varie depuis 28 pour 0/0 jusqu'à 50 pour 0/0 et plus, suivant la proportion de minerai riche de Mokta qui y entre.

Un lit de fusion préparé avec celui-ci seul, accompagné des fondants reconnus nécessaires (castine et granit) a une richesse de 50 pour 0/0 environ pour l'obtention de fontes grises de qualité supérieure. Il faut se garder de traiter le minerai de Mokta avec un dosage trop fusible, car on obtient alors une fonte où ont passé les impuretés du combustible et dont la qualité n'est nullement en rapport avec celle du minerai. Le minerai de Mokta, comme tous les minerais magnétiques ou oxydulés du reste, exige l'emploi d'un dosage très-réfractaire, si l'on veut effectuer complètement la réduction, et obtenir une fonte pure, très-chargée en carbone. Le minerai de Mazenay, même en mélange, fournit toujours des fontes plus ou moins phosphoreuses : on a essayé, dit-on, avec un certain succès, pour y remédier, l'emploi d'une certaine proportion (1 pour 0/0 environ) de spath-fluor dans la charge. Ce minerai, comme ceux du Berry et de Franche-Comté, se prête peu à l'obtention d'une fonte bonne pour le procédé Bessemer ; c'est probablement une des raisons qui ont empêché jusqu'à présent MM. Schneider et C<sup>e</sup> d'installer ce procédé dans leurs usines.

La production journalière d'un haut-fourneau était 22 à 25 tonnes de fonte avec les anciens ; elle est maintenant de 28 à 30 tonnes avec les nouveaux fourneaux. On fait trois coulées en 24 heures dans des moules en sable.

Les laitiers sont amenés par une rigole sur une surface en sable un peu inclinée, où se trouvent des barres de fer tordues terminées par un crochet. Le laitier emprisonne ces barres en se solidifiant ; quand il s'est ainsi formé une

masse vitreuse de 1 mètre carré de superficie, sur 20 centimètres environ d'épaisseur, on passe une chaîne au crocheton et on la tire dans la petite cour qui se trouve entre chacun des bâtiments qui servent à la coulée de la fonte. Aussitôt refroidie, elle est brisée et chargée dans des wagons qui l'emportent au remblai. Les laitiers provenant d'un mélange où domine le minerai de Mokta ont une couleur jaune-olivâtre qui indique la présence du manganèse ; ceux où entre du granit ont un aspect qui rappelle celui des laitiers de fourneaux au charbon de bois, grâce à la présence de la potasse. Voici les analyses de deux laitiers du Creusot :

	Fonte grise de moulage.	Fonte grise supérieure.
Silice . . . . .	35,40	39,25
Alumine. . . . .	21,10	12,50
Chaux . . . . .	40,10	38,00
Magnésie . . . . .	2,10	4,60
Potasse . . . . .	*	3,41
Oxyde de manganèse. . . . .	*	5,02
Soufre. . . . .	0,70	0,98
Protoxyde de fer. . . . .	0,60	*
	100,00	100,76
(De la formule	$S^{47} B^{56}$	$S^{20} B^{19}$

Les quantités de laitiers sont assez variables ; pour les lits de fusion relativement pauvres où entre une forte proportion de minerai de Mazenay, on a jusqu'à 2,000 kilog. de laitier par 1,000 kilog. de fonte ; tandis qu'avec les mélanges où entre le minerai de Mokta comme élément dominant, on peut n'obtenir que 575 kilog. environ de laitier par tonne de fonte.

La consommation du coke par tonne de fonte est aussi très-variable, suivant la nature de fonte que l'on fabrique et suivant la composition des charges. Elle variait de 1,050 à 1,300 kilog. avec les mélanges usuels pour aller de la fonte blanche à rails à la fonte grise de moulage. D'après des bruits en circulation, elle descendrait même à des chiffres voisins de 1,000 kilog. pour la fonte grise obtenue avec les minerais d'Afrique ; mais, malgré la

richesse de ces minerais et la haute température du vent, nous avons peine à croire à une économie aussi grande.

La consommation de vent est d'environ 5 mètres cubes par kilog. de coke ; avec 100 mètres cubes d'air par minute, on produisait dans un haut-fourneau 19 kilog. de fonte blanche par minute, soit, par journée de 24 heures, 25,400 kilog.

Cette production est assez faible relativement à celles de 30 à 35 tonnes que d'autres usines obtiennent avec des fourneaux plus petits et des lits de fusion analogues.

Les ingénieurs du Creusot suivent avec un soin méticuleux toutes les circonstances dont dépend l'allure des fourneaux : variations de composition des minerais, pesage des charges, variations de la pression et de la température du vent. Un laboratoire soigneusement installé permet aux chimistes de l'établissement d'analyser leurs minerais, leurs fontes, leurs laitiers, et même les gaz des hauts-fourneaux et des fours à coke. L'exposition du Creusot comprend trois appareils qui, sans avoir rien de bien nouveau en eux-mêmes, prouvent avec quel soin les recherches chimiques sont conduites.

L'un, destiné au dosage du fer dans un certain nombre d'échantillons à la fois, permet par sa disposition de refroidir dans une atmosphère d'acide carbonique, à l'abri de l'air, par conséquent, les liqueurs contenant le fer au minimum d'oxydation, pour doser ensuite ce métal par le procédé Margueritte.

Un second appareil, destiné à la recherche du carbone total contenu dans la fonte, est un tube à combustion où la fonte, réduite en poudre fine, est mélangée avec de l'oxyde de cuivre et de l'amiant, ayant pour but d'empêcher la déformation du tube au rouge. Un courant d'oxygène produit avec du chlorate de potasse, balaie l'acide carbonique formé qui se condense dans les tubes à absorption. La méthode appartient, par son principe, à M. Regnault.

Le troisième appareil, construit pour les analyses élé-

mentaires du gaz de houille, permet de doser l'oxygène libre, l'hydrogène, l'oxyde de carbone et l'acide carbonique. Je m'arrêterai ici pour ce qui concerne la fabrication de la fonte au Creusot ; j'aurai à revenir plus tard sur cette magnifique usine, à propos de la fabrication du fer. J'ajouterai seulement que le service des hauts-fourneaux y occupe 750 ouvriers, et que la production de fonte s'est élevée, en 1866, à 115,000 tonnes environ.

Les tableaux exposés indiquent 130,000 tonnes comme chiffre de la production annuelle ; mais avec les 17 hauts-fourneaux, il serait facile à MM. Schneider et C<sup>e</sup> de dépasser ce tonnage et de fabriquer 160,000 tonnes au moins.

#### **Usine de MM. de la Rochette et C<sup>e</sup>, à Givors.**

Cette usine est loin de pouvoir être comparée, pour son importance, au colossal établissement dont nous venons de parler ; mais elle a l'honneur d'avoir été, sous l'ancienne gérance de MM. Prenat et C<sup>e</sup>, la première usine continentale française, qui ait introduit dans ses lits de fusion pour les enrichir, des minéraux de provenance méditerranéenne (île d'Elbe), et d'avoir ainsi ouvert une voie où sont entrées maintenant toutes les grandes usines françaises.

Actuellement, elle comprend deux hauts-fourneaux, dont l'un fabrique ordinairement des fontes de moulage pour la première ou la deuxième fusion, et dont l'autre fabrique des fontes d'affinage de diverses qualités.

Elle prend son approvisionnement de minéraux, à en juger par son exposition, à des provenances assez diverses, que nous indiquerons rapidement :

L'hémataïte rouge de Veyras est fournie par le département de l'Ardèche (nous en parlerons ultérieurement).

Le minéral oolithique de Villebois est fourni par le département de l'Ain. Il est un peu phosphoreux et sa teneur en fer atteint 26 et 27 p. 0/0. Voici son analyse d'après M. Janoyer (*Annales des Mines*) :

Eau . . . . .	42,60
Carbonate de chaux . . . . .	18,00
Argile . . . . .	34,40
Peroxyde de fer. . . . .	34,80
Acide phosphorique . . . . .	<u>0,20</u>
	100,00

Le minerai oolithique de Souvance, près Laissey (24 à 25 p. 0/0 de fer), vient du Doubs.

Le département de l'Isère fournit le minerai oolithique de Serrières ou Saint-Quentin, qui est assez analogue à celui de Villebois, également un peu phosphoreux, contenant 24 à 25 p. 0/0 de fer, à gangue calcaire et coûtant environ 12 francs la tonne rendue, et le minerai spathique de Vizille, de couleur jaunâtre, qui arrive cru à l'usine, rend environ 28  $\frac{1}{2}$  p. 0/0 de fer et coûte 24<sup>f</sup>,50 la tonne rendue (1).

A ces sortes indigènes, l'usine de Givors associe les divers minerais méditerranéens dont nous avons parlé plus haut, notamment ceux de l'île d'Elbe et d'Afrique, pour la fabrication des fontes d'affinage de qualité supérieure, et un minerai de fer et de manganèse venant de la Spezzia (Italie). Elle emploie, comme fondant, des calcaires bajociens du département de l'Ain.

Les cokes sont fabriqués dans l'usine même avec des charbons de Rive-de-Gier (Loire), qui sont broyés préalablement. Il y a 40 fours à coke en deux rangées parallèles ; ces fours sont prismatiques, à sole et parois chauffées et à deux portes. Le défournement mécanique a été employé dans l'usine il y a très-longtemps, peut-être avant qu'il l'eût été dans d'autres ateliers de carbonisation français : le treuil repoussoir, porté par un chariot, se meut parallèlement à la rangée des fours, et il est commandé à distance au moyen d'un câble sans fin actionné par une machine à vapeur. Nous avons vu fonctionner cet appareil en 1854 déjà.

---

(1) Ces prix de revient sont puisés dans le catalogue de la collection des ingénieurs des Mines.

Les hauts-fourneaux, au nombre de deux, sont de construction ancienne ; mais les profils sont récents et d'un type sans étalages analogue à celui des hauts-fourneaux au charbon de bois employés en Corse. Ils sont soufflés chacun par deux tuyères placées d'une façon divergente, et tous les deux munis de prises de gaz centrales. (Voir *Bulletin de l'industrie minérale*.)

Deux soufflantes, l'une ancienne à balancier, l'autre plus récente, horizontale à deux cylindres, fournissent le vent nécessaire. Il est chauffé par des appareils à air chaud au nombre de trois par fourneau, un pour chacune des deux tuyères et un de rechange. Ces appareils, pour l'un des fourneaux, sont du type à pistolets ; pour l'autre fourneau, ils appartiennent à un type imaginé par MM. de la Rochette. Chaque appareil se compose d'une bâche longitudinale cloisonnée, encastrée dans la maçonnerie au-dessous de la chambre de combustion des gaz, et de 20 tuyaux de chauffe verticaux cloisonnés, ayant une section horizontale elliptique et en élévation la forme d'un T, dont les extrémités du croisillon sont fermées par des tampons lutés. Avec cette forme, plus facile, disent-ils, à mouler et à couler mince, les inventeurs espèrent un renouvellement plus certain des veines d'air en contact avec le métal chauffé, qu'avec les appareils à pistolets usités au Creusot, à Hayange, à Maubeuge ou avec les appareils à mouffles droites employés à Bessèges, à Fraisans et à Rans. Chaque appareil présente, avec 20 tuyaux, 55 mètres carrés de surface de chauffe et dessert une tuyère fournitssant 40 à 50 mètres cubes de vent par minute ; ce vent est chauffé à 300° au minimum, sa pression variant de 12 à 14 centimètres de mercure.

L'installation d'un appareil spécial pour chaque tuyère présente, suivant nous, l'inconvénient de permettre des inégalités de température pour ces deux tuyères et, par suite, des irrégularités dans la combustion et dans la descente des matières ; on y voit, d'autre part, l'avantage de permettre le rapprochement des appareils des tuyères

de façon à réduire à un minimum la perte de température toujours trop considérable (50° à 70° suivant la saison) entre l'appareil et la buse.

La vapeur nécessaire aux soufflantes et aux appareils ci-dessus est fournie par la combustion des gaz des hauts-fourneaux. Ceux-ci sont desservis au moyen de deux monte-charges hydrauliques à balance d'eau, du système employé depuis plus de 25 années dans les usines métallurgiques, et dont un jeune ingénieur, M. Edoux, a fait une heureuse application au montage des matériaux pour les constructions parisiennes.

On emploie à Givors, pour la mise en feu des hauts-fourneaux, une méthode beaucoup plus rapide et plus économique que celle usitée au Creusot. Après avoir rempli le creuset de fagots, recouverts de quelques grosses bûches de bois, on ajoute 1  $\frac{1}{2}$  ou 2 mètres de coke, puis une couche de castine, une couche mince de coke, puis on commence les lits réguliers de minerai et de castine, en prenant une charge de coke d'environ un tiers plus forte que la charge normale (celle-ci est de 1,000 kilog).

Le lit de fusion est calculé de façon à donner un laitier fusible, et on ajoute même un peu de laitiers choisis renfermant des grenailles de fonte. Quand le fourneau est rempli jusqu'au gueulard, on met le feu par devant, et on ferme soigneusement l'avant-creuset et les tuyères, en ouvrant le couvercle ; le feu couve d'abord, puis finit par monter jusqu'au coke ; quand il a dépassé les tuyères depuis six heures, on donne un peu de vent et on débouche l'avant-creuset en fermant le fourneau. Quand le minerai arrive rouge en bas, on donne tout le vent. La première coulée est mauvaise et pénible ; pendant trois ou quatre jours, on fabrique de la fonte blanche un peu froide et il faut travailler le creuset. Mais bientôt la température s'élève et le fourneau se trouve en bonne marche.

Les fourneaux de Givors produisent chacun 25 à 27 tonnes de fonte grise par 24 heures, le rendement moyen des minerais étant environ 50 p. 0/0, et la consommation

de coke, comme dans la plupart des usines de ce groupe, étant de 1,300 à 1,400 kilog. par tonne de fonte. Ils produisent des fontes de moulage qui sont employées dans l'usine même pour une fabrication importante de fontes d'ornement, de tuyaux et de pièces mécaniques, des fontes blanches et truitées pour le puddlage, des fontes à Bessemer et des fontes grises pour l'affinage au bas foyer. Leur exposition présente des spécimens de chacune de ces variétés.

**Usines de MM. Harel et C<sup>ie</sup>.**

MM. Harel et C<sup>ie</sup>, maîtres de forges, qui ont des usines à Vienne et à Givors, exposent aussi la série des fontes qu'ils produisent et celle des minéraux qui leur servent à les fabriquer. Nous retrouvons parmi ceux-ci les minéraux d'Algérie, d'Espagne, de l'île d'Elbe, de Vizille (Isère), de Saint-Quentin (Isère), de Souvance (Doubs), puis des minéraux des Pyrénées et, enfin, de la Caunette (Aude).

Ces derniers proviennent d'une mine exploitée dans les terrains de transition par M. Braun, l'ingénieur en chef bien connu de la Société de la Vieille Montagne, à la Caunette, au pied de la montagne Noire. Ce sont des hématites brunes, assez pures, d'une richesse de 45 à 50 p. 0/0 et qui coûtent 13 francs la tonne en gare à Carcassonne (d'après la notice des ingénieurs des Mines). L'analyse suivante donnera une idée de leur composition :

Eau et acide carbonique . . . . .	{	33,03
Oxygène et pertes. . . . .		
Fer métallique . . . . .		46,40
Manganèse métallique . . . . .		0,42
Cuivre et zinc . . . . .		traces
Chaux . . . . .		0,45
Magnésie . . . . .		traces
Silice et gangues insolubles. . . . .		19,70
Soufre et phosphore . . . . .		traces
		400,00

A l'usine de la Gare, à Givors, MM. Harel et C<sup>ie</sup> ont deux hauts-fourneaux, construits en briques, à tour tronc co-

nique depuis la base ; leur capacité intérieure est d'environ 120 mètres cubes ; ils sont soufflés chacun par trois tuyères, et le service des charges est fait par une balance d'eau.

Deux soufflantes alimentent les buses ; l'air se chauffe pour chaque fourneau dans deux appareils à tuyaux horizontaux formant pour chacun un quadruple serpentin ; dans le même massif se trouve un 3<sup>e</sup> appareil de secours. Les gaz des fourneaux sont recueillis au moyen d'une fermeture *cup and cone*, et servent pour les chaudières des soufflantes et pour les appareils à air chaud.

Ces hauts-fourneaux produisent 650 à 700 tonnes de fonte blanche d'affinage par mois, avec des lits de fusion qui rendent environ 30 p. 0/0 de fer et qui comprennent ordinairement une certaine quantité de scories de puddlage. Ils fabriquent aussi des fontes d'affinage supérieures grises et spéculaires, et en ont exposé une série dans le Palais du Champ-de-Mars.

#### **Usine de Chasse, près Givors.**

Cette usine se trouve en face de Givors, de l'autre côté du Rhône ; elle compte deux hauts-fourneaux, dont un seul est en feu. Elle traite des minerais de la Mélboudja (Afrique) mélangés avec des minerais d'Espagne et des minerais indigènes. Ce haut-fourneau produit 16 à 17 tonnes de fonte par jour avec des charges de coke de 400 kilogrammes.

Elle n'est pas représentée à l'Exposition.

#### **Usines de la Compagnie de l'Horme.**

La Compagnie de l'Horme, que nous n'avons pas vue non plus figurer à l'Exposition, est cependant une grande entreprise qui possède deux usines à fonte, l'une à l'Horme, près Saint-Chamond (Loire) ; l'autre au Pouzin (Ardèche). Nous ne pouvons nous dispenser d'en dire quelques mots.

La Compagnie de l'Horme consomme surtout les mine-

rais hématites rouges de sa concession de Veyras. Celle-ci fait partie du puissant gîte de Privas, compris entre l'oolithe inférieure et les marnes supraliasiques ; on en extrait des hématites rouges à aspect schisteux, qu'on appelle *minerai feuilleté*, et des rognons à cassure conchoïde, de couleur violacée, à reflets métalliques et à poussière rouge, qu'on appelle *minerai agathisé*. Ce dernier est fort riche et fournit jusqu'à 56 et 57 pour 0/0 de fer ; mais il est difficile à réduire à cause de sa compacité et de sa gangue siliceuse. Les minerais de Privas ne sont pas phosphoreux, mais ils renferment des traces de soufre ; aussi les grille-t-on souvent avant de les traiter au haut-fourneau. Ils fournissent des fers nerveux, mais généralement un peu rouverains. Voici deux analyses, d'après M. Janoyer (*Annales des mines*) :

	Variété agathisée.	Variété feuilletée.
Peroxyde de fer . . . . .	82,00	74,00
Silice . . . . .	11,00	12,40
Alumine . . . . .	1,60	1,00
Chaux. . . . .	3,60	6,00
Manganèse . . . . .	0,00	0,00
Soufre . . . . .	0,00	traces
Eau, acide carbonique . . . . .	1,40	6,40
Pertes . . . . .	0,40	0,20
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Les hauts-fourneaux de la Compagnie de l'Horme ont, pendant de longues années, traité exclusivement ce minéral qui leur revient à un prix très-bas et qui fournit de bons fers ordinaires. Depuis peu de temps, on introduit quelquefois dans leur roulement des minerais étrangers.

A l'usine de l'Horme, près Saint-Chamond, il y a deux hauts-fourneaux très-anciens (1819), dont un seul est actuellement en feu.

Leur forme extérieure est celle d'un tronc de pyramide quadrangulaire ayant 14 mètres de hauteur ; ils sont adossés l'un à l'autre, et l'élévation des charges se fait au moyen d'une balance d'eau. Autrefois (1855), ils étaient desservis par un plan incliné, porté sur des arcades en

maçonnerie et que gravissaient les chariots de minerais et de cokes trainés par des bœufs. La capacité intérieure n'est pas très-considérable, le ventre ayant 3<sup>m</sup>,80 de diamètre et le gueulard 1<sup>m</sup>,50. Ils sont munis de prises de gaz à ouvreaux, avec carneau annulaire et fermeture hydraulique.

Le soufflage se fait par deux tuyères; chacune d'elles est desservie par un appareil à chauffer l'air, composé de 18 tuyaux ronds horizontaux, disposés en serpentin et présentant une surface de chauffe de 45 mètres carrés environ. Cet appareil, chauffé par les gaz, élève à une température de 240 à 300° le vent qui provient de deux soufflantes à balancier, système Cornwall, à basse pression, et qui a une pression de 12 à 14 centimètres de mercure.

On marche à l'Horme avec des charges de 450 kil. de coke. Les cokes proviennent du bassin de la Loire (Grand-Croix, Péronnière, Montrambert), et renferment une proportion de cendres assez considérable (12 à 17 p. 0/0). Le rendement des lits de fusion (mineraï et castine) varie de 29 à 32 p. 0/0 avec le mineraï de Veyras, et on obtient 15 à 16 tonnes de fonte en 24 heures, grise ou blanche.

Voici, d'après M. Lan (*Annales des mines*), l'analyse d'une fonte grise de moulage pour première fusion, fabriquée avec le mineraï de Veyras surtout, à l'Horme :

Carbone . . . . .	3,500
Silicium . . . . .	4,460
Soufre <sup>o</sup> . . . . .	0,419
Phosphore . . . . .	0,235
Fer et pertes . . . . .	91,386
	100,000

Les fontes de l'Horme servent surtout à alimenter la fonderie et l'importante usine à fer, attenant aux hauts-fourneaux.

A l'usine du Pouzin (Ardèche), la Compagnie de l'Horme possède cinq hauts-fourneaux d'une dimension plus considérable que celle ordinairement employée dans le groupe.

Ils sont à tour ronde supportée par une base carrée, et leur hauteur totale est environ 17 mètres. Ils sont disposés en plaine et reçoivent, par un chemin de fer spécial, les minerais de Veyras, par le Rhône ou le chemin de fer de Lyon, les cokes de la Loire. Ils pourront sans doute recevoir les cokes du Gard, lorsque la nouvelle ligne de Bessèges au Pouzin, par la rive droite du Rhône, sera construite. L'élévation des charges se fait au moyen de balances hydrauliques. Le vent est fourni par des machines à balancier à basse pression, et à condensation, avec une petite cata-racte à air ; il est chauffé dans des appareils serpentins à tuyaux horizontaux, au nombre de deux par fourneau. La disposition de l'usine est commode, et les installations, un peu vieillies maintenant sous certains rapports, se ressentent toujours du soin avec lequel elles ont été faites.

L'usine du Pouzin a été la première de celles de notre groupe qui se soit lancée dans la voie des fortes productions ; elle produisait, en 1855 déjà, jusqu'à 24 tonnes de fonte de forge en 24 heures par fourneau, alors que les autres usines ménageaient leurs appareils et se tenaient dans des productions journalières de 14 à 15 tonnes. Les fontes du Pouzin servent surtout pour le puddlage dans la forge de l'Horme, et dans diverses usines du bassin de la Loire ; elles fournissent, comme nous l'avons déjà dit, des fers de qualité ordinaire.

**Usines de la Compagnie de Terrenoire, Lavoult  
et Bessèges.**

La Compagnie des fonderies et forges de Terrenoire, Lavoult et Bessèges, figure à l'Exposition universelle avec une série remarquable de matières premières, de produits et d'expériences sur la qualité de ceux-ci. L'intérêt de son exposition mérite que nous nous y arrêtons un moment.

Voici d'abord les chiffres qu'elle indique pour sa production annuelle :

Houille . . . . .	150,000 tonnes.
Minerai de fer . . . . .	160,000 —
Fontes brutes . . . . .	94,000 —
Fontes moulées . . . . .	7,500 —
Fontes moulées (tuyaux) . . .	12,000 —

Elle possède treize hauts-fourneaux en activité répartis entre les quatre usines de Terrenoire (Loire), de Lavoult et du Pouzin (Ardèche), de Bessèges (Gard).

**COLES.**— Les cokes qu'elle consomme proviennent : pour les usines de la Loire et de l'Ardèche, du bassin de la Loire et notamment des houillères de Comberigol, près Rivede-Gier ; pour les usines du Gard, de la houillère de Lalle, près Bessèges, qui appartient à la Compagnie. Ce sont des cokes fabriqués dans d'anciens fours à boulanger et dont la teneur en cendres est de 12 à 14 p 0/0.

**MINERAIS.**— La Compagnie a exposé une série nombreuse des minéraux qu'elle emploie, en indiquant leurs analyses. Nous allons reproduire celles de ces analyses qui s'appliquent à des minéraux indigènes, sans répéter celles des minéraux d'Afrique et d'Espagne qui servent, à Terrenoire comme à Bessèges, à enrichir les lits de fusion et surtout à éléver la qualité des fontes produites.

Les minéraux indigènes sont les suivants :

Parmi les minéraux *oxidés* :

Ceux de Lavoult (Ardèche), qui se trouvent dans un puissant gisement formé de trois couches intercalées dans les marnes inférieures de l'étage oxfordien. La couche supérieure, dite du toit, donne du minerai pauvre, dit *lithoïde*, qui est un schiste imprégné de fer oxydé ; elle renferme peu de minerai *oxydé rouge*. Celui-ci se trouve surtout dans la couche intermédiaire qui est la plus puissante et la plus riche, et qui fournit du minerai peroxydé rouge compact et des rognons de minerai dit *agathisé*, à gangue très-siliceuse. La couche inférieure fournit de l'hématite rouge à structure oolithique. Les minéraux de Lavoult, employés seuls, servent à la fabrication de fontes de moulage ; on les mélange avec ceux de Privas pour la fabrication des

fers et des tôles, avec ceux d'Afrique et d'Espagne pour la fabrication des fontes à Bessemer, auxquelles ils apportent l'élément siliceux, indispensable pour donner de la chaleur. Les mines ont fourni, en 1865, près de 60,000 tonnes de minerais, toutes consommées dans les hauts-fourneaux de Lavoulté.

Les minerais de Privas (concessions du Lac et de Saint-Priest), semblables à ceux qu'exploite la Compagnie de l'Horme, mais peut-être un peu moins riches. Le gîte de Privas, qui comprend quatre concessions, a fourni près de 200,000 tonnes de minerai en 1865.

Les minerais de Pierremorte, près Bessèges, sont des hématites rouges feuilletées terreuses, qui se trouvent en couches dans les calcaires marneux oxfordiens ; le gîte en est peu puissant, la gangue est calcaire.

Voici les analyses de ces minerais oxydés :

	Lavoulté agathisé.	Lavoulté oxydé rouge.	Lavoulté Rithoïde.	Privas agathisé.	Privas feuilleté.	Pierremorte calcaire.
Perox. de fer.	80,79	70,13	38,50	68,60	64,5	52,5
Silice . . . . .	8,75	44,29	25,45	18,20	14,8	11,1
Alumine . . . . .	6,36	6,60	10,52	3,53	4,8	4,9
Chaux . . . . .	1,73	2,30	10,14	4,22	6,2	14,6
Magnésie . . . . .	traces	*	0,99	*	*	*
Perte au feu .	3,23	6,40	13,83	5,67	9,4	16,9
	100,88	99,74	99,43	100,22	99,7	100,0
Teneur en fer	56,55 %	49 %	27 %	48 %	45 %	36,74 %

On remarquera qu'aucun d'eux n'est manganésifère.

Les usines de Terrenoire, Lavoulté et Bessèges traitent une assez grande variété de minerais hydratés.

Les minerais de Bordezac et de Travers, près Bessèges, appartiennent au même gisement qui est une couche de péroxyde de fer hydraté cloisonné, reposant sur un banc de calcaire dolomitique. A Bordezac, le minerai est siliceux ; à Travers, on en trouve du calcaire ; malheureusement les mines de Travers sont noyées depuis plusieurs années, et on n'exploite plus que les affleurements et les parties pauvres laissées dans les anciens travaux. A Rochoule, on exploite aussi un minerai très-analogue, se trouvant dans

le trias, comme les précédents. Ils renferment tous un peu de sulfate de baryte, sauf le mineraï calcaire de Travers qui est de qualité supérieure. Voici les analyses exposées (1) :

	Travers cloisonné.	Travers calcaire.	Travers siliceux.	Bordezac (très-silic.).	Rochoule.
Peroxyde de fer . .	56,6	42,6	57,7	50,2	51,9
Manganèse . . . . .	traces	traces	traces	traces	0,7
Silice . . . . .	13,00	6,5	19,3	33,9	22,0
Alumine . . . . .	5,2	3,6	6,8	5,2	7,3
Chaux. . . . .	4,8	18,00	*	1,0	2,3
Sulfate de baryte. .	1,4	*	3,4	0,9	3,1
Perte au feu . . . .	19,00	29,3	12,8	8,8	11,8
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Teneur en fer. . . .	39,60 %	31,53 %	40,42 %	35,12 %	36,36 %

Les minéraux des Avelas (Ardèche) sont employés par les hauts-fourneaux de Bessèges et de Tamaris ; ce sont des minéraux oolithiques un peu phosphoreux qui corrigent dans de certaines limites les inconvénients des minéraux sulfureux du Gard.

A Terrenoire, on emploie, dans un but analogue, les minéraux oolithiques calcaires de Laissey (Doubs).

Le mineraï de Ganges (Gard), employé quelquefois à Bessèges à cause de sa richesse en fer, provient de la décomposition de pyrites ; il est un peu sulfureux et de qualité médiocre.

Le mineraï de Portes est un mineraï carbonaté houiller, schistobitumineux, qui se trouve en couches parallèles aux couches de houille. On l'emploie grillé aux hauts-fourneaux de Bessèges.

Le mineraï de Valaurie est une hématite brune exploitée

(1) D'après les documents exposés, en 1863, à Nîmes, ces minéraux coûtent, pour la tonne rendue à l'usine :

Pierremorte 25 % . . . . .	12 fr.
Id. 40 % . . . . .	20 fr.
Travers 33 % . . . . .	12 fr.

dans la Drôme pour les fourneaux de Terrenoire et de Lavoulte :

	Avelas (oolithique).	Laissey (oolithique).	Ganges (Gard).	Portes (grillé).	Valaurie.
Peroxyde de fer .	31,9	38,20	72,9	72,5	47,25
Silice. . . . .	10,8	10,00	2,8	13,9	40,00
Alumine . . . . .	5,0	3,30	4,0	8,5	3,10
Chaux . . . . .	25,5	21,60	6,8	0,9	*
Soufre . . . . .	*	*	0,4	0,1	*
Perte au feu . . .	26,8	26,90	16,4	2,1	9,65
	<u>100,0</u>	<u>100,00</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,00</u>
Teneur en fer. . .	22,35 %	26,7 %	51,58 %	50,75 %	33,0 %

On emploie avec ces minéraux, à Terrenoire, comme fondant, une castine exploitée à Villebois (Ain) et dont voici l'analyse :

Chaux . . . . .	54,00
Silice. . . . .	3,00
Alumine . . . . .	1,00
Acide carbonique . . . . .	42,25
	<u>100,25</u>

APPAREILS. — L'usine de Terrenoire comprend deux hauts-fourneaux, dont un a été récemment reconstruit ; ils sont adossés et le service des charges se fait sans élévateur. Un seul de ces fourneaux est en activité. Il est soufflé par trois tuyères ; le vent, produit par une ancienne machine soufflante à balancier et à cataracte, a une pression de 12 centimètres de mercure et est chauffé à 280° environ dans des appareils à mouffles verticales. Les gaz du fourneau sont recueillis au moyen d'une trémie et d'une fermeture hydraulique.

Le chargement se fait au moyen du wagon circulaire à volets de fond partiels, inventé par M. Gauthier, ancien ingénieur des hauts-fourneaux de Lavoulte ; le diamètre du wagon étant à peu près le même que celui du gueulard. On a fait à cet appareil (1) le reproche d'égaliser trop les matières sur la surface du gueulard, de former des cou-

(1) Voir le dessin dans S. Jordan : *Album de Métallurgie*.

ches horizontales trop uniformes, ce qui, comme on sait, n'est pas toujours le meilleur mode de chargement; mais ce reproche n'est point fondé. On charge avec le wagon circulaire exactement comme on veut charger; si le minerai est amassé vers les bords du wagon, il se trouve chargé à la circonférence; si le coke est entassé en pyramide dans le wagon, il se trouve, dans le fourneau, être plus abondant dans la partie centrale. Le wagon circulaire est un excellent appareil de chargement, au moins pour les hauts-fourneaux adossés où n'existe pas la gène des monte-charges.

La vapeur nécessaire à la marche de la soufflerie est produite par la combustion des gaz du fourneau dans des générateurs à foyer intérieur et à bouilleurs. Les gaz brûlés en lames minces dans le tube intérieur reviennent par deux retours latéraux, puis s'échappent en enveloppant les bouilleurs. L'air, qui sert à la combustion, traverse une toile métallique placée sous le tuyau d'arrivée des gaz.

Au Pouzin, la Compagnie, qui nous occupe, possède deux hauts-fourneaux voisins de ceux de la Compagnie de l'Horme. Ils sont en plaine, desservis par un montecharge hydraulique.

L'usine de Lavoulte est la plus importante au point de vue de la fabrication de la fonte; elle comprend six hauts-fourneaux, et une fonderie de première et de seconde fusion. Cette usine, au moins pour ce qui concerne les quatre plus anciens de ses fourneaux, est devenue presque classique en France, grâce au livre de M. Walter de Saint-Ange; elle est assez ancienne et ne présente pas de dispositions particulières bien saillantes. Ses six hauts-fourneaux, divisés en deux groupes, l'un de quatre, l'autre de deux (1845), sont adossés à la colline qui longe le Rhône et dans laquelle se trouvent les mines de fer. Les cokes lui arrivent, soit par chemin de fer, soit par une gare d'eau communiquant avec le Rhône; un plan incliné à machine fixe les élève au niveau des gueulards. Les

minerais sont grillés dans des fours ovoïdes, dont on trouve le dessin dans divers ouvrages.

L'usine de Bessèges, dans le département du Gard, fondée en 1836, occupe un terrain assez resserré entre la montagne et la rivière de la Cèze ; elle est contiguë à la houillère de Robiac, à 400 mètres de la houillère de Lalle, à 500 mètres de la mine de fer de Travers. Elle occupe environ 1,000 ouvriers. Ses quatre hauts-fourneaux sont également adossés, ils ont des tours massives en tronc de pyramide carrée. Ces fourneaux présentent une particularité de construction digne d'être remarquée : la chemise réfractaire est faite complètement en briques siliceuses (90 de silice, 10 d'alumine) de petites dimensions ; elles sont moulées en forme de claveaux et ont 0<sup>m</sup>,24 de queue ; il en faut trois pour faire une épaisseur de 0<sup>m</sup>,72. Le sable réfractaire qui les compose est trop peu plastique pour qu'on puisse en faire de grosses briques, comme celles de Bollène, de Givors, du Theil, ordinairement employées par les hauts-fourneaux de ce groupe ; de plus, avec ces petites briques, le fabricant peut livrer rapidement et à bon marché, car les modèles sont peu nombreux et le séchage est rapide ; enfin, on économise totalement les frais de taille si onéreux pour l'appareillage des grosses briques. Aussi l'usine de Bessèges a-t-elle adopté ce système qui est à l'épreuve chez elle dans trois fourneaux. Les fourneaux de Bessèges, comme ceux des autres usines de la compagnie, ont une hauteur d'environ 15 mètres, avec un ventre large de 4<sup>m</sup>,50 (1). Leur gueulard est un peu resserré, et ils sont munis d'appareils de prise de gaz centrale d'un système analogue à celui inventé par M. Minary, de Fraisans, et qui paraissent avoir donné ici de bons résultats, probablement grâce à une meilleure proportion entre les di-

---

(1) Le profil donné dans l'appendice du *Traité de Métallurgie* du Dr Percy est complètement inexact.

verses parties de l'appareil. Dans ces appareils à prise centrale, comme dans ceux à cône distributeur, le succès dépend, non pas de la construction ou de la disposition de l'appareil seulement, mais surtout des proportions de ses divers éléments.

Le vent est fourni aux fourneaux par trois anciennes soufflantes verticales qui ne présentent rien de particulier. L'une d'elles est munie d'un volant situé à une grande hauteur, on s'en sert rarement à cause de ses trépidations. Les deux autres, ordinairement employées, sont à balancier, sans volant, sans détente ni condensation, donnant un assez faible rendement ; leur vitesse est de cinq à six coups doubles seulement par minute, avec des courses de 2<sup>m</sup>,220 et de 2<sup>m</sup>,475. Elles fournissent une pression de 0<sup>m</sup>,15 de mercure au régulateur.

Le vent est chauffé, pour chaque fourneau, par un appareil à air chaud d'un système nouveau. Il se compose (1) de deux bâches cloisonnées, enfermées dans la maçonnerie, et surmontées de 37 mouffles ou cornues verticales cloisonnées longitudinalement, dans lesquelles le vent monte et redescend au courant des parois chauffées par les gaz en combustion dans la chambre de l'appareil. Le chauffage y est méthodique ; l'appareil présente 100 mètres carrés de surface de chauffe et porte à 375° le vent d'un haut-fourneau consommant 30 tonnes de coke par 24 heures. Il est chauffé au gaz seul. Le vent y fait trois circulations, d'abord par 9, puis par 12, puis par 16 tuyaux. Chaque fourneau est soufflé par trois tuyères, comme ceux des autres usines de la Compagnie.

On grille une partie des minerais, à Bessèges comme à Lavoult, dans des fours analogues à ceux de cette dernière usine.

FABRICATION ET PRODUITS. — Les fourneaux de la Compagnie de Terrenoire, Lavoult et Bessèges ne produisaient,

---

(1) Voir de Vathaire : *Études sur les hauts-fourneaux*.

il y a peu d'années, que 15 à 16 tonnes de fonte de moulage, ou 18 à 20 tonnes de fonte blanche, en soufflant avec deux tuyères de costières. En installant une troisième tuyère sur la rustine, à quelques centimètres plus haut que les deux premières, on est arrivé à produire régulièrement 30 tonnes en 24 heures, dans les mêmes fourneaux.

La charge de coke employée est invariablement 500 kilogrammes. La richesse des lits de fusion (castine comprise) est de 27 à 28 p. 0/0, quand on n'emploie que les minerais indigènes ; elle s'élève jusqu'à 45 p. 0/0, dans certains cas, avec les minerais étrangers. Leur caractère principal, qui n'est pas particulier aux usines de Terrenoire, etc., est leur forte teneur en chaux, qui atteint 48 et 49 p. 0/0 ; aussi les laitiers sont-ils blancs, même dans les allures en fonte blanche : c'est une nécessité amenée par l'emploi des scories de puddlage, dont on traite, dans certains cas, à Bessèges notamment, environ 20 p. 0/0 du poids de la charge dans les fourneaux en fonte d'affinage (1). Voici l'analyse de deux laitiers de Bessèges, l'un de bonne allure en fonte grise graphiteuse, l'autre de fonte blanche avec 20 p. 0/0 de scories à la charge :

	Fonte grise n° 1.	Fonte blanche.
Silice . . . . .	35,4	39,0
Alumine. . . . .	15,0	14,1
Chaux. . . . .	48,0	44,0
Magnésie . . . . .	0,5	1,0
Protoxyde de fer. . . .	tr.	1,4
Protoxyde de manganèse . . .	-	1,0
Soufre. . . . .	1,80	1,2
	<hr/> 100,70	<hr/> 101,7

Le premier est de la formule S<sup>9</sup>B<sup>10</sup> ; le second de la formule SB. Ils sont tous les deux très-peu alumineux, puisqu'ils renferment environ 3,2 de chaux pour 1 d'alumine. Ce sont des spécimens intéressants de laitiers bien choisis pour fontes de bonne qualité.

(1) Voir de Vathaire : *Études sur les hauts-fourneaux*.

La consommation d'air, en la calculant d'après la formule du débit des buses et en la rapportant au coke consommé dans le haut-fourneau, paraît être de cinq mètres cubes par kilogramme de coke.

La production des fourneaux est de 22 à 25 tonnes de fonte grise ou de 28 à 30 tonnes de fonte blanche par jour.

Les fontes produites appartiennent à trois catégories distinctes : les fontes à Bessemer produites avec des lits de fusion siliceux ; les fontes d'affinage ou de puddlage qui sont, au contraire, peu chargées en silicium ; enfin, les fontes de moulage.

La Compagnie de Terrenoire fabrique régulièrement les fontes qui servent à la production de l'acier Bessemer dans ses propres appareils. Elle en expose quatre types qui sont les suivants :

	N° 1 extra siliceux.	N° 1 siliceux.	N° 2.	N° 3.
Carbone total . . . . .	4,47	4,25	4,10	3,12
Silicium . . . . .	3,12	1,90	1,80	1,20
Soufre . . . . .	0,0026	0,0058	0,0462	0,085
Fer . . . . .	92,36	*	*	*

Elle fabrique aussi toute la série des fontes d'affinage, savoir : les fontes noires très-douces, à gros grains graphiteux, destinées aux affinages fins ; les fontes grises pour puddlages fins ; les fontes truitées, les fontes blanches pour fer à nerf et celles pour fer à grain. Elle expose l'analyse des premières et nous y joignons, d'après M. Lau (*Annales des mines*), l'analyse d'une fonte blanche chaude fabriquée à Terrenoire avec des minerais de Privas surtout :

	Fonte noire très-douce.	Fonte blanche un peu lamelleuse.
Carbone total . . . . .	4,50	3,15
Silicium . . . . .	0,90	3,12
Soufre . . . . .	0,0035	1,03
Titane . . . . .	traces	*
Manganèse . . . . .	traces	*
Phosphore . . . . .	0,00	0,21

La fonte blanche était produite sans addition de minerais étrangers ; son analyse, comparée aux autres exposées par la Compagnie de Terrenoire, peut donner une idée de l'amélioration apportée dans la qualité des fontes du groupe par le mélange des minerais méditerranéens.

Enfin la Compagnie expose une dernière série de fontes ; ce sont ses fontes de moulage dont elle a accompagné les spécimens de chiffres indiquant leur résistance, soit aux essais faits dans l'appareil de Monge (type adopté par la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée et dont elle expose un dessin (1), soit aux essais par le choc faits dans l'appareil adopté par les Compagnies de chemin de fer. L'appareil Monge opère sur des barreaux carrés, de 0<sup>m</sup>,08 de côté. L'appareil pour le choc opère sur des barreaux de 0<sup>m</sup>,04 de côté, longs de 0<sup>m</sup>,25, qu'on pose sur des couteaux espacés de 0<sup>m</sup>,16 faisant corps avec une enclume de 800 kilogrammes, et sur lesquels on fait tomber au milieu un boulet de 12 kilog. Voici les résultats obtenus dans les deux sortes d'essais .

	Fonte de moulage n° 1.	Fonte de moulage n° 2.	Fonte de moulage n° 3.	Fonte de moulage n° 4.
Charge de rupture dans l'appareil Monge . . .	965 kil.	1,085 kil.	1,160 kil.	1,265 kil.
Hauter de chute correspondant à la rupture. .	0 <sup>m</sup> ,50	0 <sup>m</sup> ,48	0 <sup>m</sup> ,50	0 <sup>m</sup> ,60

Ces chiffres indiquent une résistance supérieure à celle d'un grand nombre de fontes de moulage ; cependant, ils ne sont pas très-saillants, et nous aurons occasion de citer des fontes encore plus résistantes.

Nous reviendrons plus tard sur l'exposition de la Compagnie de Terrenoire ; nous devons toutefois ne pas attendre plus longtemps pour dire qu'elle est une des plus instructives et qu'elle conserve à ces usines leur place, pour ainsi dire classique, parmi les usines françaises.

---

(1) Voir Goschler : *Traité de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer.*

On peut indiquer encore, dans le département de l'Ardeche, le haut-fourneau de Soyons, marchant avec les mêmes minerais et dans des conditions analogues à ceux de Lavoulté, et, dans le département du Gard, le haut-fourneau de Gagnières, qui marchait dans les mêmes conditions que ceux de Bessèges ; mais ces deux usines sont éteintes maintenant, si nous sommes bien informé.

#### **Usine de Tamaris, près Alais.**

La Compagnie des fonderies et forges d'Alais possède dans sa grande usine de Tamaris, près Alais, fondée en 1831, six hauts-fourneaux, dans lesquels elle traite surtout des minerais des environs, de provenances et de qualités diverses.

Les environs d'Alais présentent une série de filons pyriteux, dont les affleurements décomposés fournissent des quantités considérables d'hydroxyde de fer. A St-Julien, au Vallat-Pellet, ils sont siliceux ; à Trepeloup, à Montaux, à Saint-Paul-Lacoste, ils sont calcaires. Mais ces minerais hydratés sont toujours sulfureux, quelquefois phosphoreux et fréquemment accompagnés de blende et de calamine. On les grille toujours avant de les employer. Les minerais de Saint-Julien et du Vallat-Pellet servaient autrefois de base aux lits de fusion ; ils fournissaient des fontes blanches et truitées siliceuses employées pour la fabrication des rails. Maintenant, on mélange ces minerais siliceux avec ceux plus calcaires de Trepeloup, Saint-Paul-Lacoste, et on améliore encore les lits de fusion par l'addition du mineraï oolithique des Avelas. On consomme aussi des minerais de Saint-Florent, provenant des mêmes couches que ceux de Bordezac et de Travers, employés à Bes-sèges (1).

(1) D'après les documents exposés à Nîmes, en 1863, les prix de ces divers minerais sont les suivants, pour la tonne rendue à l'usine :

Pamissières, 35 0/0 . . . . .	42f,00
Pallières, 45 0/0 . . . . .	41 ,00
Saint-Julien . . . . .	6 ,50

Voici, d'après la notice des ingénieurs des mines, les analyses de ces divers minérais :

	Saint-Julien. cru.	Vallat Pellet. cru.	Trepoloup. cru.	Mas-Dieu. cru.	St-Florent -
Peroxyde de fer. .	52,00	65,10	60,40	63,35	63,50
Silice. . . . .	33,25	14,17	8,42	17,35	16,20
Alumine. . . . .	4,50	2,61	2,28	3,10	6,80
Chaux. . . . .	0,95	4,35	9,82	2,60	2,50
Soufre. . . . .	4,42	non dosé	0,67	1,72	-
Sulfate de baryte. .	*	*	*	*	0,40
Perte au feu. . . .	10,50	11,95	17,67	8,88	10,60
	99,62	98,18	99,28	99,00	100,00

Ces minérais, grillés, composent des lits de fusion qui rendent 30 à 40 p. 0/0 de fer. On a quelquefois employé une faible proportion de minérais de l'île d'Elbe pour les enrichir.

Mais les hauts-fourneaux de Tamaris traitent aussi des minérais d'une qualité supérieure, qu'on ne mélange pas avec les précédents et avec lesquels on compose des dosages spéciaux pour fontes fines. Ce sont les minérais d'Espagne, sur lesquels je ne reviendrai pas, et les minérais de Palmesalade et de Sahorre.

Le minéral de Palmesalade, qui est un fer carbonaté lithoïde, renfermant des matières charbonneuses et présentant des facettes luisantes, ressemble beaucoup aux *black band* de l'Écosse et de la Westphalie. Comme eux, il se trouve à plusieurs niveaux dans le bassin houiller d'Alais, soit en couches, soit en rognons ; il est exploité à Palmesalade, à l'Affenadou, à Portes. Cru, il rend 35 à 37 p. 0/0 ; grillé, il donne 50 à 53 p. 0/0 de fonte. Sa réduction est très-facile, grâce au carbone interposé qu'il contient ; il renferme très-peu de soufre qui est éliminé par un bon grillage, point de phosphore, ni d'arsenic, ni de plomb, mais une certaine proportion de manganèse. Voici les analyses du Palmesalade cru (d'après M. de Vathaire) et du Palmesalade et de l'Affenadou grillés (d'après les notices des ingénieurs des mines) :

	Palmesalade cru.	Palmesalade grillé.	Affenadou grillé.
Protoxyde de fer . . . . .	54,00	*	*
Peroxyde de fer . . . . .	*	76,75	71,40
Protoxyde de manganèse .	1,10	non dosé	*
Silice . . . . .	6,30	9,85	11,55
Alumine. . . . .	1,80	8,97	10,90
Chaux. . . . .	0,60	2,35	1,65
Magnésie . . . . .	traces	*	*
Perte au feu. . . . .	36,20	4,70	2,50
	<hr/> 100,00	<hr/> 99,62	<hr/> 97,70

Ce mineraï houiller est de très-bonne qualité, et c'est à lui qu'est due la réputation qu'ont acquise dans le Midi certaines variétés de fers fabriqués à Alais. Mais il coûte, dit-on, assez cher d'extraction et de grillage, et on a, depuis plusieurs années déjà, cherché à produire les qualités supérieures de fer, soit avec des minérais de la Garrucha, soit avec des minérais des Pyrénées. L'usine de Tamaris qui est, du reste, celle de notre groupe la plus rapprochée des Pyrénées-Orientales, est aussi la seule qui ait employé jusqu'à présent, croyons-nous, en quantités importantes, des minérais de cette provenance, qui, comme nous aurons plus tard occasion de le dire, sont appelés à jouer un rôle des plus importants dans la métallurgie française. A Tamaris, on a employé le mineraï de Sahorre (Pyrénées-Orientales), qui est une mine douce ou carbonate de fer décomposé. Voici son analyse :

Peroxyde de fer . . . . .	65,50
Peroxyde de manganèse. . . . .	4,50
Silice . . . . .	12,50
Alumine. . . . .	3,00
Chaux. . . . .	4,20
Magnésie . . . . .	1,20
Soufre . . . . .	0,05
Perte au feu . . . . .	9,30
	<hr/> 100,25

Les cokes employés par l'usine sont fabriqués avec les charbons des houillères de Trélys, qui appartiennent à la même Société, dans des fours à cokes des systèmes

Talabot et Knab modifiés. Ils renferment 13 à 15 p. 0/0 de cendres.

La majeure partie des minerais employés est grillée, soit en tas, soit dans 12 fours à cuve, dont la forme est toujours celle indiquée dans divers traités de sidérurgie. Le parc à minerais est au niveau des gueulards de ces fours de grillage, et les gueulards des hauts-fourneaux sont au niveau de la sole de ces mêmes fours. Cette disposition est donc commode et économique pour les mouvements de matières.

Les hauts-fourneaux, au nombre de six, sont adossés à un grand mur de soutènement. Leur disposition et leur système de construction (pyramide quadrangulaire tronquée à faces concaves) sont bien connus ; on en trouve le dessin dans divers ouvrages, notamment dans celui de MM. Flachat, Barrault et Petiet ; mais ce système n'est pas à recommander, la rupture des tirants horizontaux amène des dégradations et des écroulements tels, dans les maçonneries, qu'ils nécessitent l'extinction de l'appareil. Trois fourneaux écroulés ainsi ont dû être abandonnés à Tamaris. Un des trois a été remplacé par un fourneau neuf, d'un système de construction nouveau : sa cuve est cylindrique et formée seulement par une chemise en briques réfractaires ; il n'y a point de massif extérieur. La cuve repose sur une rangée circulaire de colonnes ; les étalages et l'ouvrage sont dégagés au milieu. La cuve est entourée d'une enveloppe formée de claveaux en fonte évidés à jour, boulonnés ensemble avec intermédiaire de rondelles de plomb, afin de permettre les mouvements de dilatation de la maçonnerie (1). Nous sommes peu partisans de ce système, aussi bien comme profil que comme construction. Les cuves cylindriques ont l'inconvénient grave de permettre à des cheminées, ou fissures verticales persistantes, de se produire dans la masse des matières, parce que celles-ci

(1) Voir de Vathaire : *Études sur les hauts-fourneaux*.

s'affaissent toutes d'une pièce, pour ainsi dire, sans qu'il y ait roulement des morceaux : ceux-ci ne sont pas aussi bien léchés par les gaz réducteurs que lorsqu'ils roulent en présentant toutes leurs faces à ceux-ci, comme il arrive dans une cuve présentant une certaine inclinaison. Quant à l'enveloppe en fonte, nous croyons qu'elle ne durera pas longtemps et sera sujette à de fréquentes ruptures par suite des mouvements de la maçonnerie réfractaire et aussi par suite des dilatations et contractions du métal, quelles que soient les précautions que l'on prenne pour faciliter le jeu des assemblages. Ce fourneau n'est du reste pas encore en feu, et l'usine de Tamaris roule avec trois anciens hauts-fourneaux seulement. Aucun d'eux n'a de prise de gaz ; l'abondance des cadmies dues aux minerais zincifères du pays a obligé les directeurs de Tamaris à renoncer à ces appareils : il est à croire, cependant, qu'ils reviendront sur cet abandon qui les oblige à une consommation importante de charbon, en apportant quelques modifications, soit à leurs mélanges de minerais, soit au système de prise de gaz qu'ils ont autrefois essayé.

L'usine de Tamaris possède divers types de machines soufflantes. Elle a trois anciennes machines verticales à balancier, sans volant, avec distribution de vapeur par encliquetage : ce sont les plus anciennes ; on retrouve encore à deux d'entre elles, qui sont à basse pression, des régulateurs à poids. Deux autres machines, de 80 chevaux environ, sont des soufflantes horizontales, à grande vitesse et à tiroirs, construites au Creusot depuis longues années déjà ; elles servent très-rarement et fournissent un effet utile extrêmement petit, aussi en est-on peu satisfait et vaut-on les supprimer. Enfin, une sixième machine est plus intéressante ; c'est une machine verticale à balancier et à détente, du système appelé *horsehead* par les Anglais, système introduit en France depuis longtemps déjà par les usines d'Aubin, et dont l'usine de Tamaris vient de faire la seconde application. Nous décrirons plus tard, dans une autre occasion, ce système de machines soufflantes ;

il nous suffira d'indiquer maintenant que le point d'attache de la bielle du volant au balancier se trouve à l'extrême d'une sorte de corne en saillie, de façon à être voisin du point d'application de la force motrice, tout en étant plus éloigné du centre d'oscillation du balancier. La machine d'Alais (1) a les dimensions suivantes :

Diamètre du cylindre soufflant.	2 <sup>m</sup> ,28
Course du cylindre soufflant.	2 ,94
Nombre de coups doubles par	
minute . . . . .	16
Longueur du balancier . . . . .	8 <sup>m</sup> ,80
Diamètre du volant . . . . .	8 ,00
Poids du volant . . . . .	32 tonnes.
Pression du vent au régulateur.	0 <sup>m</sup> ,45 mercure.
Force en chevaux . . . . .	120 chevaux environ.

Elle est à détente et à condensation et sort des ateliers de MM. J.-F. Revollier et C<sup>ie</sup>, de Saint-Étienne. Mise en service depuis deux ans environ, elle fonctionne à la satisfaction des intéressés.

Les appareils à air chaud sont de l'ancien système, dit de Calder.

Les hauts-fourneaux ont 14 mètres de hauteur ; le profil n'est plus celui que l'on trouve dans l'ouvrage de MM. Flachat, etc. Le ventre a été élargi et porté à 4<sup>m</sup>,30 ; le gueulard, à cause des obstructions zincifères, a été porté à 2<sup>m</sup>,50. On charge à la brouette, sans aucun appareil. On injecte par deux tuyères du vent chauffé à 250 ou 300°, et on obtient avec des lits de fusion, qui rendent 40 à 45 p. 0/0, une production journalière de 15 à 16 tonnes de fonte grise, ou de 18 à 20 tonnes de fonte blanche.

On obtient avec les minerais ordinaires du pays des fontes de qualité assez médiocre. On obtient, au contraire, avec les minerais de Palmesalade et d'Espagne, fondus avec des schistes houillers, des fontes lamelleuses et même

(1) Voir S. Jordan : *Album de Métallurgie*.

spéculaires de qualité supérieure, accompagnées d'un laitier vert-olive clair, opaque et vitreux.

On peut voir à l'Exposition quelques morceaux de ces fontes, mais ils sont loin d'être présentés au public comme celles de la Compagnie de Terrenoire. L'usine d'Alais paraît être restée en arrière dans le mouvement général qui emporte la sidérurgie française ; elle est encore, comme appareils, presque au point où elle en était, lorsqu'on la citait dans les ouvrages classiques de métallurgie, aujourd'hui vieillis, et elle n'expose pas des produits de nature à maintenir sa place.

L'Exposition et la vue du chemin fait par les usines, concurrentes, auront sans doute pour résultat d'amener bien des changements dans la marche de l'usine de Tamaris, qui est placée de façon à rattraper rapidement le temps perdu.

#### **Usine de Saint-Louis, près Marseille.**

Les hauts-fourneaux de Saint-Louis, à une lieue et demie de Marseille, ont été fondés en 1855, dans le but de fabriquer de la fonte avec les minéraux méditerranéens et les cokes du bassin du Gard. Leur situation vivement critiquée à cette époque — (on ne pouvait alors comprendre la création de hauts-fourneaux dans un lieu où l'on n'avait, sur place, ni houille ni minéral), — ne trouve plus maintenant autant de détracteurs. Profitant des avantages de sa position maritime, l'usine de Saint-Louis a pu employer et emploie toujours, dans ses dosages, les minéraux de provenances très-diverses, mais tous de qualité supérieure, que lui fournissent l'Italie, l'Algérie, l'Espagne et les îles méditerranéennes. Le célèbre minéral de l'île d'Elbe, qui rend 60 p. 0/0 de fonte au haut-fourneau, sert de base à ses lits de fusion, et l'addition des minéraux hydratés manganésés de la côte d'Espagne ou d'Afrique, lui permet de varier ses mélanges, de façon à obtenir des fontes propres aux divers emplois de la sidérurgie.

Les cokes qu'elle emploie sont fabriqués à la houillère de Portes (dans le bassin d'Alais) qui appartient à la même Société, ou bien proviennent des cornues de l'usine à gaz de Marseille. La première, et peut-être encore la seule, l'usine de Saint-Louis, grâce à la richesse des minerais qu'elle traite, a fait entrer dans ses charges une proportion de coke de cornues, qui atteint quelquefois les deux tiers, fournissant ainsi à l'usine à gaz de Marseille, située dans un climat où le chauffage domestique consomme peu de combustible, un débouché avantageux pour un produit encombrant.

Les hauts-fourneaux de Saint-Louis trouvent ainsi sur place une partie de leur combustible, le reste arrive en faisant un trajet bien moins considérable que celui nécessité par telle ou telle usine, dont on vantait l'heureuse position; et les minerais convergent sur ses parcs sans avoir d'autres transports à subir que des transports maritimes, partant peu coûteux. Aussi, l'usine de Saint-Louis, malgré son peu d'importance absolue, a-t-elle pris et occupe-t-elle encore dans la sidérurgie française une place, dont l'importance échappe au visiteur peu industriel qui passe devant sa modeste vitrine. Elle a eu l'honneur, et il nous sera bien permis de le revendiquer pour elle, d'être la première à fabriquer et à livrer au commerce des *fontes spéciales*, c'est-à-dire des fontes toutes de qualités supérieures, appropriées à diverses spécialités de dénaturation ou d'affinage, et fabriquées spécialement pour ces emplois. On s'est longtemps contenté de dire : les fontes de telle ou telle usine sont propres à tel ou tel usage, sans chercher à se rendre compte des raisons qui faisaient qu'il en était ainsi ; l'usine de Saint-Louis a étudié ces raisons, et, favorisée par l'excellence et la variété des minerais à sa disposition, elle est arrivée à établir diverses catégories de produits, dont nous parlerons tout à l'heure. Aussi, ses fontes ont trouvé des débouchés très-étendus ; elle a dû doubler et tripler ses moyens de fabrication pour satisfaire à des demandes provenant même

des départements du nord et du centre de la France. Depuis peu, elle a été suivie dans cette voie; elle a trouvé des imitateurs, et maintenant la fabrication des fontes spéciales est à l'ordre du jour; les expositions du Creusot et de la Compagnie de Terrenoire suffisent pour le démontrer. Mais elle a la première inauguré cette fabrication, et la première employé sur une large échelle les minerais méditerranéens qui remontent maintenant jusqu'à nos départements du centre.

L'usine de Saint-Louis comprend trois hauts-fourneaux adossés à une colline, dont le plateau supérieur porte les parcs à minerais et à cokes, les fours de grillage, la soufflerie et les halles de chargement, tandis qu'au pied se trouvent les halles de coulée et les appareils à air chaud.

Les hauts-fourneaux ont tous trois une hauteur de 14 mètres; la pl. II, fig. 3, donne le dessin du plus récent qui est construit sur cadres-colonnes en fonte, tandis que les deux plus anciens sont à tour ronde en maçonnerie de briques. Ils sont munis de prises de gaz à trémie avec couvercle à fermeture hydraulique.

Les gaz alimentent les foyers des chaudières de la soufflerie. Celle-ci se compose de trois machines horizontales de 70 à 80 chevaux chacune, et munies chacune de deux cylindres soufflants à clapets et à moyenne vitesse (1). Les appareils à air chaud, également chauffés par les gaz, sont du système à serpentins avec tuyaux horizontaux circulaires; mais ce système, qui ne permet pas d'obtenir des températures assez élevées sans grande dépense de combustible, va être très-prochainement modifié et remplacé par un autre. Les deux anciens fourneaux ont deux tuyères, le fourneau sur cadres-colonnés en a trois.

Le chargement se fait au moyen du wagon circulaire à portes de fond, dont nous avons parlé plus haut, aussi bien pour le coke que pour les minerais. Le dosage des di-

---

(1) Voir S. Jordan : *Album de Métallurgie*.

verses matières qui composent une charge , se fait avec le plus grand soin au moyen de bascules à peser installées dans les halles de chargement.

La charge de coke est considérable , elle atteint 800 et même 1,000 kilog. Le rendement des mélanges de minerai varie de 55 à 61 p. 0/0. La production journalière des hauts-fourneaux n'est point la même pour tous. Le haut-fourneau sur cadres-colonnes, dont nous donnons le dessin, produit 1,000 à 1,200 tonnes de fonte grise par mois ; c'est probablement l'un des fourneaux de France qui ont la plus grande production, surtout en fonte grise. L'usine a produit 22,500 tonnes de fonte en 1865.

Les fontes que fabrique l'usine de Saint-Louis appartiennent surtout à trois catégories distinctes, qui sont :

Les fontes pour affinages supérieurs ;

Les fontes miroitantes ou spiegeleisen ;

Les fontes de moulage de grande résistance.

Les fontes pour affinages supérieurs forment une série presque complète , depuis les fontes noires à gros grains jusqu'aux fontes blanches lamelleuses. Les fontes noires à gros grains servent pour l'affinage au charbon de bois dans les bas foyers ; elles ont , les premières en France, rivalisé en Franche-Comté avec les fontes fines fabriquées par les hauts-fourneaux au charbon de bois de cette région ; leur pureté , leur degré de carburation et la petite proportion de manganèse qu'elles renferment les rendent propres à la fabrication des fers fins au bois, dits de Comté, si connus dans le commerce. Les fontes grises à gros grains servent aux puddlages pour aciers et pour fers fins. Les fontes grises moins graphiteuses sont achetées pour l'appareil Bessemer (1). Les fontes rubannées et les fontes blanches lamelleuses sont employées pour la fabrication des fers fins à la houille, destinés aux grosses

---

(1) L'usine de Saint-Louis a fourni des fontes à Bessemer au coke, dès l'année 1862 à l'usine de Saint-Seurin.

pièces de forge et aux blindages. Toutes ces fontes renferment du manganèse en proportion variable.

Les fontes miroitantes ou *spiegeleisen*, comme les appellent les allemands, servent à l'affinage pour acier au bas foyer, à la recarburation qui termine l'opération Bessemer, à la fabrication de l'acier par le procédé Martin. Elles comprennent diverses variétés et renferment à volonté depuis 5 jusqu'à 9 p. 0/0 et plus, de manganèse métallique, avec des teneurs en silicium inférieures à 1/2 p. 0/0. Elles remplacent complètement, dans plusieurs usines françaises, les spiegeleisen pour lesquels la sidérurgie française a été longtemps tributaire du pays de Siegen.

Les fontes de moulage qui comprennent les quatre variétés de grains ordinaires, n° 1, n° 2, n° 3 et n° 4 se distinguent par leur grande résistance. Des barreaux d'essai de 0<sup>m</sup>,04 de côté et de 0<sup>m</sup>,25 de long, exposés dans la vitrine de l'usine de Saint-Louis, ont cassé, sur l'enclume de 800 kilog. et avec le boulet de 12 kilog., à des hauteurs de chute de 1<sup>m</sup>,00 et 1<sup>m</sup>,05, après avoir supporté le choc sans rupture à 0<sup>m</sup>,80, 0<sup>m</sup>,85, 0<sup>m</sup>,90 et 0<sup>m</sup>,95. Ces chiffres suffisent pour montrer quelle ténacité possèdent les fontes fabriquées à Saint-Louis avec les minéraux d'Italie et d'Espagne ; ils sont supérieurs à ceux exposés par toute autre usine française.

Voici les analyses de quelques fontes de l'usine Saint-Louis :

	Fonte grise moulage no 1.	Fonte grise affinage no 1.	Fondue rubannée.	Fonte blanche lamelleuse.	Spiegeleisen n° 3.	Spiegeleisen n° 4.
Fer . . . . .	91,320	89,270	90,475	90,070	88,731	*
Manganèse . . .	0,420	3,490	3,998	4,640	5,920	9,00
Carbone combiné.	1,317	1,303	0,550	3,627	4,040	*
Graphite . . . .	4,939	4,147	3,949	*	0,126	0,00
Silicium . . . .	1,800	1,650	0,940	4,325	0,584	0,23
Soufre . . . .	0,124	0,100	*	0,048	0,035	*
Phosphore . . . .	0,060	0,040	*	traces	0,090	*
Corps non dosés et pertes . . . .	*	*	0,088	*	0,424	*
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	*

Voici aussi l'analyse d'un laitier correspondant à une fonte d'affinage grise n° 1. Il était court, couleur jaune-olive, à cassure lithoïde :

Silice . . . . .	33,00
Alumine . . . . .	10,87
Chaux . . . . .	50,00
Magnésie . . . . .	0,37
Protox. de fer . . . . .	2,61
Protoxyde de manganèse . . . . .	0,52
Soufre . . . . .	2,06
	<hr/>
	99,43

Sa formule est S<sup>9</sup> B<sup>10</sup> à peu près. Il présente le caractère commun à tous les laitiers des usines du Midi, d'être très-calcaire et presque à la limite de fusibilité.

#### **Usines à fonte de MM. H. Petin, Gaudet et C<sup>ie</sup>.**

La puissante Société H. Petin, Gaudet et C<sup>ie</sup>, qui marche au premier rang de l'industrie des aciers en France, possède diverses usines à fonte, dont deux sont situées dans le groupe dont nous nous occupons. Nous laisserons pour le moment de côté les hauts-fourneaux qu'elle possède dans le Berry.

Elle a à Givors trois hauts-fourneaux au coke ; à Toga, en Corse, quatre hauts-fourneaux au charbon de bois.

L'usine de la Fredière, à Givors, appartenant autrefois à MM. Bodhuile et C<sup>ie</sup>, aujourd'hui à MM. Petin, Gaudet et C<sup>ie</sup>, comprend trois hauts-fourneaux situés en plaine, à côté de la gare du chemin de fer. Ces appareils fabriquent presque toutes les fontes au coke de puddlage et de mouillage consommées par les forges et fonderies de Saint-Chamond, toutes les fontes grises employées au procédé Bessemer dans l'usine d'Assailly, et aussi des fontes spéciales ou spiegeleisen, analogues à celles de Westphalie, avec une teneur en manganèse moindre, et que l'on mélange avec elles pour la récarburation dans l'appareil Bessemer. Leur production peut atteindre 25,000 tonnes par an.

Voici l'analyse d'une fonte miroitante de Givors :

Fer . . . . .	89,25
Manganèse . . . . .	4,40
Carbone total. . . . .	4,86
Silicium . . . . .	0,41
Soufre . . . . .	traces
Phosphore . . . . .	0,00
	98,92

Les minéraux employés diffèrent suivant qu'il s'agit de fontes ordinaires ou de fontes fines. Pour les premières, on consomme des minéraux d'Ouguey, provenant d'une mine que MM. Petin et Gaudet possèdent dans le département du Doubs, mélangés avec les scories et les battitures des forges de la société. Pour les secondes, qui sont destinées à l'opération Bessemer ou aux puddlages fins, on mélange les minéraux oxydulés de Sardaigne avec les minéraux manganésifères d'Espagne ou des Pyrénées, et la castine de Villebois.

Les cokes proviennent de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier ; ils renferment de 10 à 12 p. 0/0 de cendres.

Les hauts-fourneaux, de construction ordinaire en briques, sont soufflés chacun par trois tuyères et produisent 27 à 33 tonnes par 24 heures en trois ou quatre coulées. Chaque fourneau est desservi par deux appareils à air chaud. Les charges sont élevées au moyen de monte-charges à balance d'eau.

La hauteur utile des fourneaux est environ 15 mètres et le diamètre du ventre environ 5 mètres. Leur gueulard a 3 mètres environ de diamètre, et ils sont munis d'un appareil de prise de gaz, système *cup and cône*.

La soufflerie se compose de deux machines, l'une ancienne à balancier, à basse pression et à condensation, de la force de 170 chevaux ; l'autre horizontale, à haute pression et à deux cylindres soufflants, de la force de 100 chevaux. La vapeur est fournie par deux systèmes de chaudières : les unes à tube intérieur et sans bouilleurs pour la première machine, les autres à quatre bouilleurs chacune

pour la deuxième machine. La surface de chauffe par force de cheval est très-considérable : 1<sup>m</sup>, 75 à 2 mètres carrés. On chauffe à la houille ou avec les gaz, à volonté.

Les appareils à air chaud sont du système à tuyaux horizontaux circulaires, formant un serpentin à plusieurs étages. La surface de chauffe n'est guère que d'un demi-mètre carré par mètre cube d'air froid insufflé. La température obtenue varie de 230° à 250°.

L'usine de Givors occupe 200 ouvriers.

L'usine de Toga, près Bastia (Corse), à quelques centaines de mètres seulement du vaste port que le Gouvernement y fait construire, est parfaitement placée sous le rapport de ses approvisionnements. Le charbon de bois et les minerais qu'elle consomme lui arrivent par mer.

Les charbons de bois sont des charbons durs, de qualité supérieure, surtout de chêne vert, provenant, soit du sud de la Corse, où la Compagnie Petin et Gaudet exploite la forêt de l'Ortolo, soit de Sardaigne. Comme les charbons frais ne sont pas d'un bon usage, et comme les transports par mer ne sont pas possibles toute l'année dans les rades foraines et inhospitalières de ces îles, l'usine de Toga emmagasine, dans des halles, de grandes quantités de charbons équivalant à la consommation de huit à dix mois : ces halles sont en maçonnerie de moellons et recouvertes par des voûtes en briques ; elles présentent ensemble une capacité de 20,000 mètres cubes environ. Grâce à la densité et à la dureté de ces charbons qui pèsent 350 kilogrammes et même plus, le mètre cube, on peut les emmagasiner sur une hauteur de sept mètres, et en conserver près de 7,000 tonnes. Outre les charbons durs destinés au travail des hauts-fourneaux, on emmagasine, dans des halles spéciales, des charbons légers servant à l'affinage au bas foyer. Les charbons durs coûtent à Toga, rendus dans les halles de chargement, 61<sup>f</sup>,50 la tonne.

Les minerais viennent de l'île d'Elbe, d'Afrique, d'Espagne et, depuis 1865, pour une partie importante, des

mines de Saint-Léon en Sardaigne. Ils sont amenés par mer au port de Bastia. Une partie de ces minerais est en roche, et on la grille, avant de l'employer au haut-fourneau, dans 11 fours de grillage de forme ordinaire. Puis on les casse au moyen de concasseurs Blake (1). Nous ne décrirons pas cet appareil qui commence à être fort connu et à se répandre dans beaucoup d'usines françaises ; il est employé à Givors et à Toga. Un concasseur, mû par une machine de cinq ou six chevaux et faisant 200 tours par minute, peut casser par heure 5 à 10 tonnes de mineraï de l'île d'Elbe ou de Sardaigne en morceaux de 5 centimètres de côté. On ne grille pas les minerais menus de l'île d'Elbe, qui ont déjà subi une macération et un lavage sur place. D'après M. Leseure, ingénieur des mines, les minerais de l'île d'Elbe coûtent 19<sup>f</sup>,20, et ceux d'Espagne 26<sup>f</sup>,60 la tonne rendue dans les halles de chargement. La castine provient de carrières éloignées d'une lieue de Toga ; elle coûte, toute cassée, environ 4<sup>f</sup>,60 la tonne rendue dans la halle de chargement. C'est un marbre blanc grisâtre.

Les hauts-fourneaux sont au nombre de quatre, disposés dans deux halles séparées et desservis par deux monte-charges hydrauliques à balance d'eau. Trois de ces hauts-fourneaux n'ont qu'une tuyère, le quatrième en a deux horizontales et opposées. Ce quatrième fourneau, construit sur colonnes en fonte avec étalages et ouvrage libres, a environ 12 mètres de hauteur, 3 mètres de diamètre au ventre et 1 mètre de diamètre aux tuyères ; il ne présente aucune particularité, et nous dirons plutôt quelques mots des trois autres.

Ceux-ci, dont nous donnons le profil fig. 4, pl. I, présentent un profil intérieur particulier ; c'est un double tronc de cône qui ne présente point de séparation entre les étalages et l'ouvrage dont la pente est continue. Le creuset est fermé, comme dans les blau ofen de Styrie ou

---

(1) Voir S. Jordan : *Album de Métallurgie*.

de Carinthie ; il y a seulement de chaque côté de la dame une ouverture : une pour la coulée et une pour faire sortir le laitier et travailler un peu le creuset ; ces ouvertures n'ont que 0<sup>m</sup>,15 à 0<sup>m</sup>,20 de largeur sur toute la hauteur du creuset qui n'est guère que 0<sup>m</sup>,50. Outre cette particularité inconnue dans la plupart des hauts-fourneaux français, les hauts-fourneaux de Toga en présentent encore deux autres très-remarquables aussi. L'une est leur faible capacité, 29 mètres cubes, malgré laquelle ils produisent de 14 à 16 tonnes de fonte en 24 heures ; cette capacité n'est donc que deux mètres cubes environ par tonne de fonte. L'autre est la forte inclinaison de la tuyère et sa position sur la rustine. Ces trois particularités n'ont pas été imaginées à Toga : les hauts-fourneaux de cette usine ont été en grande partie calqués sur ceux existant plus anciennement en Toscane, à Cecina et à Follonica ; et chaque fois qu'en Corse on a voulu s'éloigner des formes et des méthodes de la Toscane, pour traiter les minerais de l'île d'Elbe au charbon de bois, on s'en est mal trouvé.

La production journalière d'un haut-fourneau s'est élevée, dans certains cas, à Toga, jusqu'à 20 et 21 tonnes de fonte grise, le soufflage étant fait, cependant, avec une seule buse. Mais le volume de vent nécessaire est considérable, et il faut aussi une forte pression pour qu'il pénètre dans un ouvrage qui ne peut jamais être convenablement travaillé, étant inaccessible dans beaucoup de ses parties. Il faut aussi remarquer la forte pente des étalages ; elle est indispensable pour ces fourneaux et tend du reste à se généraliser même dans les hauts-fourneaux au coke, qui traitent des minerais riches et fusibles.

Les charges se composent de 275 litres (100 kilog.) de charbon de bois et de 140 à 160 kilog. de mineraux de l'île d'Elbe grillé, rendant 61 p. 0/0. On y ajoute de la castine en quantité convenable, suivant la nature du mineraux (20 à 30 kilog. par charge). Quand on traite des minerais d'Espagne en mélange avec ceux de l'île d'Elbe, la charge

du minerai atteint 180 à 190 kilog. et le rendement n'est plus que 50 à 55 p. 0/0 : la proportion de castine est alors beaucoup moindre, à cause de la nature calcaire des minerais d'Espagne. Nous ignorons comment on modifie la charge pour l'emploi des minerais de Sardaigne ; mais elle doit peu différer de la charge avec les minerais de l'île d'Elbe.

Le volume d'une charge complète (charbon et minerai) est de 350 à 355 litres. On en fait 140 à 150 en 24 heures. Chaque charge ne demeure donc que 13 à 14 heures dans le haut-fourneau pour la transformation du minerai en fonte, puisque la capacité du fourneau n'est que 29 mètres cubes et que 150 charges représentent près de 53 mètres cubes.

Aussi cette descente rapide des charges donne-t-elle de temps en temps lieu à des dérangements et à des chutes de mine, qui se guérissent du reste aussi vite qu'elles se produisent ; les laitiers deviennent noirs, la fonte très-blanche, quelquefois caverneuse, et il tend à se former, autour de la tuyère et quelquefois au fond du creuset, des agglomérations ferreuses que la chaleur et de bons laitiers ultérieurs peuvent seuls détruire.

La pression du vent est de 12 à 14 centimètres de mercure ; sa température a 200 à 250°, et le diamètre du busillon est de 0<sup>m</sup>,100 à 0<sup>m</sup>,110. Le volume de vent engendré par la machine soufflante est, pour un seul fourneau, de 72 à 75 mètres cubes par minute.

Il y a trois soufflantes dans l'usine ; mais deux seulement marchent habituellement et suffisent aux trois fourneaux en feu. L'une est une machine à balancier activant, au moyen d'engrenages et de bielles pendantes, deux cylindres soufflants verticaux ; l'autre est une machine horizontale à action directe, qui n'a rien de particulier ; la troisième machine, habituellement arrêtée, est une machine ancienne à balancier, sans volant. Chacune de ces machines a 60 chevaux de force environ.

Les appareils à air chaud sont des serpentins à quatre

étages de tuyaux horizontaux circulaires ; ils n'ont rien de particulier non plus.

Les hauts-fourneaux de Toga produisent en moyenne 18,000 tonnes de fonte par an. C'est habituellement de la fonte grise ; on ne fabrique des fontes blanches et truitées que plus rarement. Les laitiers de Toga sont bleuâtres et porcelanisés pour la fonte grise, verdâtres et vitrifiés pour les fontes blanches chaudes, verts légers et ponceux pour les fontes blanches froides. On fabrique aussi à Toga quelquefois des fontes blanches lamelleuses et spéculaires, en forçant la proportion de minerais d'Espagne ou en ajoutant des minerais de manganèse de la Spezzia. Les fontes de Toga sont de première qualité pour la production des fers destinés à la cémentation ; elles sont affinées sur place au charbon de bois, comme nous le verrons plus tard.

L'usine de Toga occupe 400 ouvriers.

#### **Usine de la Solenzara (Corse).**

L'usine de la Solenzara, située sur la côte sud-est de la Corse, à l'embouchure de la rivière du même nom, appartient à MM. Jacquinot et C<sup>e</sup>. Elle a exposé ses matières premières et ses produits.

Les charbons sont, comme à Toga, des charbons durs de chêne vert, d'arbousier, de bruyère, de maquis, provenant des forêts environnantes.

Les minerais sont ceux de l'île d'Elbe, d'Espagne, auxquels elle ajoute celui de Farinole (Corse), celui de San Vicenzo (Toscane), et celui de la Spezzia (Piémont), qui arrivent par mer devant l'usine.

Le dernier est un minéral de manganèse à gangue calcaire et un peu ferrifère. Celui de San Vicenzo, ou de Monte-Valério, s'exploite en face de Solenzara, dans le Campigliese toscan, entre Piombino et Porto-Vecchio : c'est un oxyde de fer hydraté, à gangue siliceuse de couleur brunâtre. Il donne à l'analyse :

Peroxyde de fer. . . . .	69,00
Silice. . . . .	15,00
Alumine. . . . .	5,00
Eau. . . . .	10,00
	<hr/>
	99,00

Les hauts-fourneaux sont au nombre de deux, tout à fait semblables à ceux de Toga. Seulement, ils font en général des campagnes beaucoup plus courtes. L'usine est dans une région plate, empêtrée par la fièvre et rendue inhabitable pendant trois mois de l'année ; aussi les campagnes sont-elles de huit à neuf mois seulement.

L'usine de Solenzara possède une machine soufflante d'un système particulier, horizontale, à action directe, avec tiroir à vent cylindrique ; elle est figurée et décrite dans l'album de métallurgie que j'ai publié.

A l'Exposition, MM. Jacquinot et C<sup>e</sup> ont exposé des fontes grises et des fontes blanches lamelleuses, ainsi que des laitiers, les uns blancs, boursouflés et ponceux, d'autres vitreux, translucides, de couleur foncée, noire violacée, ce sont des laitiers de fonte grise ; d'autres, également vitreux, mais verdâtres : ce sont des laitiers de fonte blanche.

L'usine de Solenzara produit 6 à 7,000 tonnes de fonte par an ; ces fontes sont employées surtout pour les puddlages fins, concurremment avec les fontes supérieures au coke.

#### Usines de Rustrel (Vaucluse).

Il existe, auprès de la petite ville d'Apt, dans le département de Vaucluse, à Rustrel, deux hauts-fourneaux au charbon de bois appartenant à deux usines rivales, qui ont pendant quelque temps fourni les quincaillers de Marseille de fontes moulées, poteries et sableries de diverses natures. Ils traitaient tous deux un minerai local hydraté, brunâtre, à cassure résinoïde, labourée dans divers sens par quelques tubulures, et appartenant à l'étage inférieur des terrains tertiaires, subordonné aux

argiles rouges qui paraissent depuis les bords de l'étang de Berre jusqu'aux flancs de la montagne de Sainte-Victoire, près Aix. Ce mineraï, dit de Notre-Dame-des-Anges, fournissait 45 à 48 p. 0/0 de fonte. Voici son analyse :

Peroxyde de fer . . . . .	68,0
Silice . . . . .	14,0
Alumine . . . . .	0,0
Chaux et magnésie . . . . .	7,0
Acide phosphorique . . . . .	0,6
Eau et acide carbonique . . . . .	10,0
Perte . . . . .	0,4
	<hr/>
	100,0

La fonte qu'il fournissait était remarquable par sa fragilité, due sans doute à la présence du phosphore, et peut-être aussi à une manière d'être particulière du silicium dans le mineraï et dans la fonte.

Ces deux hauts-fourneaux sont éteints actuellement. Ils étaient les seuls au charbon de bois de notre groupe sur le continent français.

Nous terminerons l'étude du groupe sud-est par quelques données statistiques.

D'après les documents publiés par l'administration des mines, la production de fonte, en 1864, a été :

24,108 tonnes de fonte au bois.
315,092 tonnes de fonte au coke.
<hr/> 339,200 tonnes en tout.

En 1865, d'après les bulletins du Comité des forges, ces chiffres ont été :

14,478 tonnes de fonte au bois.
327,104 tonnes de fonte au coke.
<hr/> 341,582 tonnes en tout.

En 1866 :

14,946 tonnes de fonte au bois.
341,353 tonnes de fonte au coke.
<hr/> 356,299 tonnes en tout.

Nous ferons remarquer que la production de fonte de ce groupe, à l'inverse de plusieurs autres groupes, est allée en croissant depuis 1864 à 1866 ; ce fait est dû à l'envahissement des marchés de l'intérieur par les fontes supérieures au coke, fabriquées dans les usines du sud-est au moyen des minerais méditerranéens, envahissement qui a amené l'extinction d'un certain nombre de hauts-fourneaux au charbon de bois dans l'est et dans le centre de la France.

## DEUXIÈME GROUPE.

### GROUPE DE LA MOSELLE.

Nous comprenons dans ce groupe toutes les usines à fonte des départements de la Moselle et de la Meurthe ; elles se trouvent dans des conditions presque identiques au point de vue de la qualité des minerais qu'elles consomment. Ces conditions sont bien différentes de celles des usines dont nous venons de nous occuper : loin d'employer des matières riches et de qualité supérieure venant de l'étranger, elles fondent les minerais locaux dont la qualité est médiocre, mais l'abondance extrême et le coût très-réduit. Ce sont les minerais oolithiques de la puissante formation de la Moselle. Si certaines d'entre elles emploient des minerais venant de l'étranger (grand-duché de Luxembourg), ceux-ci sont identiques, appartiennent à la même formation, et leur importation n'est motivée que par des circonstances de localité. Du reste, elle est compensée par des exportations de minerais du groupe qui se font vers la Belgique. Quelques usines d'un groupe voisin, celui de Champagne, consomment aussi des minerais de la Moselle ; mais nous n'avons pas cru devoir les adjoindre à celui dont nous nous occupons maintenant, et qui est aussi *naturel* qu'il est possible. Nous allons l'étudier avec quelque détail ; l'immense importance qu'il a

prise depuis quelques années le rend intéressant pour tous les maîtres de forge. Nous commencerons par nous occuper des minerais, en nous aidant et en reproduisant même des extraits de la Notice publiée par le Corps impérial des mines et de divers documents et renseignements recueillis sur place ou à l'Exposition.

#### **Minerais.**

Les minerais qui alimentent les hauts-fourneaux de notre groupe appartiennent presque uniquement à deux espèces bien distinctes : le *minéral oolithique* qui forme la majeure partie, le *minéral d'alluvion* ou *minéral fer fort*, qui a beaucoup moins d'importance. Cependant, il existe encore d'autres gisements, dont nous ne dirons que quelques mots pour ne plus y revenir, à savoir :

Le *grès ferrifère* (25 p. 0/0 de fer) qui se trouve en filons et en plaquettes stratifiées dans le grès des Vosges, et qui était exploité pour les hauts-fourneaux de Creutzwald, dans la plaine qui s'étend entre Saint-Avold et Creutzwald.

Les *minéraux carbonatés* qui se trouvent en rognons stratifiés dans les marnes irisées et dans les marnes supérieures du lias, et qui contiennent de 25 à 30 p. 0/0 de fer. Ils étaient aussi exploités dans les bois de Bouzonville et les champs de Saint-Julien-lès-Metz pour les fourneaux de Creutzwald. Mais leur exploitation est abandonnée maintenant, croyons-nous.

Enfin, des *minéraux diluviens* qui proviennent de la destruction de l'étage oolithique inférieur, et qui sont quelquefois mélangés de fragments roulés de la période d'alluvion. Ils sont de qualité un peu supérieure aux oolithiques restés en place, et on les exploite comme *minéral fer fort*, notamment dans la forêt de Florange pour les fourneaux d'Hayange. Ils contiennent 40 à 50 p. 0/0 de fer et sont d'un traitement facile. Voici l'analyse d'un de ces minéraux en plaquettes et grains arrondis, à poussière jaune, de Florange :

Peroxyde de fer . . . . .	72,0
Silice gélatineuse . . . . .	2,5
Sable et argile . . . . .	9,7
Alumine . . . . .	2,8
Chaux et magnésie . . . . .	traces
Eau . . . . .	12,5
Acide phosphorique . . . . .	traces
	99,5

Nous nous occuperons maintenant des minerais réellement importants de notre groupe.

MINERAIS OOLITHIQUES. — Le gisement de mineraï de fer hydroxydé oolithique, qui occupe la partie supérieure de la formation du lias, ou qui, suivant d'autres géologues, appartient à l'étage oolithique inférieur, constitue aujourd'hui le plus important gisement de mineraï de fer en France. Il s'étend dans la Moselle et dans la Meurthe, sous le grand plateau jurassique qui forme la partie ouest de ces deux départements, affleure dans les vallées, à partir de Longwy (Moselle) au nord, jusqu'au-delà de Pont-Saint-Vincent (Meurthe) au sud, et présente des exploitations disséminées sur toute cette étendue qui embrasse, à vol d'oiseau, une distance de plus de 100 kilomètres.

Ses affleurements se montrent sur la falaise qui termine ce plateau, c'est-à-dire au nord, le long de la frontière française, et dans les déchirures formées par quelques vallées secondaires, telles que la Chiers, la Moulaine, l'Alzette, la Feusch, l'Orne ; puis sur le versant gauche de la Moselle jusqu'à Liverdun, sur les deux versants de la vallée de la Meurthe, aux environs de Nancy ; enfin, sur les deux versants de la Haute-Moselle, entre Pont-Saint-Vincent et Sexey-aux-Forges.

L'allure de la formation est, en général, celle des terrains liasiques et jurassiques, c'est-à-dire qu'elle plonge aux environ de Nancy, de l'est à l'ouest, tandis que le long du bord nord du plateau oolithique, les couches plongent vers le sud-sud-ouest. La pente ne dépasse pas en général 3 centimètres par mètre.

Le gite d'hydroxyde oolithique forme, tantôt une seule, tantôt plusieurs couches, dont la puissance totale varie, avec les intercalations marneuses, entre 2 et 35 mètres. Il repose directement sur le grès supraliasique et est nettement terminé à sa partie supérieure par des marnes grises micacées, qui présentent un horizon d'une constance remarquable. La moyenne de l'épaisseur de chaque couche est environ 4 mètres, y compris quelquefois des nerfs calcaires variables. Lorsqu'il y a plusieurs couches, elles sont séparées par des bancs marneux, calcaires ou gréseux, et le minerai participe lui-même, suivant les couches ou suivant les localités, à l'une de ces trois natures, en étant tantôt siliceux, tantôt marneux ou calcaire. Il n'est pas rare de trouver dans une même concession deux et même trois étages de minerais exploitables.

Les couches sont composées de petits grains d'hydroxyde de fer, très-brillants à la surface et ayant communément la grosseur d'une tête d'épingle, lesquels sont agglutinés par un ciment calcaire ou argileux : le tout est coloré en jaune, en brun ou en rouge, par l'oxyde de fer. On y trouve disséminées, sous forme de masses irrégulières, des roches oolithiques, bleuâtres ou verdâtres, qui sont des mélanges d'hydroxyde et d'un silicate particulier de protoxyde de fer (les minerais bleus sont magnétiques, mais non magnéti-polaires ; les verts ne sont pas magnétiques). Quelquefois les diverses variétés sont mélangées dans une même couche, qui offre alors une grande bigarrure de couleur. Toute la formation est traversée par des veinules d'hématite avec une grande quantité de fossiles (ammonites, béléminites) et des débris de sauriens ; la présence de ces détritus rend les minerais notamment phosphoreux. On y a aussi trouvé, mais assez rarement, de la pyrite en rognons cristallisés à la surface, de la galène, de la blende et de la baryte sulfatée.

Dans la vallée de la Moselle, à la hauteur de Metz, le gite a 2 mètres de puissance ; à Moyeuvre, il forme

plusieurs bancs, séparés par des lits de calcaire marneux et sableux, et à Hayange la couche exploitée a 3 ou 4 mètres de puissance moyenne et offre la succession d'assises marneuses et ferrifères que l'on observe dans la vallée de l'Orne. A Ottange, où la falaise, après avoir couru vers le nord, tourne brusquement à l'ouest, le gîte atteint sa plus grande épaisseur. Il se compose de deux masses principales de mineraï, de 4 à 5 mètres d'épaisseur chacune, séparées par un intervalle de 25 mètres, intervalle rempli par des couches sableuses peu consistantes où domine, tantôt le calcaire, tantôt l'oolithe ferrugineuse, mais qui ne sont jamais assez riches pour constituer un véritable mineraï. En marchant vers l'ouest, à partir d'Ottange, on voit le gîte diminuer sensiblement de puissance, et quand on arrive à Vezin, il se réduit à une seule couche qui a 2 mètres d'épaisseur.

De tous les minérais français, c'est celui qui fournit la plus grande masse de produits ; il est pour ainsi dire inépuisable. Associé à une gangue calcaire, il est très-fusible et rend en moyenne 33 p. 0/0 de fonte ; il n'a d'autre inconvénient que de renfermer un peu d'acide phosphorique. Il est l'aliment presque exclusif des hauts-fourneaux au coke du groupe, et entre aussi pour une quantité plus ou moins grande, suivant la qualité de la fonte à produire, dans le lit de fusion des hauts-fourneaux au bois.

Il est exploité à ciel ouvert sur les affleurements et par travaux souterrains sous les plateaux. On l'expédie aux usines après un simple triage fait sur les chantiers de production. Le prix de revient de la tonne sur les lieux d'extraction ne dépasse pas 2 francs. Ce seul chiffre permet d'avoir une idée des conditions toutes particulières où se trouve la fabrication de la fonte dans notre groupe.

Le mineraï oolithique fait l'objet de 32 concessions dans notre groupe, occupant une superficie de 14,614 hectares, parmi lesquelles les plus importantes sont : celles d'Hayange (2,760 hect.), de Moyeuvre (1,496 hect.), d'Ottange (554 hect.), de la Charbonnière et des Varraines, à

Ars (590 hect. ensemble), de Mance, de Gorgimon, aussi à Ars, etc. Ces concessions ont extrait 820,000 tonnes environ en 1865, et davantage encore en 1866. Elles ont exporté des quantités considérables par les chemins de fer et les canaux pour la Belgique et le bassin de la Sarre.

Le gite renferme, ainsi qu'on a déjà pu le comprendre, quatre variétés de minerais qui diffèrent aussi bien par leur composition que par leurs propriétés physiques. Ce sont :

1<sup>o</sup> Les *minerais bruns, rouges, jaunes*, qui sont un hydrate à gangue siliceuse ou calcaire, renfermant à peu près 15 p. 0/0 d'eau, et dont la coloration varie probablement avec la petite quantité de peroxyde anhydre disséminée dans le ciment. Ce sont les plus ordinaires ; ils occupent la partie supérieure du gisement, et sont les plus employés à Ars, à Longwy, etc. ;

2<sup>o</sup> Les *minerais bleus*, qui se trouvent disséminés dans les bruns en divers endroits, à Ars, à Senelle, à Hayange. C'est un mélange d'hydrate, de peroxyde et de hydro-silicate (d'autres disent carbonate) de protoxyde de fer ;

3<sup>o</sup> Les *minerais verts*, qui ont à peu près la même composition. On ne les trouve qu'à Hayange. Ils occupent, comme les précédents, la partie inférieure du gite ;

4<sup>o</sup> Les *minerais bigarrés* moins rares que les deux précédents, et qui sont un mélange également exploité dans la partie inférieure du gite.

On distingue encore, suivant les localités, des sous-variétés, dont nous dirons quelques mots à propos des usines particulières qui les traitent. Les minerais oolithiques donnent une coloration bleue aux laitiers des fourneaux : on attribue quelquefois cette coloration au fer titané ; il est plus rationnel de l'attribuer au phosphore. Leur richesse moyenne est 38 p. 0/0 de fer ; mais on admet qu'ils ne rendent guère dans le traitement au fourneau que 33 p. 0/0 de fonte.

Voici les analyses de quelques spécimens de ces minérais :

	Brun de Ottange.	Brun de Moyeuvre.	Bleu de Hayange.	Vert de Hayange.	Bigarré de Moyeuvre.
Peroxyde de fer . . .	38,50	66,50	41,10	21,00	54,00
Protoxyde de fer . . .	*	*	32,00	22,00	9,50
Sable . . . . .	*	*	1,00	3,50	*
Silice . . . . .	47,50	9,00	8,50	9,50	3,00
Alumine . . . . .	4,50	5,50	2,20	3,50	7,00
Carbon. de chaux . .	traces	3,00	2,20	19,00	6,00
Carb. de magnésie . .	*	2,20	1,80	2,70	1,00
Eau . . . . .	9,50	13,60	10,50	17,00	16,00
Ac. phosphorique . .	non dosé	non dosé	0,70	non dosé	non dosé
	100,00	99,80	100,00	98,20	100,00

MINERAIS D'ALLUVION. — La lisière nord-ouest du département de la Moselle renferme de nombreux dépôts de minéral de fer en grains que l'on rapporte à la période tertiaire. La bonne qualité de ces minérais, par rapport à celle des minérais oolithiques, et surtout l'absence du phosphore, leur ont fait donner le nom de *minérais fer fort*.

Ils se présentent en blocs de dimensions variables, quelquefois énormes, et en grains au milieu d'argiles sableuses qui, tantôt sont simplement superficielles, tantôt s'enfoncent dans de grandes poches et des fissures rectilignes, alignées suivant des directions déterminées, et dont les parois sont formées par des couches de l'étage oolithique inférieur. Ce sont des hydrates bruns veinés de jaune, légèrement caverneux et offrant des géodes tapissées de petits cristaux de quartz ; leur poussière est jaune.

C'est à ces minérais, dont la richesse variait de 40 à 50 p. 0/0, qu'était due la réputation des fers et des fontes au bois de la Moselle. Leur allure est très-variable ; ils sont tantôt superficiels, tantôt ils règnent sur des hauteurs de plus de 30 mètres. On les extrait à ciel ouvert, mêlés aux terres argileuses et sableuses qui les contiennent, et on les soumet au lavage dans de simples lavoirs à bras, où ils donnent environ une partie de minéral lavé pour

deux à trois parties de minerai brut. Les maîtres de forge, admis aux contingents, ont construit en commun un établissement de lavage.

Les minières d'où on l'extractait étaient autrefois fort nombreuses dans l'arrondissement de Briey, notamment dans les bois d'Aumetz, d'Audun-le-Tiche, d'Ottange, de Saint-Pancré, de Butte, etc. Mais beaucoup d'entre elles sont abandonnées, soit en raison de leur épuisement, soit en raison de l'abaissement du prix des fontes fortes (ces minerais étaient employés pour donner de la résistance aux fontes de moulage), soit en raison de l'appauvrissement des minerais eux-mêmes, qui ne rendent plus que 30 à 40 p. 0/0, même moins quelquefois, et qui ne peuvent plus supporter des frais de lavage et de transport aussi considérables.

Voici les analyses de deux espèces de ces minerais, datant de 15 à 16 années, d'après MM. Langlois et Jacquot :

	Butte.	Aumetz.
Peroxyde de fer . . . . .	68,00	68,50
Peroxyde de manganèse . . .	*	0,50
Eau . . . . .	10,00	11,00
Silice . . . . .	20,00	5,50
Sable . . . . .	{ 20,00	11,00
Alumine . . . . .	2,00	2,50
Magnésie . . . . .	*	0,40
Soufre et phosphore . . . . .	*	*
	400,00	99,40

Mais les minerais d'Aumetz paraissent avoir dégénéré et sont souvent maintenant, comme on dit, remplis de coquins. On en aura une idée par les analyses de quatre échantillons pris sur le contingent de 1862 et analysés par M. Ch. Mène, à Lyon :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Peroxyde de fer . . . . .	37,50	37,80	61,00	63,50
Eau et pertes . . . . .	7,00	7,20	8,00	8,50
Silice . . . . .	53,20	53,00	30,00	27,20
Alumine . . . . .	2,30	2,00	1,00	0,80
Soufre et phosphore . . . . .	0,00	0,00	0,00	0,00
	100,00	100,00	100,00	100,00

Les quantités extraites ont été, en 1865, de 38,000 tonnes environ, qui ont été consommées sur place ou dans les départements voisins, de la Meuse et des Ardennes. Une petite portion a été exportée dans la Prusse rhénane.

#### Statistique des usines à fonte du groupe.

Nous avons cherché à établir, d'après les documents publiés par l'administration des mines et surtout d'après des renseignements particuliers plus récents, la statistique des usines à fonte du groupe. Voici le résultat auquel nous sommes parvenu pour les usines existant au 1<sup>er</sup> janvier 1867 :

#### *Département de la Moselle.*

	Hauts-fourneaux au coke.	au bois.
Usines d'Ars. MM. Dupont et Dreyfus . . . . .	8	-
— d'Ars. MM. Karcher et Westermann . . . . .	2	-
— de Novéant. Société anonyme de Vezin-		
Aulnoye. . . . .	2	-
— de Gorcy. M. J. Labbé . . . . .	2	1
— de Herserange. MM. Aubé et Cie . . . . .	3	-
— de Moulaine. MM. Muaux et Cie. . . . .	2	-
— de Cons-la-Granville. M. de Lambertye. .	1	1
— de Mont-Saint-Martin. M. J. Labbé. . . . .	3	-
— du Prieuré (Longwy). M. D'Adelsward. .	2	-
— de Longwy bas. MM. Giraud et Cie. . . . .	2	-
— de Rehon. Soc. anon. de la Providence .	2	-
— de Senelle. M. d'Huart. . . . .	1	-
— de Sainte-Claire-de-Villerupt. Hoirs de		
La Vieuville. . . . .	-	3
— de Villerupt-sur-l'Alzette. Hoirs de La		
Vieuville. . . . .	-	2
— de Creutzwald. MM. Schlincker et Cie. .	2	-
— d'Ottange. MM. Jahiet, Gorand, Lamotte		
et Cie. . . . .	4	-
— de Moyeuvre. M. de Wendel. . . . .	4	-
— d'Hayange. M. de Wendel. . . . .	4	2
— de Styring-Wendel. M. de Wendel. . . .	5	-
— d'Audun-le-Tiche. MM. Bauret frères . .	-	1 (ét.)
— de Loppigneulle et Longuyon. Comtesse		
d'Hofflise. . . . .	-	2 (id.)

*Département de la Meurthe.*

	Hauts-fourneaux au coke. au bois.	
Usines de Frouard. MM. A. Lang et Cie. . . . .	3	*
— de Pont-à-Mousson. MM. Haldy, Röchling et Cie . . . . .	2	*
— de Liverdun. MM. Barbe père, fils et Cie. .	2	*
— de Héming. MM. Lasson, Salmon et Cie. .	4	*
— de Champigneulles. MM. Karcher et Wes- termann. . . . .	1	*
— de Jarville. MM. A. Leclercq et Cie. . . .	2	*
— de Maxéville. Société de Vezin-Aulnoye. .	2	*
— de Chavigny. MM. Salin, Magnin et Cie. .	1	*

**Usines de MM. Dupont et Dreyfus, à Ars.**

Ces usines ont exposé une belle collection de fers marchands, qui attire l'œil du visiteur entrant par le vestibule d'honneur dans le Palais du Champ-de Mars. Nous aurons à dire plus tard ce que nous pensons de ces fers marchands ; nous voulons, pour le moment, simplement entretenir le lecteur de la fabrication de la fonte dans les deux usines Saint-Paul et Saint-Benoit.

**MINERAIS.** — Les forges d'Ars travaillent uniquement les fontes d'Ars, produites avec le mineraï d'Ars.

Le mineraï provient des deux concessions réunies de la Charbonnière et des Varraines, attribuées, l'une à l'usine Saint-Benoit, l'autre à l'usine Saint-Paul. Ces deux concessions contigüës contiennent à peu près le même mineraï ; c'est le type oolithique dont nous avons parlé plus haut. Comme nous l'avons dit déjà, ce type admet de grandes variations, aussi bien comme richesse que comme gangues. Il varie, non-seulement d'une localité à une autre, mais encore dans la même concession ; et à Ars, on distingue et on sépare ces variétés suivant la qualité de fonte à produire. Sans discuter pour le moment l'influence de la composition des minéraux, on comprend que les fontes des minéraux siliceux diffèrent des fontes des minéraux calcaires ; la proportion des uns et des autres varie selon qu'on

prend dans tel ou tel quartier de la mine ; en général , le mineraï traité est plutôt siliceux que calcaire.

Voici des analyses faites à Metz, en 1849, sur des échantillons provenant de la concession de la Charbonnière :

	Minerais siliceux.	Minerais calcaires.
Eau. . . . .	14	13
Peroxyde de fer. . . . .	35	30
Silice. . . . .	20	4
Alumine . . . . .	8	3
Carbonate de chaux. . . .	3	29
Carbonate de magnésie. . . .	traces	1
	<hr/> 100	<hr/> 100

Les échantillons avaient dû être pris sur des morceaux des affleurements.

On trouve à Ars les diverses variétés que nous avons signalées déjà, et on y distingue surtout le mineraï jaune, le rouge, le brun et le bleu. Voici des analyses de ces diverses sortes faites au laboratoire de l'École des mines. en 1857 :

	Jaune.	Rouge.	Brun.	Bleu.
Peroxyde de fer. . . . .	49,35	52,90	45,83	46,75
Argile et un peu de sable. . .	4,00	18,00	24,50	12,00
Alumine. . . . .	3,75	8,20	11,70	4,36
Chaux. . . . .	15,00	2,00	2,50	5,00
Acide phosphorique. . . . .	2,20	1,90	0,95	1,60
Perte au feu. . . . .	22,00	17,00	14,00	27,50
	<hr/> 98,50	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00	<hr/> 97,21

L'essai par la voie sèche a donné : fonte p. 0/0 . . .	35,00	37,60	31,00	32,40
Nature de la fonte. . . . .	truite	blanche	blanche	blanche
Silicium dans la fonte p. 0/0.	0,94	0,94	0,47	0,47
Soufre id. . . . .	0,00	0,00	0,002	0,00
Phosphore id. . . . .	traces	0,0084	0,0122	0,017

A cette époque, on consommait à Ars des cokes de Sarrebruck , tenant de 12 à 15 p. 0/0 de cendres.

Les laitiers avaient la composition suivante :

Silice . . . . .	38,50
Alumine. . . . .	23,00
Chaux. . . . .	38,00
	<hr/> 99,50

C'est-à-dire S<sup>20</sup> B<sup>24</sup> avec une forte proportion d'alumine. On produisait des fontes d'affinage, dont trois numéros analysés donnèrent :

	Silicium.	Soufre.	Phosphore.
Fonte fibreuse. . . . .	0,94	0	4,12
Fonte lamelleuse. . . . .	0,47	0	4,40
Fonte truitée. . . . .	0,94	traces	0,88

Les variétés jaune, rouge et brune sont celles qui dominent, et on a, d'ailleurs, en proportion plus ou moins grande, tous les intermédiaires entre ces trois éléments principaux. En supposant même le minerai d'Ars réduit à ces trois éléments, on comprend que leur proportion entre eux ne saurait être indifférente. Aussi elle est l'objet d'expériences suivies, et pour n'avoir pas à faire, soit des triages, soit des mélanges qui seraient onéreux et même difficiles à réaliser, l'exploitation des mines est divisée en trois grands centres d'exploitation, où chaque élément domine spécialement. On admet que l'on obtient dans chaque centre un échantillon moyen, dont on détermine de temps en temps la composition, et qui alors est introduit sur les aires de cassage, conformément à la proportion voulue pour le mélange au fourneau. Cette organisation remarquable a été installée avec un soin attentif par MM. Remaury, directeur des usines de MM. Dupont et Dreyfus ; et l'on comprend que, grâce à elle et à l'étude des dosages, il soit arrivé à fabriquer au coke, avec les minerais médiocres dont il dispose, des fontes et des fers, dont la qualité ne pouvait être obtenue avec l'ancien système du mélange complet de toutes les variétés.

Il faut ajouter qu'à Ars, les mines de fer sont contiguës aux hauts-fourneaux, au niveau même de leurs gueulards pour quelques-uns. Aussi le minerai arrive-t-il dans des conditions de prix de revient singulièrement économiques ; son coût ne doit pas dépasser 3<sup>f</sup>,00 à 3<sup>f</sup>,50 la tonne toute cassée.

Une castine d'Ars, analysée en 1857 à l'École des mines, a donné :

Résidu insoluble. . . . .	1,00
Perte au feu. . . . .	43,50
Chaux . . . . .	53,50
	<hr/> 100,00

COKES.—On ne fait plus à Ars que de la fonte au coke. MM. Dupont et Dreyfus y avaient autrefois trois fourneaux au charbon de bois ; mais ces fourneaux ont été successivement et progressivement transformés pour la fabrication au coke , en passant par l'emploi des mélanges de cokes et de charbon de bois. Un haut-fourneau au bois, donnant trois tonnes de fonte par 24 heures, est arrivé à fournir 18 tonnes de fonte au coke truitée, spéciale pour fer maréchal. Dans le roulement au charbon de bois ou au mélange, on employait les minerais fer fort d'Aumetz en mélange avec le minerai d'Ars ; mais ils sont maintenant abandonnés.

Les usines d'Ars consomment des cokes de diverses provenances, dont la moitié environ vient du bassin de Sarrebruck et l'autre moitié des bassins Belges et surtout de celui de Charleroi. Elles ont beaucoup souffert de la récente crise houillère en Belgique , pendant laquelle les fabricants de coke ont livré à leurs acheteurs des produits de qualité tout à fait inférieure, en refusant d'accepter aucune garantie de teneur en cendres. Il existait, avant la dernière hausse des combustibles, des conditions d'incinération pour déterminer contradictoirement la tenue en cendres ; les fabricants de cokes n'ont pas craint de les repousser, et même, au moment de la plus grande cherté, de doubler, par la suppression du lavage des menus à carboniser, la quantité des chistes qu'ils renfermaient. Les usines du bassin de la Moselle ont considérablement souffert de ces changements brusques de qualité des cokes qui variaient depuis 10 et 12 p. 0/0 jusqu'à 25 p. 0/0 de cendres ; MM. Dupont et Dreyfus en particulier avaient constamment à craindre de troubler leurs rapports avec la clientèle difficile , qui consomme les fers spéciaux, sans parler des perturbations apportées dans les prix de re-

vient. Aussi, suivant en cela l'exemple déjà donné par M. de Wendel, ils ont pris le parti de s'affranchir du joug des fabricants de coke, et ils ont créé à Saint-Jean, près de Sarrebruck, à portée du canal et du chemin de fer, une usine de carbonisation, qui se composera, lorsqu'elle sera finie, de 15 fours Appolt.

Cette usine, qui alimente déjà une partie des fourneaux d'Ars, pourra donc fabriquer annuellement 70,000 à 80,000 tonnes de coke, et même 90,000 tonnes, si tous les fours étaient en roulement en même temps.

APPAREILS. — Chacune des deux usines possède quatre hauts-fourneaux ; elles comprennent donc en tout huit fourneaux. Ceux-ci, par suite de leurs diverses appropriations, offrent différents types et des dimensions aussi diverses. Le haut-fourneau construit le plus récemment et qui paraît être le type préféré, est un fourneau de l'usine Saint-Benoit, construit sur colonnes de fonte et complètement dégagé de maçonnerie non réfractaire dans sa partie inférieure, au-dessous de la couronne en fonte qui porte le tout. Nous en donnons le dessin pl. II, fig. 4. On trouve encore à Saint-Benoit un haut-fourneau à dé cubique et à tour pyramidale, de la forme usitée en Belgique, et deux autres fourneaux qui, autrefois au bois, ont été transformés en appareils au coke.

Le haut-fourneau sur colonnes n° 1, le seul sur la construction duquel nous nous arrêterons un instant, est muni d'une prise de gaz avec trémie cylindrique et couvercle avec joint hydraulique. La sole en briques est entourée d'une auge en fonte où circule de l'eau ; il y a des bâches à eau autour du creuset, et on injecte de l'eau sur le parement extérieur de l'ouvrage dans les embrasures, de façon à rafraîchir la matière réfractaire et à maintenir la forme intérieure de l'ouvrage.

Les matières sont élevées à Saint-Benoit au niveau des gueulards, par le moyen d'un monte-charge hydraulique. Les wagons de chargement sont à charge complète ; ils sont prismatiques, et s'ouvrent en bas au moyen de deux

volets mobiles autour des grands côtés ; chaque volet est muni de deux contre-poids qui le referment, quand la caisse est vide. Le wagon à cokes cube 2 mètres cubes.

Le fourneau n° 1 est desservi par une conduite de vent circulaire, supportée par les colonnes, et où s'ajustent des porte-vents verticaux, munis en haut d'un joint à rotule et en bas d'un clapet papillon. Il a cinq porte-vents ; mais on n'en emploie ordinairement que quatre.

Le vent est fourni par trois machines soufflantes savoir : une machine à balancier et deux machines horizontales, d'une force totale de 250 chevaux environ. Les machines horizontales, construites par MM. Warrall, Elwell et Middleton, sont à action directe : les pistons sont munis de deux tiges en fer creux situées à 45° de part et d'autre du plan de symétrie. Les trois machines peuvent fournir 450 mètres cubes de vent par minute environ. Ce vent est chauffé dans des appareils à serpentins d'un type usité dans le pays ; les tuyaux de chauffe sont ellipsoïdes, divisés en trois compartiments par deux nervures et posés à plat sur les plaques de fonte qui forment les pignons de l'appareil. Les coudes sont en dehors, et pour empêcher la déperdition de chaleur, on les renferme dans des boîtes en tôle fixées contre les plaques de fonte et bourrées de terre et de fraisil. Il y a pour chaque tuyère un appareil composé de 12 tuyaux ; on calcule sur une surface de chauffe de 1 mètre carré par chaque kilogramme d'air lancé par minute.

La vapeur provient de chaudières à deux bouilleurs chauffées par les gaz, au moyen de deux circulations seulement, et pour lesquelles on n'a point établi de grilles ; les gaz suffisent à la génération de la vapeur, sans consommation de houille. Les chaudières sont fort longues (16 et 20 mètres). On ne compte que sur une production de 8 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe ; aussi le nombre et les dimensions des chaudières sont-ils assez grands.

FABRICATION DE LA FONTE. — Sous l'habile direction de

M. Remaury, la production de la fonte a fait des progrès fort remarquables à Ars, depuis 1857. A cette époque, il y avait en feu six hauts-fourneaux ; depuis lors, la production du fer a triplé, et, cependant, quatre hauts-fourneaux suffisent.

Des essais comparatifs sont commencés entre les hauts-fourneaux à trois et à cinq tuyères, au point de vue de la fonte la meilleure et la plus économique. Les derniers peuvent atteindre, avec les minerais relativement pauvres de la Moselle, et malgré la forte proportion de fondant qu'ils exigent encore, des productions de 45 tonnes en 24 heures. Mais il ne faut pas chercher à exagérer cette production journalière ; il est reconnu par beaucoup d'ingénieurs que les exagérations de production en amènent aussi dans les consommations. Il ne suffit pas de chercher l'économie dans la fabrication de la fonte :

- 1<sup>o</sup> Par l'étude des matières premières ;
- 2<sup>o</sup> Par les dosages les plus favorables ;
- 3<sup>o</sup> Par les mélanges les plus avantageux ;
- 4<sup>o</sup> Par les heureuses proportions des fourneaux ;
- 5<sup>o</sup> Par la régularité, la chaleur et la pression du vent ;
- 6<sup>o</sup> Par la discipline du personnel,

il faut encore et surtout établir la vitesse normale de descente des charges, en deçà de laquelle, il y a perte de production, au-delà de laquelle, il y a perte par excès de consommation. Un fourneau de dimensions ordinaires, qui donne par mois 1,000 tonnes de bonne fonte d'affinage, peut être considéré comme en excellent roulement.

A Ars, on tend à produire des fontes blanches ou truitées, jamais des fontes grises ; et parmi les fontes blanches, on distingue des numéros très-nets et appropriés aux natures diverses de fers que les laminoirs réclament.

Le grand haut-fourneau sur colonnes de Saint-Benoit, qui vient d'être mis hors feu pour le réparer, produisait, il y a quelques années, 32 à 35 tonnes de fonte blanche par jour avec trois tuyères ; mais dans les derniers temps, il produisait 40 à 45 tonnes avec quatre buses du dia-

mètre de 120 millimètres, le vent étant à 12 centimètres de mercure de pression et à 300° de température. Les charges à ce fourneau sont très-considérables : celle de coke se compose de deux wagons, soit 4 mètres cubes, soit environ 1,600 kilogrammes ; et celle de minerai a atteint quelquefois 4,500 kilogrammes. On a obtenu avec ces charges énormes et inusitées dans la plupart des usines françaises, une régularité d'allure plus grande. La castine se charge par-dessus le coke dans le même wagon. On consomme par tonne de fonte un peu plus de trois tonnes de minerai (le rendement variant de 30,5 à 31 p. 0/0) ; la consommation de coke est, y compris les déchets, de 1,300 à 1,400 kilogrammes, et celle de castine est environ 20 p. 0/0 du poids du minerai chargé. Le roulement de ce haut-fourneau est très-remarquable, et donne un exemple typique du traitement des minerais oolithiques de la Moselle.

La production totale annuelle des usines de MM. Dupont et Dreyfus ne dépasse guère 40,000 tonnes de fonte ; mais elle pourrait être beaucoup plus considérable, si les huit fourneaux étaient en feu. Ils extraient annuellement 160,000 tonnes de minerais et castine, et consomment 55 à 60,000 tonnes de coke.

#### Usines de MM. Karcher et Westermann.

Ces maîtres de forges possèdent à Ars deux hauts-fourneaux au coke, construits sur le type adopté par MM. Thomas et Laurens ; nous en donnons la coupe, pl. II, fig. 1.

Ils y traitent les minerais oolithiques des concessions de Mance, qu'ils exploitent à Ars même, et ils traitent à Champigneulles, près de Nancy, le minerai de leur concession du même nom. Ils exposent deux obélisques monolithes de ces minerais, qui montrent la puissance des couches. Les fontes qu'ils fabriquent servent au moulage et à l'affinage pour fers de casserie et de pointerie.

#### **Usine de Novéant.**

Il y avait naguère à Novéant deux usines à fonte, mais l'une a été fermée et démolie avant d'avoir été mise en feu. L'autre, dite la *Forge-Haute*, appartient à la société anonyme de Vezin-Aulnoye. Elle comprend deux hauts-fourneaux de forme belge avec masse en pierre de taille : un seul est en feu habituellement ; ils sont desservis par un monte-charge hydraulique et soufflés par deux soufflantes horizontales à tiroir, système Marcellis : les appareils à air chaud sont du système dit de Calder. L'installation de l'usine ne présente rien d'intéressant à signaler.

On y pratique la fabrication des pavés de porphyre artificiel, au moyen des laitiers du haut-fourneau, suivant le système inventé par les ingénieurs de la société : nous ignorons si l'on en tire un parti bien avantageux.

#### **Usines de la Meurthe.**

En nous éloignant de Metz et en nous dirigeant sur Nancy, nous rencontrons d'abord l'usine de Pont-à-Mousson qui ne nous arrêtera pas, puis celle de Frouard, située au raccordement de la ligne de Metz avec celle de l'Est, appartenant à une société sous la raison A. Lang et C<sup>ie</sup>.

A Frouard, un haut-fourneau produit 450 à 500 tonnes par mois de fonte grise de moulage, en consommant, par tonne de fonte, 3,300 à 3,400 kilog. de minerai oolithique et 1,800 kilog. de coke de Sarrebruck.

A Maxéville sont deux hauts-fourneaux ; à Jarville deux grands fourneaux, construits par l'ingénieur belge Dulait et qui consomment le minerai de Houdemont-Vandœuvres et de Chavigny.

A Liverdun se trouve une autre usine raccordée avec le chemin de fer, avec la Moselle, le canal de la Marne au Rhin et avec une grande route, et qui comprend deux hauts-fourneaux. Le matériel de l'usine est celui démonté dans l'usine Puricelli, de Novéant : il y a deux machines soufflantes verticales de Seraing. Elle traite les minérais

exploités sur place par galeries, et qui coûtent fort bon marché ; les cokes viennent de la Sarre et de Belgique.

Mais nous laisserons ces mines de la Meurthe pour nous occuper de celles du canton de Longwy, qui présentent plus d'intérêt en raison des conditions spéciales où elles se trouvent.

**Usines de MM. Labbé et C<sup>ie</sup>, à Gorcy et à Mont-Saint-Martin.**

Avant la construction du chemin de fer de la vallée de la Chiers, qui relie la ligne des Ardennes aux lignes du grand-duché de Luxembourg et de la Belgique, en passant par Longwy, une seule usine française était en activité dans les environs de cette dernière ville. C tait celle de Gorcy, appartenant à MM. Labbé et Legendre, et qui comprenait trois hauts-fourneaux au charbon de bois.

Dès l'achèvement de ce chemin de fer, on vit, non-seulement d'anciennes usines éteintes se restaurer pour se monter au coke et dans les idées nouvelles, mais encore se créer des sociétés pour l' tablissem nt d'usines à fonte neuves. Le canton de Longwy est, en effet, favorisé par une profusion de minières, et il peut recevoir des combustibles, soit du bassin de la Sarre, soit des bassins belges.

L'usine de Gorcy, très-ancienne, située au fond d'une vallée étroite, a dû sa création aux forêts qui l'entourent et à l'exploitation du riche gite oolithique de Coulmy ; elle est actuellement située un peu plus défavorablement que d'autres, étant éloignée de 4 kilomètres environ du chemin de fer. Elle comprend trois hauts-fourneaux, dont deux restaurés et marchant au coke et un marchant au charbon de bois.

MM. Labbé ont construit, à Mont-Saint-Martin, sur le chemin de fer, une belle usine, qui est la première du canton, aussi bien par ordre de construction que par son importance actuelle. Elle possède un port sec pour ses besoins, et comprend trois hauts-fourneaux à grande pro-

duction (30 à 35 tonnes par jour) : le premier a été mis en feu en 1865.

Ces fourneaux sont très-voisins de la montagne de Longwy qui renferme une des plus belles couches de minerai oolithique du pays, concédée à MM. Labbé et d'Adelsward. Cette couche est à plusieurs mètres au-dessus des gueulards, de sorte qu'avec un remblai et un pont, les minerais arriveront directement. Ces minerais, dont une partie est expédiée en Belgique, se vendent 3,50 la tonne, en gare de Longwy, et ne coûtent pas ce prix aux exploitants. Les cokes viennent de Belgique et on les élève aux gueulards avec un monte-charge hydraulique à balance d'eau.

Les hauts-fourneaux ont tous une tour conique en briques, à base carrée. Le creuset et l'ouvrage sont en pierre poudingue d'Huy, et la chemise en briques d'Andenne. Ils ont environ 16 mètres de hauteur et 4<sup>m</sup>,50 de diamètre au ventre. Les prises de gaz sont à trémie conique, avec gueulard ouvert ; on charge à la brouette.

On souffle avec une soufflante horizontale à clapets, construite par M. Farçot et qui suffit pour deux fourneaux. Elle a 260 chevaux de force environ, et le cylindre soufflant a 2<sup>m</sup>,10 de diamètre ; la course est de 3 mètres ; elle marche avec de fortes détentes. L'air est chauffé dans des appareils à pistolets.

L'installation de l'usine est soignée.

Les deux hauts-fourneaux en feu fabriquent de 25 à 30 tonnes de fonte. Le rendement du minerai est environ 32 p. 0/0, et on consomme de 1,300 à 1,500 kilogrammes de coke par tonne de fonte, celle-ci étant le plus souvent de la fonte d'affinage. On emploie de grandes charges de coke (1,000 kilogrammes).

MM. Labbé et C<sup>ie</sup> exposent des fontes de leur usine de Mont-Saint-Martin.

#### **Usine du Prieuré, près de Longwy.**

L'usine du Prieuré, appartenant à M. le Baron d'Adels-

ward, est très-voisine de la précédente et symétriquement placée par rapport au chemin de fer. Elle comprend deux hauts-fourneaux, mais un seul est en feu.

La situation déplorable faite à la sidérurgie française dans le Nord et dans l'Est, par la hausse des combustibles belges et par la diminution simultanée de leur qualité, a empêché M. d'Adelsward, comme bien d'autres maîtres de forges, d'augmenter la production de son usine, d'autant plus que le débouché des fontes est devenu aussi plus difficile, par suite de la stagnation des affaires commerciales et de l'augmentation de la concurrence.

On emploie uniquement au Prieuré un mélange des deux minéraux extraits sur place, savoir la *minette rouge*, à gangue siliceuse, très-friable, rendant environ 28 p. 0/0 et la *mine jaune*, à gangue calcaire, qui occupe le sol de la couche et qui rend environ 32 p. 0/0.

L'usine a été construite par un ingénieur belge, M. Boulanger ; aussi le haut-fourneau qui est en feu, est-il établi d'après les idées qui prévalent dans beaucoup d'usines belges. Il a 15 mètres de hauteur et 5 mètres de diamètre au ventre. Le gueulard a 3<sup>m</sup>,50 de diamètre et est complètement libre, les gaz n'étant pas utilisés, suivant les idées de M. Dulait qui n'admet pas de prise de gaz pour les hauts-fourneaux devant marcher en fonte de moulage.

Chaque haut-fourneau est desservi par une soufflante verticale à détente de Woolf, d'une force de 100 chevaux (belges) et par un appareil à air chaud du type, dit Calder. Pour celui qui est en feu, on chauffe à la houille, et le vent atteint une température de 350° à 400°.

Chaque fourneau a son monte-charge mû par une petite machine à vapeur ; l'installation de ces monte-charges est élégante, mais coûteuse.

Le fourneau en feu produit, par 24 heures, 25 à 30 tonnes de fontes de moulage, avec une consommation de coke qui n'atteint pas 1,400 kilogrammes. Ces fontes sont de belle qualité, comme le prouvent celles exposées par M. d'Adelsward ; elles présentent un grain semblable à

celui des plus belles fontes d'Écosse. On obtient en général difficilement de belles fontes de moulage avec les minerais oolithiques de la Moselle purs : le succès obtenu ici tient sans nul doute à la haute température du vent lancé. La charge de coke est aussi ici de 900 à 1,000 kilogrammes. Pour la fonte grise, on souffle seulement par deux tuyères de costières avec des buses de 11 à 12 centimètres de diamètre et une forte pression de vent, toujours d'après les idées de M. Dulait, qui ont bien réussi ici, puisque ce fourneau est peut-être celui qui fonctionne le mieux dans toute la vallée de Longwy.

#### **Hauts-fourneaux de Moulaine.**

L'usine de Moulaine, qui comprend deux anciens fourneaux remontés pour l'emploi du coke, appartient maintenant à MM. E. Muaux et C<sup>ie</sup>, qui ont des forges à Flize et des hauts-fourneaux au bois à Boutancourt, dans les Ardennes. Ils ont exposé leurs fontes au coke de Moulaine fabriquées avec le minerai sablonneux de Saint-Jacques, exploité à Moulaine même, mélangé de minerai d'Aumetz, ainsi que les laitiers correspondants. Le laitier de fonte grise n° 1 a une couleur gris-clair avec une apparence marneuse ; celui de fonte n° 3 est gris avec la partie supérieure violacée ; celui de fonte truitée est bleu-gris commençant à se vitrifier.

Voici les prix exposés pour ces fontes au coke de Moulaine :

Fonte grise de moulage . .	n° 1	100 fr. la tonne.
—	—	—
—	—	—
—	—	—
Fonte truitée . . . . .	n° 5	80
Fonte d'affinage . . . . .	n° 6	75

#### **Autres usines du canton de Longwy.**

La société de la Providence a établi deux hauts-fourneaux à grande production à Rehon, mais ils ne sont pas encore en feu.

A Longwy-Bas, MM. Giraud et C<sup>ie</sup>, maîtres de forges du grand-duché de Luxembourg, ont deux hauts-fourneaux, dont l'un est nouvellement construit. Ils sont soufflés par deux machines, dont une vieille et une neuve ; l'air est chauffé dans des appareils à serpentins analogues à ceux d'Ars. Ils produisent ensemble 35 tonnes de fonte par jour environ.

A Herserange, les trois anciens hauts-fourneaux au bois de la faillite bien connue, viennent d'être restaurés et mis au coke ; ils produisent 25 à 30 tonnes à eux trois. L'usine, autrefois si malheureuse, est bien placée pour recommencer une nouvelle phase.

A Cons-la-Granville, les très-anciennes forges ont été rachetées par M. le marquis de Lambertye ; elles comprenaient deux hauts-fourneaux anciens que l'on a restaurés et qui produisent 12 tonnes à eux deux. On a commencé à y construire deux grands hauts-fourneaux au coke.

A Senelle, adossé à la montagne du bois du Chat, qui renferme une belle couche d'oolithique calcaire, se trouve un haut-fourneau au coke appartenant à MM. d'Huart frères ; il produit 12 à 15 tonnes par 24 heures de fonte au coke. Il est desservi par une machine soufflante de 60 chevaux (Marcellis) et un appareil à air chaud, système Thomas et Laurens (six tubes).

#### **Usines de MM. de Wendel et C<sup>ie</sup>.**

Pour compléter la revue des principales usines de notre groupe, il nous reste à parler des plus importantes de toutes : celles de la société de Wendel et C<sup>ie</sup>. Ces maîtres de forge, qui sont les plus gros producteurs de fonte en France, n'ont pas cru devoir faire figurer leurs produits au concours international de l'Exposition. Cette abstention est regrettable à divers points de vue ; mais, il est vrai, plus pour les organisateurs et pour les visiteurs de l'Exposition que pour MM. de Wendel et C<sup>ie</sup> eux-mêmes. Elle aura eu, pour plusieurs sociétés françaises, l'avantage de les avoir débarrassées d'un concurrent avec lequel elles

auraient eu à compter dans la distribution des récompenses. Nous ne pouvons nous dispenser de donner aux usines de MM. de Wendel la place à laquelle elles ont droit dans notre Revue.

Les usines à fonte de cette société sont au nombre de trois : celle d'Hayange , près de Thionville , sur la ligne de Thionville à Mézières ; celle de Moyeuvre, entre Metz et Thionville, et celle de Styring-Wendel, sur la frontière prussienne , entre Forbach et Sarrebruck. Elles comprennent ensemble 15 hauts-fourneaux, dont deux au charbon de bois.

Tous ces hauts-fourneaux consomment les minerais oolithiques d'Hayange et de Moyeuvre, dont nous avons parlé et dont le rendement, plus élevé que celui des minérais du canton de Longwy ou des environs d'Ars , atteint souvent jusqu'à 37 p. 0/0. MM. de Wendel exploitent annuellement 300 à 400,000 tonnes de ces minérais. Les hauts-fourneaux au charbon de bois consomment des minérais d'Aumetz et d'Audun-le-Tiche. Depuis quelque temps, on introduit dans les mélanges une certaine proportion d'hématites brunes manganésifères , venant du pays de Siegen et de Nassau.

MM. de Wendel fabriquent eux-mêmes les cokes qu'ils emploient. Ils ont, à cet effet, deux importants ateliers de carbonisation : l'un à Hirschbach , près de Sarrebruck, traite les houilles prussiennes ; il comprend cinq lavoirs à houille mus par une machine oscillante de 80 chevaux, trois fours Appolt et 300 fours horizontaux de divers systèmes. L'autre à Seraing , dans le bassin de Liège , comprend deux lavoirs mus par une machine horizontale de 25 chevaux et huit fours Appolt. C'est à l'établissement d'Hirschbach , dirigé par M. Rexroth , qu'ont été essayés d'abord les fours Appolt, ainsi qu'un grand nombre d'autres systèmes de fours à coke. On semble maintenant y donner la préférence à des fours horizontaux avec défournement mécanique.

L'usine d'Hayange , la principale des trois , située dans

une vallée étroite, près de Thionville, est une des plus anciennes usines de France, et elle a toujours été de celles qui marchent en tête du progrès, comme le disaient déjà MM. Flachat, Barrault, Petiet, en 1846. Elle comprend quatre grands hauts-fourneaux au coke, alimentés par la mine d'Hayange, et munis d'appareils à air chaud à pistolets, et deux hauts-fourneaux au charbon de bois, alimentés surtout par les mines d'Aumetz ; la soufflerie se compose de deux machines soufflantes de 200 chevaux, à cylindre vapeur oscillant (suivant un type général dans les usines de Wendel) et à cylindre à vent horizontal, et d'une troisième machine verticale à balancier de 100 chevaux. À côté des hauts-fourneaux se trouvent d'importants ateliers de fonderie pour sablerie et pour gros moulings avec quatre cubilots et deux ventilateurs, puis des ateliers de construction, modèles, forges, ajustage, chaudronnerie, wagonnerie où se construisent toutes les machines employées par la société.

L'usine de Moyeuvre comprend quatre grands hauts-fourneaux au coke, alimentés par la mine de Moyeuvre et soufflés par deux machines, l'une de 200 chevaux, oscillante avec cylindre à vent horizontal, l'autre de 100 chevaux à balancier.

L'usine de Styring-Wendel comprend cinq hauts-fourneaux au coke et à air chaud, munis d'appareils à pistolets et soufflés par trois machines, l'une oscillante de 200 chevaux, avec cylindre à vent horizontal, les deux autres à balancier, de 100 chevaux chacune.

Les hauts-fourneaux des usines de Wendel sont construits d'après un type particulier. La tour a une base cubique en grès appareillé, sur laquelle s'élève un tronc de cône fretté en fer, également en grès appareillé ; aux quatre angles de la base carrée s'élèvent quatre piliers d'angle en pierre de taille, réunis en haut au moyen d'arceaux en plein-cintre, dont la clef est au niveau de l'ouverture du gueulard. Sur ces quatre arceaux repose la plate-forme et s'élève la maisonnette qui l'abrite. La sole,

en pierre d'Huy, repose sur une couche de poussière de quartz pilé ; le creuset, l'ouvrage et le raccordement des étalages avec l'ouvrage sont aussi en pierre d'Huy. Les étalages sont en grandes briques réfractaires que l'on fabrique sur place, la cuve en briques d'Andennes, et on fait souvent les assises voisines du gueulard avec des pierres d'Aghaise, qui ont la propriété de mieux résister que les briques à la chaleur humide de cette partie de l'appareil. La chemise réfractaire est surmontée d'une hausse en fonte, qui forme prise de gaz et dans laquelle plonge la trémie en tôle tronc-conique ; deux tubulures latérales venues de fonte avec la hausse permettent de fixer les conduites de gaz sans danger de fuites par les fissures de la maçonnerie. Au-dessus de la trémie se trouvent encore quelques assises de briques ordinaires, qui reposent sur la hausse et qui supportent la couronne hydraulique ; leur but est de donner plus de place pour la charge, afin que la tôle de la trémie ne se trouve pas alternativement couverte et découverte sur une aussi grande hauteur. Toute cette construction est très-soignée, comme on voit.

Les hauts-fourneaux ont environ 14 mètres de hauteur ; le diamètre est 4<sup>m</sup>,50 au ventre et 2<sup>m</sup>,40 au gueulard. On les charge au moyen de wagons carrés, renfermant au centre une pyramide quadrangulaire, qui dirige la charge vers la circonférence du gueulard, lorsque les quatre portes de chargement s'ouvrent. Ces wagons carrés sont élevés au moyen d'un monte-chARGE hydraulique (balance d'eau), et placés sur des chariots roulants, qui desservent toute la rangée des fourneaux à l'aide d'une voie supportée par les plates-formes.

Les fourneaux sont soufflés, les uns à trois tuyères, les autres à cinq tuyères. Ils produisent chacun, par 24 heures, environ 32 tonnes de fonte grise, ou 40 à 42 tonnes de fonte blanche ; les campagnes durent 5 ans environ. Un fourneau à cinq tuyères, à Styring, a produit 58,000 tonnes en quatre ans et demi.

Les porte-vent sont de construction simple, ils portent un regard en verre bleu. Les tuyères sont murées. L'air est porté à 300 ou 350° dans des appareils à pistolets, chauffés par les gaz des fourneaux. Ceux-ci servent aussi à la génération de la vapeur, en brûlant sous des chaudières à bouilleurs longues de 20 mètres. La pression du vent aux tuyères est de 15 à 16 centimètres de mercure.

Le rendement des minerais est de 35 à 37 p. 0/0, et la consommation de coke est de 1,200 à 1,300 kilog. par tonne de fonte blanche (1).

On soumet la fonte liquide au sortir du creuset du fourneau, lorsqu'elle doit servir à fabriquer du fer à nerf, à une sorte de mazéage que nous n'avons vu employer que dans l'usine de Styring. A une certaine distance du trou de coulée est le petit barrage qui retient les laitiers ; puis en aval et au-dessus est une boîte à vent suspendue à un tuyau articulé qui communique avec une conduite entourant le fourneau. Cette boîte à vent envoie sur la fonte en fusion une quantité de jets qui produisent une sorte de finage ; sa surface se charge de crasses et elle devient moins fluide ; une partie du silicium et du carbone est ainsi éliminée avant le puddlage. On paraît très-satisfait, à Styring, de cette pratique employée pour la fonte à rails.

Nous avons vu à Styring, en 1864, un appareil employé là, croyons-nous, pour la première fois dans les usines françaises et sur lequel nous croyons utile d'appeler l'attention des maîtres de forges. C'est un indicateur enregistreur pour la pression du vent : sur un tambour cylindrique vertical, qui fait un tour en 24 heure, se trouve un papier divisé, en heures et quarts d'heure pour les abscisses, en quarts de centimètres pour les ordonnées ; un

---

(1) Les chiffres donnés par MM. Petitgand et Ronna (Percy, *Métallurgie*, tome III, p. 621) sont inexacts ; il en résultera qu'on consommerait 2,500 kilogrammes de coke par tonne de fonte, aucune usine française n'en est là, heureusement.

index muni d'un crayon, y trace la courbe des pressions du vent dans le régulateur. L'appareil est enfermé à clef; l'ingénieur de l'usine y trouve un contrôle parfait de l'attention apportée par le mécanicien à la marche de ses soufflantes; et tout praticien, connaissant l'importance du rôle de la pression dans l'allure d'un haut-fourneau, comprendra l'utilité considérable de ce contrôle. A Styring, le même indicateur enregistre la pression de la vapeur; mais nous croyons moins d'utilité à ce second contrôle qui fait presque double emploi avec le premier.

Nous regrettons de ne pouvoir en dire plus long sur les importantes usines de MM. de Wendel et C<sup>ie</sup>, où ne manquent pas les détails instructifs pour le sidérurgiste.

A Ottange se trouvent quatre hauts-fourneaux qui ont exposé des fontes et des moulages de première fusion.

Pour terminer ce qui est relatif à ce groupe de la Moselle, nous voulons donner une idée du bas prix auquel on peut obtenir la fonte dans les usines du canton de Longwy, par exemple. Voici un prix de revient simulé pour fonte truitée :

3,200 kil. minette oolithique à 3 fr. . . . .	9 <sup>f</sup> ,60
1,300 kil. coke à 30 fr. . . . .	39,00
700 kil. castine à 4 fr. . . . .	3 ,00
Main-d'œuvre, entretien, frais généraux. . . . .	15 ,40
	67 <sup>f</sup> ,00

Ce prix peut être réduit pour les usines qui obtiennent un rendement de 33 p. 0/0, et plus pour celles qui se procurent le coke à 28 fr. (comme plusieurs, avant la hausse de l'année dernière), ou au-dessous. Les usines qui, comme Styring, sont à portée du bassin de la Sarre, ont le coke à bien meilleur marché, et, malgré le prix plus élevé des minéraux, par suite du transport, peuvent fabriquer la fonte dans des conditions notamment plus économiques. La Moselle est le Cleveland de la France, et on comprend l'engouement de métallurgie qui s'y était naguère emparé de tout le monde; malheureusement pour beau-

coup, la situation des affaires générales n'a pas permis d'obtenir le succès qu'on attendait, et la direction technique n'a pas toujours été au niveau de la hardiesse des propriétaires.

D'après les documents de l'administration des mines, la production de fonte du groupe a été, en 1864 :

Fonte au charbon de bois. . . . .	19,797 tonnes.
Fonte au coke et au mélange]. . . .	<u>169,153</u> —
	188,950 tonnes.

D'après les *Bulletins du Comité des forges de France*, la production totale des trois départements de la Moselle, de la Meurthe et des Ardennes a été :

En 1865. . . . .	235,088 tonnes.
En 1866. . . . .	286,546 —

Le département des Ardennes a produit 21,902 tonnes en 1864, et au plus 30,000 tonnes en 1865 ou 1866, de sorte qu'on peut évaluer avec assez d'exactitude la production du groupe à :

225,088 tonnes, en 1865.
286,546 tonnes, en 1866.

### TROISIÈME GROUPE.

#### GROUPE DE COMTÉ.

Nous comprenons dans ce groupe les usines à fonte qui se trouvent dans les trois départements franc-comtois, le Doubs, la Haute-Saône, le Jura, et nous y ajoutons quelques hauts-fourneaux situés dans la Côte-d'Or, sur les affluents de la Saône, dans le Bas-Rhin et dans les Vosges, dont les produits se vendent sur les mêmes marchés que ceux de la Franche-Comté. Les hauts-fourneaux de ce groupe produisent, principalement avec les excellents minerais pisolithiques du pays, des fontes au charbon de bois, qui servent à fabriquer les fers au charbon de bois, dits de Comté, considérés à juste titre comme les meilleurs

fers de France, et dont le rayon de consommation s'étend sur toute la France et jusqu'en Angleterre. Ces fers sont surtout remarquables par leur douceur et par la façon dont ils se travaillent à chaud et à froid ; nous devons ajouter qu'ils ne réussissent pas aussi bien pour la fabrication de l'acier cémenté. Ce fait a été attribué (voir Gruner et Lan : *État présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, page 834), à la présence de l'aluminium dans la fonte et le fer ; sans contredire cette explication, nous croyons, avec d'habiles métallurgistes suédois, que la présence d'une proportion de phosphore, plus notable peut-être qu'on ne pense, et qui a échappé aux méthodes d'analyse usitées jusqu'ici en France, pourrait bien expliquer plus complètement encore ce défaut de *propension aciéreuse*. Pour les maîtres de forges suédois, la propension aciéreuse dépend uniquement de la proportion de phosphore renfermée dans les fontes : aussi emploient-ils une méthode d'analyse très-sûre (procédé Eggertz, par le molybdate d'ammoniaque) pour le dosage de ce métalloïde. Les fontes au bois, provenant des minéraux pisolithiques de Comté, subissent, depuis quelques années, une rude concurrence, par suite de l'introduction dans notre groupe de fontes au coke, fabriquées dans les fourneaux de la vallée du Rhône et de Marseille, et de la fabrication avec ces fontes de fers affinés au bois, qui valent ceux provenant de fontes de Comté. Aussi, bon nombre de hauts-fourneaux comtois ont dû renoncer à vendre des fontes qui coûtaient près de 50 p. 0/0 plus que les fontes au coke ne reviennent rendues dans le pays. On reproche encore quelquefois aux fers au bois provenant de fontes supérieures au coke, d'être un peu rouvrains et de se travailler un peu moins bien à chaud, que ceux provenant de fontes au bois ; mais cet inconvénient, s'il existe dans quelques usines, disparaîtra avec l'emploi de minéraux mieux choisis et de cokes mieux lavés. Nous devions présenter ces considérations avant de donner la statistique des hauts-fourneaux du pays, afin de

faire comprendre pourquoi le nombre, si considérable autrefois, en est si restreint aujourd'hui; d'après des documents particuliers que nous avons entre les mains, plus de 50 hauts-fourneaux au charbon de bois ont été éteints depuis 1836, et nous ne sommes point certain que tous ceux que nous allons indiquer se soient trouvés encore en feu à la fin de 1866.

Voici cette statistique :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Doubs.	Audincourt.	C <sup>e</sup> des forges d'Audincourt.	4 éteint.
Id.	Pont-de-Roide.	Id. . . . .	4 au bois.
Haute-Saône.	Chagey.	Id. . . . .	4 Id.
Doubs.	Clerval.	Id. . . . .	4 éteint.
Jura.	Fraisans.	MM. S. Menans et C <sup>e</sup> .	4 au coke.
Id.	Rans.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Dole.	Id. . . . .	4 au bois.
Id.	Beaudin.	M. Ed. Monnier fils . . . .	4 Id.
Haute-Saône.	Pesmes.	MM. S. Menans et C <sup>e</sup> .	2 Id.
Id.	Valay.	Id. . . . .	2 Id.
Id.	Renaucourt.	MM. A. Dufournel et C <sup>e</sup> .	4 Id.
Id.	Le Crochot.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Beaujeu.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Magny-Vernois.	MM. Tiquet et Pergaud.	4 Id.
Id.	Fallon.	Mme de Roincourt . . . .	4 Id.
Id.	Loulans.	MM. Thierry et C <sup>e</sup> .	4 Id.
Id.	Varigney.	MM. Ricot, Patret et C <sup>e</sup> .	4 au mél.
Id.	Scey-sur-Saône.	M. Aigrot. . . . .	4 au bois.
Id.	La Romaine.	M. Hézard. . . . .	4 Id.
Id.	Seveux.	Duc de Marmier . . . . .	4 Id.
Id.	Bley.	M. Petit Guyot . . . . .	4 Id.
Id.	Autrey.	MM. Huot frères. . . . .	4 Id.
Côte-d'Or.	Fontaine-Française.	MM. Cellard et Thibaut.	4 Id.
Id.	Drambon.	MM. Guenard et C <sup>e</sup> .	2 Id.
Id.	Brazey.	M. J. Magnin . . . . .	2 Id.
Id.	Pouilly-sur-Saône.		4 Id.
Id.	Veuvey-sur-Ouche.		4 Id.
Id.	Buffon.	M. Guenin. . . . .	4 Id.
Id.	Larrey.	M. Gustave Mauris. . . .	4 Id.
Id.	Villotte.	MM. Cailletet-Laperouse .	4 Id.
Id.	Lacanche.	Mme veuve Coste-Caumartin	4 Id.
Vosges.	Framont.	MM. Coulaux et C <sup>e</sup> .	4 éteint.
Haut-Rhin.	Lucelle.	MM. Paravicini . . . .	4 au bois.

Départem.	Usines.	Propriétaires.	Nombre de fourneaux.
Bas-Rhin.	Niederbronn.	MM. de Dietrich et Cie. . . 2 au bois.	—
Id.	Mertzwiller.	Id. . . . . 2 au coke.	—
Id.	Jaegerthal.	Id. . . . . 1 au bois.	—
Id.	Zinswiller.	Id. . . . . 1 Id.	—
Moselle.	Mouterhausen.	Id. . . . . 1 Id.	—

Cette liste comprend 48 hauts-fourneaux, dont 7 au coke et 40 au charbon de bois. Nous n'y comprenons pas les hauts-fourneaux de la Compagnie de Châtillon-Commentry, dans le Châtillonnais, non plus qu'un grand nombre d'usines actuellement éteintes et qui ne seront probablement pas rallumées.

#### Usines de la Compagnie d'Audincourt.

La Compagnie des forges d'Audincourt et dépendances possède quatre usines à fonte comprenant chacune un haut-fourneau au charbon de bois ; mais deux de ces hauts-fourneaux seulement sont actuellement en feu, l'un pour produire des fontes d'affinage, l'autre pour des fontes de moulage. Le renchérissement des charbons de bois et l'introduction, dans le rayon de Franche-Comté, des fontes supérieures au coke fabriquées dans le groupe Sud-Est, ont engagé la Compagnie d'Audincourt à restreindre sa production de fontes et à acheter au dehors une partie de la consommation de ses foyers d'affinage et de fonderie, en veillant avec un soin particulier à la qualité de ces matières premières étrangères. Les fers au bois d'Audincourt ont une réputation traditionnelle parmi les fers de Comté ; ils passent à juste titre pour être de la meilleure qualité qui se puisse obtenir en France et ne trouvent de rivaux que parmi les fers de Suède. Cette réputation traditionnelle leur a été acquise par la qualité supérieure des minéraux que la Compagnie des forges a toujours exploités et exploite encore dans le pays.

MINERAIS (1). — Après avoir cherché ses approvision-

---

(1) Voir la Notice de la Compagnie d'Audincourt.

nements successivement dans toute l'étendue du bassin sidérolithique qui s'étend depuis l'usine d'Audincourt jusqu'à Roppe (Haut-Rhin) et passé par bien des alternatives plus ou moins heureuses, la Compagnie a fini par concentrer son exploitation dans la partie du gisement placée à Audincourt même, à 1 kilomètre de l'usine.

Quatre puits sont en fonctionnement avec des profondeurs de 30 à 100 mètres. L'exploitation se fait par travaux réguliers, en galeries et piliers avec remblais successifs ; l'extraction se fait par machine à vapeur ; le minerai brut est désagrégé et lavé dans un patouillet hydraulique placé sur le Doubs, qui peut traiter par jour 8 mètres cubes avec l'aide de trois hommes. Le rendement des terres à mines est souvent fort différent ; ainsi, on voit à l'Exposition des échantillons divers de grains agglomérés avec leur gangue :

L'argile à mine, dite <i>grabon pauvre</i> ,	rend 1/10 à 1/12	mine lavée.
Le <i>grabon jaune</i>	1d.	1/7 à 1/8 Id.
Le <i>grabon rouge</i>	Id.	1/5 Id.
Le <i>filon rouge</i>	Id.	30 p. 0/0 Id.
Le <i>filon jaune à gros grain ou à fin grain</i> ,	30 p. 0/0	Id.
Le <i>filon blanc</i> , dit <i>mine riche</i> ,	30 p. 0/0	Id.

Ces rendements sont en volume. D'après la notice de la Compagnie, l'exploitation de 1866 a donné des terres rendant environ 40 p. 0/0 de minerai lavé. Dans ces conditions favorables, le prix de revient peut être évalué à 25 francs la tonne rendue au fourneau ; il augmente beaucoup si les terres rendent moins de 40 p. 0/0. L'extraction moyenne des dernières années a été de 2,000 à 2,500 mètres cubes, ou, comme le mètre cube pèse 2,000 kilogrammes, 4,000 à 5,000 tonnes de minerai lavé et tamisé, rendant au haut-fourneau de 45 à 46 p. 0/0. Nous donnons plus loin l'analyse de cet excellent minérai, dit d'Audincourt, d'Exicourt ou d'Échelotte, qui est un peu manganésifère, et ne donne pas de traces sensibles de soufre ou de phosphore.

Outre le minerai d'Audincourt, on traite aussi la mine

lavée de Seprais, qui vient du val de Délémont, en Suisse, qui pèse 2,000 kilog. le mètre cube et rend 42 p. 0/0 de fer ; elle ressemble beaucoup à la précédente, et s'emploie à son lieu et place.

Le mineraï de La Chapelle-Saint-Quillain, près Gy (Haute-Saône), qui rend 31 à 36 p. 0/0 de fer et pèse 1,650 kilogrammes le mètre cube ; il provient du lavage d'une terre marneuse exploitée dans les bois.

Avec ces minéraux, tous en grains, on emploie un fondant spécial en roche, dit *mineraï de Chamesol*, et qui n'est autre qu'un calcaire corallien renfermant 13 à 20 p. 0/0 de fer ; on l'associe à la castine.

Voici les analyses de ces diverses matières :

	Audincourt.	Seprais.	La Chapelle.	Chamesol.
Per. de fer . .	70,00	55,50	53,50	18,60
Silice . . . . .	10,05	*	*	9,10
Alumine. . . . .	6,00	7,80	*	3,90
Argile. . . . .	*	19,60	32,40	*
Chaux. . . . .	0,50	*	*	35,80
Magnésie . . . . .	0,00	*	*	traces
Soufre . . . . .	0,00	*	*	0,00
Manganèse . .	traces	*	*	traces
Perte au feu. .	14,00	16,00	14,10	32,60
	<hr/> 100,55	<hr/> 98,90	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

CHARBONS DE BOIS. — La Compagnie consomme, pour ses hauts-fourneaux et ses feux d'affinerie, des quantités importantes de charbons de bois, dont l'approvisionnement est fourni par les coupes qu'elle effectue dans ses forêts en propriété (environ 2,700 hectares), par les achats de bois aux ventes publiques, et par des marchés particuliers, dans les départements du Doubs et de la Haute-Saône. Elle tire, en outre, par le flottage à bûches perdues, 30 à 40,000 stères de bois chaque année de la vallée du Doubs supérieur.

Les bois provenant de forêts non situées dans le voisinage d'un cours d'eau sont carbonisés sur place et amenés, dans des voitures, aux usines.

Les bois provenant des forêts, dites de la Montagne, à

proximité du Doubs et du Dessoubre, sont amenés par flottage en trains ou par flottage à bûches perdues, jusqu'à Bourguignon, où on carbonise (un an après l'arrivée) en meules à bois debout de 40 à 50 stères. Récemment, on a adapté à ces meules un système de condenseur, dit *atmosphérique*, pour recueillir l'acide pyroligneux et autres produits; mais cette opération paraît être peu fructueuse. Le même système fonctionne aussi à Audincourt, où existent de vastes emplacements et où l'on carbonise une partie des bois amenés par flottage. En général, on consomme 25 à 26 stères de bois pour 100 hectolitres de charbon. On a essayé, en 1864, à Audincourt, un système de carbonisation en vase clos dans un appareil horizontal avec foyers fixes; c'était un tas allongé que l'on commençait à chauffer par un bout, en allumant les uns après les autres des foyers successifs: les gaz recueillis par une conduite souterraine arrivaient à un condenseur bâillet supporté par une charpente. Le rendement n'a pas été plus fort qu'avec les meules.

Les essences carbonisées ne sont pas partout les mêmes, et le poids de l'hectolitre de charbon varie de 19 à 21 kilog. On conserve les charbons durs pour les hauts-fourneaux autant que possible. Le mètre cube coûte 15 à 16 fr., et son prix ne paraît pas devoir baisser.

FABRICATION DE LA FONTE. — Deux hauts-fourneaux seulement sont actuellement en feu: l'un à Chagey, marche en fonte grise pour affinage au feu comtois, l'autre à Pont-de-Roide marche en fonte de moulage. Un autre haut-fourneau était en feu, il y a peu de mois, à l'usine de Clerval, et produisait aussi des fontes de moulage.

L'usine de Chagey comprend seulement un haut-fourneau et ses accessoires, parmi lesquels une scierie. Le haut-fourneau est très-ancien, à massif carré; il est soufflé par une seule tuyère. La soufflerie à deux cylindres verticaux est mue par une turbine et par une machine à vapeur de secours.

L'usine de Pont-de-Roide comprend un haut-fourneau

et une fonderie de première et de deuxième fusion, avec deux fours à réverbère et deux cubilots. On y trouve aussi un atelier de tournage pour les cylindres de lamoins, et une fonderie de cuivre. A Clerval, il y a aussi un haut-fourneau et une fonderie destinée surtout à la fabrication du matériel de chemin de fer, avec un atelier d'ajustage et tournage. Cette usine est connue par les expériences qu'y fit autrefois Ebelmen sur les gaz des hauts-fourneaux.

Pour donner une idée de la fabrication de la fonte en Franche-Comté, nous prendrons comme type le haut-fourneau de Chagey, dont nous donnons le profil (pl. I, fig. 1). Il est muni d'une prise de gaz à trémie ; son creuset est rectangulaire et soufflé par une seule tuyère à œil demi-circulaire de 80 millimètres de diamètre. La charge de charbon se compose de 6 hectolitres, pesant 126 kilog. La charge normale de minerai se compose de : 135 litres mine en grains, 35 litres de minerai de Chamesol, et 20 litres de castine (pesant 31 kilog.). On passe 37 à 38 charges en 24 heures et on obtient, pendant ce temps, 4,600 à 4,650 kilog. de fonte grise graphiteuse, ou fonte noire, destinée à l'affinage. La pression du vent est 0<sup>m</sup>,80 d'eau, soit 6 centimètres de mercure, et sa température 150° centigrades. Le rendement du minerai est 48 à 48 1/2 p. 0/0, et on consomme par tonne de fonte 49 hectolitres, soit environ 1,030 kilog. de charbon. Le laitier est vitreux, translucide, noir en grandes masses, violacé, quand on regarde une arête par transparence (1).

(1) Voici l'analyse d'un laitier de Clerval :

Silice . . . . .	41,00
Alumine . . . . .	25,45
Chaux. . . . .	29,50
Magnésie. . . . .	1,20
Protoxyde de fer et de manganèse.	2,35
Soufre . . . . .	0,44
	99,34

La formule est S<sup>11</sup> B<sup>10</sup>.

La fonte de bonne allure est aussi noire que possible. Quand l'allure est mauvaise et qu'il y a des chutes, les laitiers tournent au vert et deviennent plus pierreux; alors la fonte est piquée ou même blanche.

Les fontes des hauts-fourneaux de Pont-de-Roide et Chagey, refondues en deuxième fusion, donnent des moulages très-résistants au choc et tenaces au feu. Elles ont la propriété de tremper aisément et profondément, et on l'utilise pour la fabrication de divers moulages, ainsi que nous le verrons plus loin.

Le haut-fourneau de Chagey a produit 1,675 tonnes en 1866 , et l'usine de Pont-de-Roide, 1,318 tonnes fontes en gueuses et 753 tonnes cylindres de laminoirs et moulages divers.

#### **Usines de la Compagnie des fonderies et forges de Franche-Comté (Rans et Fraisans).**

Cette Compagnie, la plus importante de celles de notre groupe, possède cinq hauts-fourneaux au charbon de bois et cinq hauts-fourneaux au coke. Les premiers sont dans le département de la Haute-Saône , et nous en parlerons tout à l'heure. Les seconds se trouvent à Fraisans et à Rans, dans le département du Jura , près de la station de Ran-chot du chemin de fer de Dijon à Belfort, et ils sont, du reste , reliés à ce chemin de fer par des embranchements ; ce sont les seuls hauts-fourneaux au coke de la Franche-Comté.

**MINERAIS.** — Le mineraï surtout employé dans les cinq hauts-fourneaux est celui d'*Ougney*, exploité dans une couche de 4 mètres de puissance à la base de l'oolithe. On l'extrait au moyen de galeries qui arrivent au niveau du quai du chemin de fer. Lorsqu'on le calcine dans un four à chaux, il devient très-poreux et fuse à l'air comme la chaux ; si, alors, on le lave, on recueille une grande quantité de petits grains milliolithiques. Il est un peu phosphoreux. La composition varie avec les allures de la couche, tantôt il est veiné de schiste et tantôt de spath calcaire.

Le mineraï d'Ougney contient de 25 à 28 p. 0/0 de fer. On lui associe, comme fondant ou herbue, un mineraï argileux, dit *terre des Champs-d'Arne*, qui se trouve en couche dans le terrain tertiaire supérieur. Cette terre renferme des grains pisolithiques ; 3 mètres cubes de terre renferment 1 mètre cube de grains. La terre rend 18 à 20 p. 0/0 de fer et les grains 32 p. 0/0. Ce mineraï est un peu manganésifère.

Pour enrichir le lit de fusion, on ajoute encore souvent des *greluches* de Pesmes, sortes de rognons extraits des minerais pisolithiques de la Haute-Saône et qui rendent 35 à 45 p. 0/0, aussi des minerais de l'île d'Elbe, d'Espagne, d'Algérie, qui servent en même temps à améliorer la qualité des fontes à produire.

Voici les analyses de deux principaux minerais, d'après les ingénieurs des mines :

	Ougney.	Champs-d'Arne.
Peroxyde de fer . . . . .	39,0	41,1
Silicate d'alumine . . . . .	19,8	32,0
Alumine soluble . . . . .	3,4	1,9
Chaux. . . . .	17,5	0,6
Magnésie . . . . .	0,5	•
Acide phosphorique . . . . .	traces	•
Perte au feu . . . . .	17,8	24,4
<hr/>		<hr/>
	100,0	100,0

Mais le mineraï d'Ougney est généralement calcaire et moins siliceux.

On emploie aussi à Fraisans et à Rans, en mélange dans les charges, des scories des feux comtois et des fours à puddler ; on en ajoute 10 à 12 p. 0/0 en poids du lit de fusion. On y a essayé le procédé Minary pour l'emploi des scories pulvérisées et calcinées avec la houille à l'état de *coke scorie* ; mais on a dû y renoncer après des expériences coûteuses et prolongées. Le coke scorie, fabriqué, cependant, dans la Loire avec des houilles grasses, était très-friable et donnait déjà à l'arrivée un déchet considérable ; introduit dans le haut-fourneau, il amenait les inconvénients résultant d'une telle friabilité ; le creuset et

l'ouvrage s'encombraient de fraisil, et la descente des charges se ralentissait. La fonte produite n'était pas meilleure, ni moins coûteuse que celle obtenue par le système ordinaire.

Les cokes employés viennent, soit de la Loire (Roche-la-Molière, Montcel), soit de Blanzy, soit de Ronchamp (Haute-Saône). Ils renferment 12 à 13 p. 0/0 de cendres.

USINE DE RANS. — Les quatre hauts-fourneaux de Rans ont 16 mètres de hauteur; deux sont d'anciens hauts-fourneaux au charbon de bois qui ont été transformés, et deux sont de grands fourneaux au coke. Ils ont été l'objet d'expériences coûteuses pour l'emploi de divers systèmes inventés sur place. On y a employé assez longtemps un système de prise de gaz centrale, décrit par M. Resal dans les *Annales des mines*; mais on a fini par être obligé d'y renoncer et de revenir à la trémie simple qui donne de meilleurs résultats; cette prise centrale, d'après ce qui nous a été dit sur place, amenait dans les charges des bouleversements, et par suite une mauvaise allure des fourneaux. Mais il en est resté un ingénieux système d'ouverture et de fermeture du gueulard, avec adjonction d'un appareil automatique enregistreur qui indique, à la fin de la journée, combien de fois le fourneau a été ouvert et combien de temps il est resté ouvert. On a aussi essayé à Rans de supprimer l'avant-creuset et de marcher à poitrine fermée; cette tentative, qui ramenait les hauts-fourneaux à l'état de *blau ofen*, a eu des résultats très-fâcheux, et on a dû revenir à l'emploi des avant-creusets. Ce fait était à prévoir; si la marche à poitrine fermée présente des avantages, lorsqu'on traite des minerais riches avec un combustible pur, elle n'est plus rationnelle, lorsqu'on a un lit de fusion qui, pour 100 kilog. de fonte, donne près de 200 kilog. de laitier et avec lequel il faut forcément pouvoir travailler le creuset pour le débarrasser, surtout lorsque la marche normale est en fonte blanche ou truitée.

On injecte dans chaque fourneau, avec trois tuyères, de

l'air dont la pression est de 90 à 100 centimètres d'eau, et la température en moyenne de 300°. Cet air est fourni par trois machines soufflantes horizontales ayant chacune trois cylindres à vent conduits par un seul cylindre vapeur ; elles marchent à 80 tours par minute, et deux machines suffisent pour souffler les quatre fourneaux ; cette vitesse considérable est, du reste, un défaut grave de ces machines qui sont à clapets, et qui, à en juger par le jeu haletant de ceux-ci, doivent perdre beaucoup d'effet utile. Le vent est chauffé dans des appareils de deux systèmes : les uns à deux tubes Thomas et Laurens, couchés horizontalement ; les autres à mouffles verticales analogues à celles de l'usine de Bessèges ; le dernier système est celui qui est préféré après expérience.

L'élévation des matières premières se fait avec deux balances d'eau, et les wagons de chargement sont du type circulaire, avec clapets de fond partiels. L'enlèvement des laitiers, préalablement pulvérisés ou granulés dans un bac plein d'eau, se fait, pour chaque fourneau, par une chaîne à godet mue par un petit cylindre à vapeur, suivant le procédé breveté de M. Minary.

On emploie à Rans des charges de coke de 650 kilog. et des charges de minerais de 1,750 à 1,825 kilog., pour la marche en fonte truitée ou blanche. Le rendement est de 25 p. 0/0 environ, avec des dosages composés de 80 p. 0/0 mineraux d'Ougney et 20 p. 0/0 terre des Champs-d'Arne et minerais pisolithiques. On obtient ainsi des fontes de qualité ordinaire. Pour avoir des fontes meilleures, on mélange des minerais d'Espagne ou d'Algérie.

Les quatre fourneaux de Rans produisent 25,000 tonnes de fonte par an.

**USINE DE FRAISANS.** — Le seul haut-fourneau de cette usine est remarquable par sa construction. Il possède une tour ronde, tronc-conique à enveloppe de tôle, supportée par un empoutrage en fonte établi sur 8 cadres colonnes également en fonte. Les maçonneries réfractaires du creuset, de l'ouvrage et des étalages, sont libres extérieure-

ment et maintenues seulement au moyen de frettes en fer et d'armatures en fonte. La quantité de métal employée dans cet appareil, qui a 20 mètres de hauteur, est considérable et doit avoir considérablement accru ses frais de construction. Il est, du reste, croyons-nous, le premier, et peut-être le seul grand haut-fourneau à enveloppe de tôle, qui se trouve en France. Ses principales dimensions sont :

Hauteur totale . . . . .	20 <sup>m</sup> ,00
Hauteur du ventre au-dessus de la sole . . .	6 ,80
Hauteur de l'ouvrage . . . . .	2 ,20
Hauteur du creuset . . . . .	0 ,70
Diamètre du gueulard. . . . .	2 ,50
Diamètre du ventre . . . . .	3 ,80
Diamètre du creuset . . . . .	1 ,60

Capacité, environ 280 mètres cubes.

Il est muni d'une prise de gaz à trémie, et le chargement se fait comme à Rans ; les matières sont élevées par une balance d'eau. Il est soufflé par cinq tuyères de 85 millimètres, la pression du vent variant de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50 d'eau, et sa température de 250 à 350 degrés centigrades, suivant le degré de propreté des appareils.

La charge de coke est de 850 kilogrammes et celle de mineraux, pour fonte blanche, de 2,300 kilogrammes (dont 1,650 kilog. Ougney et le reste en minéraux pisolithiques, de l'île d'Elbe, d'Algérie) d'un mélange renfermant 29 p. 0/0 de fer. On passe 45 à 55 charges en 24 heures et on obtient 30 à 35 tonnes de fonte. Le laitier de couleur grisâtre donne à l'analyse :

Silice . . . . .	39,5
Alumine . . . . .	18,6
Chaux et magnésie . . . . .	40,3
Fer et pertes. . . . .	1,6
	<hr/>
	100,0

L'addition de mineraux étranger est indispensable pour obtenir des fontes à fer fort ; les minéraux d'Ougney et du pays donnent toujours des fontes qui fournissent au puddlage un fer à grain plus ou moins tendre.

Le soufflage se fait au moyen d'une puissante machine

horizontale ayant deux cylindres à vapeur et deux cylindres à vent (2<sup>m</sup>,00 diamètre et 1<sup>m</sup>,25 course) et pouvant donner 250 chevaux de force.

Le vent est chauffé dans trois appareils qui desservent les cinq buses. Chacun des appareils, analogues à ceux employés à Bessèges, se compose d'un tuyau, ou barilet horizontal cloisonné, surmonté de 24 mouffles droites présentant chacune 3 1/2 mètres carrés de surface de chauffe ; l'appareil entier possède 84 mètres carrés, et les trois appareils 252 mètres carrés de surface de chauffe. On emploie, pour les chauffer, les gaz des hauts-fourneaux, que l'on brûle avec injection d'air chaud. Le vent subit dans les appareils une perte de pression de 0<sup>m</sup>,10 d'eau et sa température s'élève de 25° à 300°, 350° et même 380°, mesurés au pyromètre en avant des tuyères ; quand les appareils sont neufs, on peut chauffer à 480° centigrades (900° Fahrenheit). Mais, au fur et à mesure qu'ils vieillissent, ils se couvrent ou se pénètrent des poussières entraînées par les gaz et chauffent moins bien. Comme ils sont assez éloignés des tuyères et qu'il y a une forte perte de chaleur par le refroidissement, on ignore la température à la sortie des appareils ; souvent elle est suffisante pour fondre les laitiers désagrégés, dont on recouvre les tuyaux. Le nettoyage est assez commode ; quand il y a un nombre suffisant de clapets, il suffit de quatre heures pour les refroidir ; cependant, il serait encore plus commode de couvrir l'appareil avec des plaques de fonte, au lieu de le couvrir avec une voûte en maçonnerie. .

Le grand haut-fourneau de Fraisans produit de 9 à 10,000 tonnes de fonte par an.

**Hauts-fourneaux au charbon de bois de la Haute-Saône et de la Côte-d'Or.**

Les départements de la Haute-Saône et de la Côte-d'Or renferment, comme on l'a vu, un grand nombre de hauts-fourneaux au combustible végétal. Parmi ces appareils,

un certain nombre (Dole, Pesmes, Valay, Renaucourt, le Crochot, Beaujeu, Bley, Autrey, Drambon, par exemple), produisent des fontes en gueuses pour l'affinage, dites de première marque ; d'autres (Beaudin, Magny-Vernois, Fallon, Loulans, Varigney, la Romaine) fabriquent des moulages de première fusion, sablerie, etc.

Tous ces fourneaux emploient les minerais en grains qui se trouvent en amas disséminés dans les terrains d'alluvion ; les minerais bruts ou *terres à mine* sont lavés dans des patouilletts et fournissent une proportion de grains pisiformes très-variable (depuis 12 p. 0/0 à 75 p. 0/0). La richesse en fer, la qualité et la nature de la gangue de ces mines en grains sont aussi très-variables ; on apprécie ordinairement leur teneur en fer dans le pays d'après le poids du mètre cube. On peut citer, parmi les principaux exposés au Palais du Champ-de-Mars :

La mine de Velesmes (rendement, 15 p. 0/0), un peu manganésifère, employée à Valay, à Beaujeu, etc. ;

La mine de Cugney (Haute-Saône), rendement, 32 p. 0/0, gangue siliceuse, employée à Valay ;

La mine de Pesmes-Gros-Bois (Haute-Saône) ; rendement, 40 p. 0/0, gangue calcaire et alumineuse ; poids du mètre cube : 1,780 kilog. ; employée à Valay et à Pesmes ;

La mine de Bouhans ou du Vaulemet (Haute-Saône) ; rendement 33 p. 0/0 ; nature siliceuse et alumineuse ; employée à Autrey, au Crochot ;

La mine du Chanois (Haute-Saône) ; rendement 34 p. 0/0 ; nature calcaire et alumineuse ; employée à Autrey, au Crochot, à Beaujeu ;

La mine du bois de Montureux ; rendement 32 p. 0/0 ; nature calcaire ; employée à Renaucourt, à Beaujeu ;

La mine du bois de Vellexon (Haute-Saône) ; rendement 45 p. 0/0 ; nature alumineuse ; poids du mètre cube 1,920 kilog. ; employée à Seveux ; c'est le plus riche en fer de ces minerais en grains ;

La mine de Noidans ; rendement 34 p. 0/0 ; nature

calcaire et un peu phosphoreuse ; employée à la Romaine, à Scey-sur-Saône ;

La mine de Lieffrans (Haute-Saône) ; rendement 33 p. 0/0 ; nature siliceuse ; employée à la Romaine, à Loulans ;

La mine de Premorot (Côte-d'Or) ; rendement 31 p. 0/0 ; nature calcaire ; employée à Fontaine-Française ;

La mine des Cerisiers (Côte-d'Or) ; rendement 35 p. 0/0 ; nature siliceuse ; employée à Fontaine-Française.

Voici les analyses de ces deux derniers minerais :

	Premorot.	Les Cerisiers.
Peroxyde de fer . . . . .	34,80	51,00
Quartz et argile . . . . .	20,40	24,75
Chaux . . . . .	20,50	6,50
Magnésie . . . . .	traces	*
Eau et acide carbonique . . . . .	25,00	17,10
	<hr/>	<hr/>
	100,40	99,35

Outre les minerais en grains, on trouve aussi dans le département de la Haute-Saône une couche de minerai oolithique, le plus souvent placée immédiatement au-dessus des marnes du lias. Elle est exploitée à Calmouliers, par MM. Tiquet et Pergaud, pour le fourneau du Magny-Vernois ; le minerai est rougeâtre, de nature siliceuse, et rend jusqu'à 27 p. 0/0 de fonte. On l'exploite aussi à Jussey, pour le fourneau de Varigney. Voici son analyse exposée par MM. Ricot et Patret :

Peroxyde de fer . . . . .	55,00
Argile et quartz . . . . .	17,30
Chaux . . . . .	8,00
Magnésie . . . . .	2,60
Eau et acide carbonique . . .	17,00
	<hr/>
	99,90
Rendement en fonte . . . . .	37,30 p. 0/0

Au Magny et à Varigney, on emploie avec le minerai oolithique un fondant particulier qui est un calcaire dolomique.

Voici l'analyse de celui de Varigney :

Argile . . . . .	4,6
Alumine et peroxyde de fer . .	3,5
Chaux . . . . .	32,0
Magnésie. . . . .	12,0
Perte au feu . . . . .	46,2
	—
	98,3

Ce fondant est nécessité, sans doute, par le besoin d'avoir pour laitier un silicate double de chaux et de magnésie, l'alumine faisant défaut.

Un gisement de minerai oligiste, reconnu au lieu dit la Grève, commune de Servance, a dû être abandonné après essai des produits au Magny-Vernois, malgré sa richesse en fer (65 p. 0/0 quelquefois) ; mais il est associé à du sulfate de baryte qui en rend l'emploi impossible au haut-fourneau.

Voici maintenant des détails sur quelques fourneaux :

FOURNEAUX DE PESMES ET DE VALAY. — Nous avons donné, planche I, fig. 2, le profil de ces fourneaux, dont la capacité est environ 20 mètres cubes. Le mélange de minerai employé est ordinairement à Pesmes : 1/3 mine de Grosbois, 1/3 mine de Pesmes, 1/3 mines diverses du voisinage, de qualité un peu moindre. On charge 7 hectolitres de charbon, pesant de 150 à 160 kilog. ; 360 à 400 kilog. de mine d'une richesse moyenne de 35 à 37 p. 0/0 , et 20 à 30 litres de castine, pesant de 28 à 42 kilog. La charge met 40 à 50 minutes à passer, selon l'âge du fondage et la pression du vent. Celui-ci, qui est froid, est lancé par deux buses de 60 à 70 millimètres de diamètre, avec une pression de 50 à 75 centimètres d'eau. On obtient ainsi par 24 heures de 4,000 à 6,000 kilog. de fonte grise, première marque pour affinage, à grains n°s 1 et 2. Le laitier de bonne allure est noir par réflexion, et violacé en transparence ; il est gras et s'étire en fils.

Les fourneaux de Valay et de Pesmes produisent 1,825 tonnes par an chacun ; celui de Dole, plus petit, ne produit que 1,200 tonnes.

HAUT-FOURNEAU DE LA ROMAINE. — Ce fourneau a 9 mètres de hauteur et 2<sup>m</sup>,34 de ventre. Il est muni d'une prise de gaz et soufflé à l'air chaud. La charge se compose de 6 hectolitres de charbon, 18 à 20 hectolitres de mine pesant 1,650 kilog. le mètre cube et rendant environ 32 p. 0/0, 30 à 35 litres de castine. On passe 35 à 36 charges par jour, et on obtient dans le même temps environ 3,500 kilog. de fonte à l'état de moultages divers de première fusion et de gueuses ou sapots.

Comme on voit, on consomme par tonne de fonte environ 3,000 à 3,100 kilog. de minerai et 1,300 kilog. environ de charbon de bois.

HAUT-FOURNEAU DE MAGNY-VERNOIS. — Ce fourneau est de construction très-ancienne ; il a 7 à 8 mètres de hauteur. On y traite un mélange de minerai oolithique, de minerai en grains et de scories d'affinage au charbon de bois. Les charges sont élevées par un monte-charge à bras. Le chargement se fait par un côté du gueulard seulement, l'autre côté étant occupé par un appareil à air chaud à serpentin installé sur la plate-forme. Le vent est produit par une machine soufflante, commandée par une turbine de 15 chevaux. C'est au Magny qu'ont été établis les premiers *pistons* (machines soufflantes à pistons), en Comté.

Le fourneau est soufflé par une seule tuyère placée à la rustine, ayant 90 à 95 millimètres de diamètre ; l'air injecté a 65 centimètres d'eau de pression et 150 à 200° de température. La production en 24 heures est d'environ 5 tonnes de fonte grise pour moultage en première fusion, le rendement étant 28 à 29 p. 0/0.

Les laitiers magnésiens de ce fourneau sont, en bon roulement, pierreux et gris, avec la surface seulement noire vitrifiée. Ils deviennent blancs ponceux dans l'eau, et sont du reste très-liquides, peut-être plus que dans les fourneaux du voisinage où le fondant n'est pas dolomique. Les laitiers de mauvais roulement sont poreux et

verdâtres ; plus vitrifiés , ils passent au noir spongieux, quand l'allure est tout à fait froide.

**HAUT-FOURNEAU DE VARIGNEY.** — MM. Ricot et Patret ont exposé des fontes au bois et des fontes au coke fabriquées dans leur fourneau de Varigney. Les fontes au bois sont faites avec un mineraï en grains, dit *mine en gris*, dont ils donnent l'analyse :

Peroxyde de fer . . . . .	34,6
Argile . . . . .	32,5
Silice . . . . .	1,4
Alumine . . . . .	14,0
Chaux . . . . .	5,6
Perte au feu . . . . .	12,0
Soufre et arsenic . . .	00,0
Phosphore . . . . .	traces
	<hr/>
	100,1

Les fontes au coke sont fabriquées avec 3,000 kilog. mine de Jussey et 1,400 kilog. coke.

Le *haut-fourneau de Lucelle* (Haut-Rhin), sur la frontière suisse, roule dans des conditions analogues à ceux de la Haute-Saône, avec les minérais en grains du val de Délémont (Suisse).

#### **Haut-fourneau de Framont.**

On a longtemps exploité dans les montagnes des Vosges des filons traversant le terrain granitique et les schistes de transition , dans une vallée étroite voisine de Schirmeck. Ils fournissaient autrefois un mineraï assez riche, mais dont la qualité était fort variable. C'était de l'hématite rouge parsemée d'oligiste micacé (à Framont), de l'hématite brune un peu cuivreuse (à Grandfontaine) de l'hématite un peu manganésifère (à Noirefontaine), accompagnées de pyrites de fer, de cuivre panaché, etc. Les pyrites étaient tellement abondantes dans certaines parties des filons, qu'on a créé à Framont, à côté de la forge , une usine de produits chimiques. Il y a eu à Framont une grande usine à fer à la houille , avec laminoirs, construite évidemment dans une situation très-défavo-

rable. Aussi toute l'importance de cet endroit a-t-elle disparu maintenant. Les deux petits hauts-fourneaux au bois de Framont et de Grandfontaine sont éteints. Le premier marchait encore il y a deux ou trois ans, et c'est à titre purement historique que nous en disons quelques mots.

Ses dimensions étaient :

Hauteur totale . . . . .	8 <sup>m</sup> ,55
Hauteur du ventre . . . . .	3 ,00
Hauteur de l'ouvrage . . . . .	1 ,64
Diamètre du gueulard . . . . .	1 ,45
Diamètre du ventre . . . . .	2 ,20
Diamètre en haut de l'ouvrage .	0 ,80
Diamètre du creuset . . . . .	0 ,62

Il marchait à gueulard ouvert, avec une trémie recueillant les gaz pour l'appareil à air chaud. On y injectait, par une buse de 70 millimètres, du vent à 60 ou 65 centimètres d'eau de pression et 100 à 125° de température. Le rendement moyen des minerais était 40 p. 0/0 et on consommait par tonne de fonte 6<sup>me</sup>,33 de charbon de bois, soit 1,400 kilog. On produisait par mois 80 tonnes de fonte grise employée sur place, soit pour fabriquer un peu de moulage en première fusion, soit surtout pour l'affinage au feu comtois.

Mais, ainsi que nous l'avons dit, le haut-fourneau est arrêté maintenant, surtout à cause de la nature pyriteuse des minerais.

#### Usines de MM. de Dietrich et C<sup>ie</sup>.

Au nord de l'Alsace et dans le voisinage de la ville de Niederbronn se trouvent les importantes usines de MM. de Dietrich et C<sup>ie</sup>, qui comprennent sept hauts-fourneaux, dont cinq avec ateliers de moulage. Ces appareils consomment des minerais d'Allemagne et d'Alsace, mélangés dans des proportions qui varient selon la nature des produits à obtenir, et provenant presque tous de mines appartenant à la Société. Une intéressante collection de ces minerais est exposée.

Les minéraux allemands viennent des pays de Siegen et de Nassau : ce sont ceux de Neu-Glück, carbonates spathiques blancs, rendant crus 35 p. 0/0 de fer environ ; ceux de Carolus, peroxydes de manganèse et hématites brunes manganésifères, rendant 35 à 40 p. 0/0 de fer ; ceux du prince Bernard, hématites rouges, rendant 40 à 60 p. 0/0 ; ceux de la mine Albert, mélangés de fer oligiste et d'hématite brune.

Les minéraux d'Alsace appartiennent à trois variétés distinctes :

1<sup>o</sup> Les *minéraux en grains*, mines pisolithiques argileuses analogues à celles de la Haute-Saône, rendant 37 à 40 p. 0/0 ; et contenant de 1 à 2 p. 0/0 de manganèse, un peu de phosphore et un peu de soufre. On les exploite à Neubourg, Profonde, Morschwiller, Huttendorf (1,631 tonnes de lavées, en 1865) et on les emploie à Niederbronn, à Mertzwiller et à Jaegerthal presque uniquement pour fontes de moulage ;

2<sup>o</sup> Les *mines plates* ou *Blaettelerz*, dont le gisement se trouve dans les alluvions anciennes qui recouvrent les couches du lias. Ce sont des débris de rognons ferrugineux, constitués par de l'hydroxyde de fer, dont les géodes contiennent fréquemment un noyau d'argile jaune et sont mélangés de fer carbonaté lithoïde. On les lave sur place ; la richesse est en général de 30 p. 0/0 ; ils sont un peu phosphoreux et sulfureux, et éminemment propres à la fabrication des fontes de moulage et d'ornement.

On en extrait par an 600 à 1,000 tonnes à Vierzelfeld, Heiligenmatt, etc., qui sont employées au haut-fourneau de Zinswiller ;

3<sup>o</sup> Les *mines rouges*, fer oxydé contenant des veines de fer hydraté, exploité à Lampertsloch dans des couches situées au pied des grès vosgiens et sous des sables diluviens. Il fournit 32 à 38 p. 0/0 de fonte ; il est un peu sulfureux et phosphoreux, et renferme quelquefois des traces assez importantes d'arsenic. On n'en extrait guère

que 100 à 150 tonnes de mine lavée par an, employée à Niederbronn, Jaegerthal, Zinswiller et Mouterhausen.

Les minerais alsaciens servent surtout pour les fontes de moulage ; on les emploie peu ou point pour les fontes fines ou aciéreuses, qui sont fabriquées presque exclusivement avec des minerais de Nassau et de Siegen.

Il y a trois hauts-fournerux au charbon de bois à Jaegerthal (pour fonte d'affinage), à Zinswiller (pour fonte d'affinage et de moulage), à Mouterhausen (pour fontes à Bessemer).

Les deux usines de Niederbronn et de Mertzwiller comprennent chacune deux fourneaux, l'un au coke, l'autre au charbon de bois. Les cokes viennent des bassins de Saarbruck, de la Ruhr, de Saint-Étienne, etc.

Les hauts-fourneaux au bois de Niederbronn ont 10 mètres de hauteur, 2<sup>m</sup>,75 de diamètre au ventre, et 0<sup>m</sup>,60 aux tuyères : leur ouvrage est assez resserré. Soufflés par deux buses de 40 millimètres avec de l'air à 100° environ, ils produisent 4,000 kilogrammes par jour. La charge de charbon est de 8 hectolitres ; celle de minerai et de castine 450 à 550 kilogrammes. On consomme par tonne de fonte :

2,350 à 2,450 kil. mine,
1,150 à 1,250 kil. charbon,
480 à 500 kil. castine.

Les fontes au coke sont surtout destinées à la fonderie. Elles se fabriquent avec des lits de fusion rendant environ 40 p. 0/0, auxquels on ajoute 30 p. 0/0 de castine du Muschelkalk, et en brûlant 140 à 150 kilog. de coke par 100 kilog. de fonte.

Les fontes aciéreuses au charbon de bois se fabriquent avec des minerais rendant en moyenne à peu près 50 p. 0/0, auxquels on ajoute 20 à 25 p. 0/0 de castine. On brûle 110 kilog. de charbon environ pour 100 kilog. de fonte. On obtient d'excellentes fontes pour acier Bessemer ou pour acier puddlé, grises ou miroitantes, qui alimentent les autres usines de la même Société.

Les fontes au bois de Comté se vendent en ce moment péniblement à 160 fr. environ la tonne rendue en forge pour les premières marques. Ce prix, qui menace encore de s'abaisser, n'est pas rémunérateur pour beaucoup de hauts-fourneaux ; aussi ne doit-on pas s'étonner de voir le nombre de ces appareils en activité diminuer constamment.

La production de la fonte, dans les départements de notre groupe, était en 1864, d'après la statistique officielle :

Fonte au charbon de bois . . . . .	54,351 tonnes.
Fonte au coke ou au mélange . . . . .	32,629 —
En tout . . . . .	86,980 —
Elle n'a plus été, en 1863, que . . . . .	76,458 —
Et en 1866. . . . .	74,890 —

La production des fontes au coke à Fraisans, à Rans et à Niederbronn a augmenté notablement, et toute la diminution se porte et au-delà sur les fontes au bois. On peut affirmer qu'actuellement le groupe de Comté produit seulement environ 30,000 tonnes par an de fontes au charbon de bois.

#### QUATRIÈME GROUPE.

##### GROUPE DES ALPES.

Nous avons compris dans ce groupe quelques usines à fonte au charbon de bois, qui se trouvent disséminées dans le Dauphiné et la Savoie, et qui, malgré leur peu d'importance, se trouvent dans des conditions toutes différentes des autres usines que nous avons déjà étudiées.

Elles ont occupé, dans la métallurgie française, une place assez importante, à cause de la qualité spéciale des minerais qu'elles traitent et des fontes qu'elles produisent. Mais cette importance a beaucoup diminué depuis la mise en valeur des gisements analogues des Pyrénées, et l'introduction en France des minerais méditerranéens. Ces usines, dont le nombre a décrû déjà, sont appelées peut-être

à diminuer encore, par suite de l'établissement des voies de communication économiques qui permettront aux fontes du groupe sud-est, de venir alimenter plus complètement les forges et les aciéries du Dauphiné et de la Savoie.

Voici leur statistique, en 1866 :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Isère.	Allevard.	MM. A. Charrière et C <sup>e</sup> . . . . .	1
Id.	Pinsot.	Id. . . . .	1 éteint.
Id.	Saint-Hugon.	M. P. Leborgne père . . . . .	1
Id.	Saint-Gervais.	Marine impériale. . . . .	1
Id.	Brignoud.	M. A. Gourju . . . . .	1
Savoie.	Argentine.	C <sup>e</sup> anonyme de la Maurienne. . . . .	1
Id.	Randens.	M. Grange . . . . .	1
Id.	Epierre.		1
Haute-Savoie.	Cran.	MM. Frerejean, Roux et C <sup>e</sup> .	1

MINERAIS.— Les minérais, qui alimentent tous ces hauts-fourneaux, sont surtout les fers carbonatés spathiques que l'on exploite dans des filons, aux environs d'Allevard et de Vizille (Isère), et de Saint-Georges-de-Hurtières (Savoie).

Les filons des environs d'Allevard et de Vizille sont encaissés dans des gneiss et schistes, micacés ou talqueux. Ils sont très-nombreux, mais courts et peu connus en direction. Leur inclinaison a été mieux étudiée ; ils sont presque verticaux. La puissance est variable ; elle dépasse rarement 2 à 3 mètres. Il en est qui sont très-productifs à la surface, et dans lesquels le minerai a été remplacé en profondeur par des substances stériles (argile des salbandes, quartz, schiste talqueux). Le minerai est presque partout du fer spathique, de couleur jaune clair, à cassure cristalline, et à facettes plus ou moins grandes ; il est associé ordinairement au manganèse, à la chaux, à la magnésie, en proportions très-variables ; on peut le considérer comme un quadri-carbonate à bases variables en proportions. Quelquefois, on a rencontré (filon des Tavernes), du fer oligiste très-micacé, des pyrites blanches et jaunes, de la philippsite, de la galène, de la

blonde : la proportion de métaux étrangers est assez abondante en certains endroits pour rendre le filon inexploitable (exemple à la Ravoire), malgré la beauté du fer spathique. A la surface, près des affleurements, le mineraï est transformé en hydroxyde, ou *mine douce*, de couleur rougeâtre ; il a subi une macération naturelle qui l'a débarrassé de diverses substances étrangères, le cuivre, par exemple.

Les affleurements sont généralement cachés ; mais le terrain a été tellement fouillé et exploré que, depuis longues années, on n'a pas découvert un nouveau filon. Les chroniques font remonter les travaux jusqu'au temps des Sarrazins, et même jusqu'à la domination romaine : on trouve des scories à une très-grande hauteur sur les montagnes.

L'exploitation a été autrefois très-désordonnée ; on recherchait seulement la *mine douce*, qui a maintenant presque disparu. Aujourd'hui, on exploite mieux, par galeries, descenderies ou puits ; mais la dissémination des gîtes rend une exploitation régulière et économique presque impossible.

On distingue, au sortir des exploitations, trois variétés de minérais : 1<sup>o</sup> la *mine rive*, fer spathique, cristallin, à petits éléments, contenant relativement plus de manganèse et moins de magnésie. On l'emploie spécialement pour les aciers ; elle est plus recherchée que la suivante, aussi, parce qu'elle se grille mieux ; 2<sup>o</sup> la *mine maillat*, fer spathique, à grandes facettes cristallines, renfermant moins de manganèse, mais plus de magnésie et de fer que le précédent ; 3<sup>o</sup> la *mine douce*, fer spathique décomposé, devenue rare maintenant. On peut voir à l'exposition de MM. Charrière et C<sup>ie</sup>, de magnifiques spécimens de ces minérais.

Ces minérais, avant d'être traités, sont soumis à une préparation préalable, à un grillage. Comme les transports, qui se font la plupart du temps à dos de mulets ou sur des traîneaux de montagne, sont très-coûteux, on effectue

le grillage sur le carreau des mines, afin de diminuer ces frais. On emploie, pour cela, deux espèces de fours, tout à fait analogues à des fours à chaux.

Les uns sont à *cuisson discontinue*; ils sont grossièrement construits en moellons, dans des anfractuosités de roches ou même creusés dans le roc. Les autres, à *feu continu*, sont mieux établis et se rapprochent des fours à cuve sans grille employés à Lavoulté, par exemple. Dans les premiers, on emploie le bois comme combustible; on en consomme environ 1 1/4 stère pour griller un mètre cube de mineraï pesant 1,750 à 1,800 kilog. Dans les seconds, à formes en général peu étudiées, on perd encore beaucoup de chaleur; on emploie du fraisil de charbon, ou *brasque*, concurremment avec le bois; on consomme 0<sup>st</sup>,75 environ par mètre cube de mineraï grillé. Ces modes de grillage sont imparfaits et peuvent subir des perfectionnements notables. Pour les mines maillats, par exemple, qui ont l'inconvénient de se déliter au feu et de tomber en poussière, il serait peut-être préférable de griller à l'usine, sur une sole allongée, au moyen des gaz des hauts-fourneaux ou des flammes perdues des fours de puddlage.

Outre le grillage, on laisse souvent certains minerais macérer plusieurs années à l'air et à la pluie, sur le carreau des mines, afin de le débarrasser surtout des traces de cuivre qui partent à l'état de carbonate dissous.

Quoi qu'il en soit, le prix du mineraï est élevé; il est de 25 à 30 francs (1) la tonne rendue aux usines les plus voisines, et ne peut donc supporter des frais de transport considérables. On ne saurait penser à l'amener dans les grandes usines du groupe sud-est.

Le rendement au haut-fourneau du mineraï grillé varie de 38 à 42 p. 0/0; sa teneur en manganèse de 0 à 2 ou 3 p. 0/0. La quantité totale exploitée dans les diverses

(1) Voir *Notices des ingénieurs des mines*.

concessions de l'Isère est maintenant de 6,000 à 8,000 tonnes par an. On a essayé de transporter à Givors des minerais crus de Vizille, mais cet essai ne paraît pas devoir donner lieu à des résultats bien importants.

Les filons de Saint-Georges-d'Hurtières (Savoie) sont aussi encaissés dans des schistes talqueux ; leur puissance est souvent considérable (quelquefois 10 à 12 mètres, d'après M. Lan), et ils sont exploités depuis près de huit siècles. Ils sont très-analogues à ceux d'Allevard ; mais quelquefois le cuivre pyriteux et la galène y deviennent assez abondants pour qu'on puisse les exploiter à ce point de vue. Le minerai de Saint-Georges perd 22 p. 0/0 par le grillage et rend 38 p. 0/0 de fonte.

Voici les analyses d'échantillons de ces divers minerais spathiques, d'après Berthier et d'après les Notices des Ingénieurs des Mines :

	Allevard rive.	Allevard maillat.	Allevard mine douce,	St-Georges- d'Hurtières.
Protoxyde de fer . . . . .	32,0	42,80	79,6	50,50
Protoxyde de manganèse . . . . .	2,5	*	3,3	8,00
Magnésie . . . . .	5,5	15,40	1,0	0,70
Chaux . . . . .	*	*	*	1,70
Acide carbonique et eau . . . . .	40,0	41,80	11,1	38,10
Gangue quartzeuse . . . . .	*	*	4,8	1,00
	400,0	400,00	400,0	400,00

On trouve encore dans la Haute-Savoie un gisement de fer hydroxydé remplissant des poches ou crevasses disséminées dans le calcaire urgonien. Il était exploité jusqu'à ces derniers temps pour le haut-fourneau de Cran, près Annecy. On le lavait d'abord sur place : il faut deux tonnes de minerai brut pour obtenir une tonne de minerai lavé ; puis on le lavait encore à l'usine, ce qui lui enlevait encore 12 p. 0/0 de son poids et dans cet état, il donnait 30 p. 0/0 de fonte.

**COMBUSTIBLES.**— On n'emploie dans le groupe des Alpes, pour la fabrication de la fonte, que le charbon de bois. Ce combustible provient des forêts d'Allevard, de la Grande-Chartreuse, de la Drôme, de la Maurienne, d'Annecy. Il

coûte, dans le district dauphinois, de 70 à 90 fr. la tonne rendue aux usines ; de 50 à 60 fr. la tonne dans la Haute-Savoie.

Le bois employé pour le grillage des minerais coûte, rendu aux fours, 5 à 6 fr. le stère.

On a essayé autrefois d'employer les anthracites de la Mure et de Vizille, pour la fabrication de la fonte ; mais ces essais n'ont pas eu de suite et n'auraient plus maintenant de raison d'être.

FABRICATION DE LA FONTE. — La métallurgie a passé dans les Alpes par une série de transformations analogues à celles qu'on trouve en Styrie. On voyait encore, au commencement du siècle, des *blau ofen* et même des fourneaux à section prismatique. Maintenant, on a des hauts-fourneaux ordinaires à avant-creuset, mais dont le profil est peu approprié, suivant nous, à la fabrication économique des fontes aciéreuses. Aussi la consommation de charbon est considérable par rapport à celle des usines de Carinthie, qui consomment des minerais analogues. On devrait, à Allevard, par exemple, consommer au plus 90 à 100 kilog. de charbon par 100 kilog. de fonte.

L'usine d'Allevard est celle des usines dauphinoises où le traitement des minerais des Alpes a été étudié et s'effectue avec le plus de soin et de succès. Nous donnons, pl. I, fig. 3, le profil du haut-fourneau, tel qu'il fonctionnait il y a peu d'années. On y faisait des charges de 70 kilog. charbon (1/3 dur, 1/3 tendre, 1/3 essences mélées), de 155 kilog. mineraux et 29 kilog. castine. On soufflait à l'air froid, par une buse de 50 millimètres avec une pression de 45 centimètres d'eau, et on obtenait en 24 heures 2,700 à 2,800 kilog. de fonte, en consommant 110 à 120 kilog. de charbon par 100 kilog. de fonte.

On a, depuis peu d'années, modifié le profil du fourneau d'Allevard, en rendant la cuve cylindrique, sans changer beaucoup les autres dimensions, et on souffle par deux tuyères avec une pression de vent beaucoup plus

considérable. La production a été augmentée et portée à plus de 5,000 kilogrammes en 24 heures.

Le soufflage se fait au moyen de trompes en bois cylindriques ; les gaz du fourneau recueillis par une prise à couvercle, servent seulement à dessécher les bois employés dans cette usine pour le puddlage.

Le haut-fourneau de Gervais, appartenant à la Marine Impériale, a des dimensions un peu moindres. Il ne fait plus que des campagnes intermittentes et devra probablement s'éteindre à cause du haut prix auquel lui reviennent les minerais qu'il consomme, causé par son éloignement des mines.

Le haut-fourneau de Brignoud, qui produit 600 à 800 tonnes par an, est dans des conditions analogues à celles d'Allevard, il consomme les minerais blancs d'Allevard et les maillats rouges-bruns du Theys, près Allevard.

Le fourneau de Saint-Hugon emploie les minerais de Saint-Georges-d'Hurtières en mélange avec ceux de l'Isère ; ses dimensions sont aussi plus faibles que celles du fourneau d'Allevard.

Les fontes produites généralement par ces fourneaux, dont le lit de fusion se compose de minerais grillés, rendant à peu près 40 p. 0/0 de fer, et de 10 à 12 ou même 15 p. 0/0 de castine, sont des fontes grises ou truitées grises ; on marche en allure la plus chaude possible, afin d'obtenir les fontes les plus pures possible et les plus dépourvues de soufre. Les fontes froides de ces usines sont généralement notablement sulfureuses. On n'emploie pas l'air chaud, parce que les fontes obtenues à l'air froid sont déjà notablement siliceuses. La teneur en manganèse des minerais n'est pas assez élevée pour qu'on puisse marcher en fonte blanche miroitante. Les spécimens de cette dernière variété, exposés par MM. Charrière et C<sup>ie</sup>, proviennent probablement de l'addition au lit de fusion de minerais étrangers manganésés ou d'un choix tout particulier des minerais les plus manganésés d'Allevard. Les fontes grises et truitées ont une résistance considé-

rable à la rupture ; aussi sont-elles réputées comme fontes à canons , et la création de la fonderie impériale de la marine à Saint-Gervais est due à cette propriété des fontes fabriquées avec les minerais des Alpes. On a soin, pour le travail en fontes à canons, de choisir les minerais les plus macérés et les mieux grillés, que l'on suppose débarrassés de soufre et de cuivre ; mais ce choix, exactement opposé à ce qui se fait en Suède pour les excellentes fontes à canons de Finspong, n'a probablement pas de raison d'être.

En Savoie, les hauts-fourneaux d'Argentine, de Randens, d'Épierre traitent les minerais de Saint-Georges ; ils obtiennent plus facilement des fontes spéculaires et rubannées, à cause de la teneur en manganèse un peu plus élevée de ces minerais; mais elles sont souvent un peu cuivreuses.

Le haut-fourneau de Cran, près Annecy, se trouve dans des conditions toutes différentes ; il fabrique surtout des fontes de qualité ordinaire avec les minerais de Cuvat mélangés de minerai du Château (rognons riches à 40 et 42 p. 0/0 que l'on trouve associés aux dépôts du précédent minerai). On emploie en même temps une castine particulière exploitée à Duingt, qui est un calcaire magnésien tenant 5 à 12 p. 0/0 de fer, à l'état de globules de peroxyde disséminé dans la masse. Le lit de fusion (minerais et castine) rend 30 p. 0/0, et on consomme environ 130 à 145 kilog. de charbon par 100 kilog. de fonte grise de moulage. Pour améliorer la qualité des fontes destinées à l'affinage, on y ajoute des minerais de Saint-Georges-de-Hurtières, et même pour fabriquer des fontes fines destinées à l'affinage pour fers supérieurs ou pour acier, on emploie uniquement un mélange de minerais de Saint-Georges et de minerais venant des Pyrénées (Vernet-les-Bains, près Prades).

Le haut-fourneau a 9 mètres de hauteur. En 1860, le ventre avait 2<sup>m</sup>,12 de diamètre, le gueulard 0<sup>m</sup>,77 et le creuset 0<sup>m</sup>,52 ; son volume était environ 15 mètres cubes.

Soufflé par une buse de 50 millimètres, avec une pression de 50 à 54 centimètres d'eau et une température de 125 à 200°, il produisait 2,100 à 2,200 kilog. de fonte grise de moulage par jour. Depuis, ses dimensions ont été augmentées, et il produit maintenant environ 4,000 kilog. par jour, avec des lits de fusion plus riches.

Le prix de revient de la fonte dans le groupe est élevé ; on peut l'estimer à 180 francs au moins la tonne de fonte fine, pour les usines les mieux situées, et peut-être même atteint-il 200 fr. Aussi la production ne se développe-t-elle pas. En 1864, elle a été 4,813 tonnes ; on peut estimer qu'en 1865 et 1866, elle n'a pas dépassé 5,000 tonnes.

#### CINQUIÈME GROUPE.

##### GROUPE DE CHAMPAGNE.

Ce groupe comprend un très-grand nombre d'usines, et en comprenait un plus grand encore il y a quelques années, alors que la sidérurgie au bois se trouvait dans des conditions plus prospères. Ce sont celles des départements des Ardennes, de la Meuse, de la Haute-Marne, de la Marne et de l'Aube. La plupart de celles qui sont encore en roulement emploient comme combustible le mélange de coke et de charbon de bois ; d'autres se servent de charbon de bois pur ou mélangé de bois vert desséché ; quelques-unes fabriquent de la fonte au coke. Ce groupe traverse actuellement une crise pénible ; un grand nombre d'usines sont arrêtées.

Le nombre de celles qui ont exposé est relativement très-petit ; les maîtres de forges de Champagne, en face de la situation difficile faite à leur industrie par les nouveaux traités de commerce, ont cru devoir s'abstenir de paraître au concours international.

Avant de passer à l'énumération des usines du groupe, nous nous occuperons d'abord des minerais.

**Minerais.**

Les minerais de fer de notre groupe sont très-nombr eux et très-variés, quoique ce soient tous des hydrates de peroxyde de fer. Nous allons essayer de les classer par catégories , d'après les travaux de M. Thirria et les notices du Corps impérial des mines , en donnant des détails sur quelques minerais de chaque catégorie.

Une première catégorie comprendra ceux qui se trouvent en amas plus ou moins puissants dans les terrains antérieurs aux jurassiques. On n'en trouve que dans le département des Ardennes. A Revin et à Fleigneux , dans le terrain ardoisier , on exploite un hydrate un peu sulfureux et mélangé de débris des chistes et de quartz. A Rancennes , dans le terrain anthracifère , on trouve un hydrate très-réfractaire qui ne donne guère que 25 à 30 p. 0/0 de fonte.

	Revin.	Fleigneux.
Peroxyde de fer . . . . .	43,85	79,43
Silice . . . . .	39,61	12,00
Alumine. . . . .	6,80	0,53
Chaux . . . . .	traces	1,00
Magnésie . . . . .	*	0,13
Sulfure et sulfate de fer . . . . .	0,80	*
Soufre. . . . .	*	0,14
Acide phosphorique . . . . .	traces	*
Eau et acide carbonique. . . . .	8,85	6,75
	<hr/> 99,94	<hr/> 100,00

Une deuxième catégorie comprend des minerais que l'on exploite dans les parties inférieures du lias , et qui ne sont souvent que des calcaires ferrugineux employés comme fondants , comme à Brévilly (Ardennes). On en trouve à Farincourt (Haute-Marne) , et à Thonnes-le-Thil (Meuse). Ce dernier rend un tiers au lavage , et donne 44 p. 0/0 au fourneau. Voici sa composition , d'après M. Sauvage :

Peroxyde de fer . . . . .	63,80
Oxyde de manganèse. . . . .	1,40
Silice . . . . .	14,80
Alumine. . . . .	3,06
Carbonate de chaux . . . . .	1,43

Carbonate de manganèse . . . . .	0,90
Carbonate de fer . . . . .	0,20
Acide phosphorique . . . . .	0,44
Eau . . . . .	13,97
	<hr/>
	100,00

Une troisième catégorie se compose des minerais que l'on trouve dans les deux étages des marnes oxfordiennes du terrain jurassique.

On peut citer parmi ceux exploités dans l'étage inférieur :

Le minerai de Villers-Maisoncelle (Ardennes), qui rend un tiers au lavage et 38 à 42 p. 0/0 au haut-fourneau, et que l'on emploie surtout pour les fontes de moulage ;

Le minerai de Poix (Ardennes), dont le gîte est un des plus importants du département. Il se trouve mélangé de beaucoup de débris coquilliers; aussi on ne l'emploie qu'après un lavage sur des tables. Il est pulvérulent, de couleur foncée, passablement phosphoreux; aussi ne peut-il être employé que pour les fontes de moulage ou d'affinage fer métis ou fer tendre. Les usines de Margut et de Boutancourt en ont exposé des spécimens. Il rend 43,25 p. 0/0 à la voie sèche ;

Le minerai de Maugienne (Meuse), qui rend un cinquième au lavage, et donne 30 à 33 p. 0/0 de fonte au haut-fourneau ;

Le minerai de Marault (Haute-Marne), employé à l'usine de Riaucourt. C'est un minerai en grains empâté dans une gangue argileuse, qui ne rend que 14 p. 0/0 au lavage ; lavé, il rend 36 p. 0/0 de fonte ;

Le minerai de Latrecey (Haute-Marne), provenant d'une mine exploitée par la Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry, alimente les hauts-fourneaux de la vallée de l'Aube, à Longuay et Chevrolay. La gangue est argilo-calcaire ; après une exposition de plusieurs mois à l'air, elle devient friable, et on peut la passer au patouillet. Il rend 45 p. 0/0, et lavé, il donne 31 à 33 p. 0/0 de fonte. Son prix moyen, par tonne de fonte, est de 30 fr.

Parmi ceux qu'on trouve dans l'étage supérieur oxfordien, on cite :

Le mineraï de Nouart (Ardennes), formé de petites oolithes jaunâtres réunies par un ciment calcaire. Il rend moitié au lavage et donne 30 à 35 p. 0/0 de fonte ; il est très-fusible. Employé à l'usine de Nouart ;

Le mineraï de Mazerny (Ardennes), d'assez mauvaise qualité, rendant 1/2 au lavage et 40 p. 0/0 de fonte ;

Le mineraï de Halles (Meuse), très-analogue à celui de Nouart.

Voici quelques analyses, d'après M. Sauvage :

	Villers.	Poix.	Nouart.	Mazerny.
Peroxyde de fer . . . . .	53,60	63,00	57,80	64,22
Oxyde de manganèse . . .	3,00	0,20	*	0,40
Oxyde de chrome . . . . .	*	traces	*	0,40
Argile . . . . .	*	12,40	7,20	14,80
Silice . . . . .	15,70	*	*	*
Alumine . . . . .	7,80	1,50	*	1,80
Carbonate de chaux . . .	*	5,40	21,40	1,42
Carbonate de magnésie .	*	traces	*	0,80
Acide phosphorique . . .	1,50	2,70	*	1,64
Eau . . . . .	18,40	14,80	13,60	14,52
	100,00	100,00	100,00	100,00

Une quatrième catégorie comprend les minéraux du terrain néocomien de la Haute-Marne, de la Marne, de la Meuse et de l'Aube. Ils se trouvent dans deux gisements généraux.

1<sup>o</sup> A la base du terrain néocomien en amas intercalés dans les dépôts de sables. Ce sont des minéraux en plaquettes géodiques, auxquels on donne dans le pays le nom de *mine demi-roche* ; leur qualité est supérieure à celle des minéraux milliolithiques, ils sont moins phosphoreux et recherchés pour les fontes d'affinage. On les exploite dans la Meuse, à Hévilliers et Ancerville (1/3 au lavage, 38 à 42 p. 0/0 de fonte) pour les usines de Treveray, etc. ; dans la Haute-Marne, à Chatonrupt (il rend 40 p. 0/0 au lavage, et lavé, 42 p. 0/0 au fourneau) ; à Morancourt et Nomécourt (1/2 au lavage, 42 p. 0/0 de fonte, employé

dans les vallées de la Blaise et de la Marne) ; à Surbée, près Eurville (1/2 au lavage, 40 p. 0/0 au fourneau, employé aux fourneaux d'Eurville) ; à Bettancourt (1/2 au lavage, 42 à 45 p. 0/0 de fonte) ; à Guindrecourt.

Voici les analyses de quelques-uns de ces minerais :

	Hévilliers.	Chatonrupt.	Bettancourt.	Guindrecourt lavé.
Peroxyde de fer . . . . .	67,08	68,00	67,00	64,50
Oxyde de manganèse . .	4,00	2,80	2,00	*
Silice et quartz . . . . .	4,00	*	*	14,70
Argile . . . . .	6,33	6,60	8,60	*
Alumine . . . . .	1,66	1,60	1,80	7,30
Chaux . . . . .	*	2,86	1,92	2,50
Magnésie . . . . .	0,53	*	*	*
Acide phosphorique . .	0,40	0,22	0,11	*
Eau et acide carbonique .	16,00	17,82	18,57	14,00
	100,00	100,00	100,00	100,00

2° En couches dans les argiles du terrain néocomien supérieur. Ce sont des minerais en grains très-fins (*milolithiques* ou *oolithes milliaires*), empâtés dans une argile ferrugineuse que l'on bocarde et qu'on lave souvent. Ils sont de moindre qualité que les précédents ; mais leur exploitation, ordinairement à ciel ouvert, est très-économique, et leur prix de revient très-peu élevé (il descend souvent à 10 et 15 fr. par tonne de fonte). On les exploite :

Dans la Marne, à Cheminon ; il rend 34 à 35 p. 0/0 de fonte d'affinage de bonne qualité, et coûte seulement 3 fr. 20 la tonne, sur la minière. On l'emploie à l'usine de Sermaize, et on l'expédie dans la Meuse et le Nord ;

Dans l'Aube, à Vendevre ; on le lave sur place ; il rend 46 p. 0/0 au lavage, et le minerai lavé coûte 8 fr. 20 la tonne. Il produit une fonte de moulage recherchée à cause de sa tenacité ;

Dans la Haute-Marne, à Eurville, à Vassy, à Voillecomte, à Brousseval, à Rache court, à Saint-Dizier, à Narcy, à Sommevoire.

Le minerai d'Eurville est dur, à grains bruns foncés, empâtés dans une argile ferrugineuse et calcaire.

Le minerai de Vassy est tantôt en roche, et alors on

l'emploie brut, et tantôt en terre, alors il faut le laver et il rend 60 à 66 p. 0/0 en volume. Sa gangue est alumino-argileuse, et il donne au fourneau 40 p. 0/0 de fonte. On l'emploie dans la vallée de la Blaise (où il coûte 10 à 15 fr. par tonne de fonte), à Brousseval, à Éclaron, etc. On en exporte dans les départements du Nord et de la Meuse.

Le minerai de la Forêt, qui renferme brut 35 p. 0/0 et lavé 46 p. 0/0, est employé à Brousseval, à Rongeant, à Thonnances-les-Moulins.

Les minéraux de Rachecourt, Montreuil-sur-Blaise, etc., ressemblent beaucoup à celui de Vassy.

Le minerai de Saint-Dizier, exploité dans la forêt du Val et consommé dans les hauts-fourneaux de Saint-Dizier et dans ceux de la vallée de la Marne, est aussi un minerai oolithique milliaire qui, pour la majeure partie, est bocardé et lavé ; il donne alors à la fusion 40 p. 0/0 de fonte.

Le minerai de Narcy est le seul qu'on exploite sur la rive droite de la Marne. Il ne peut être employé qu'après un lavage au patouillet, qui réduit son volume de 60 p. 0/0. Le minerai lavé est noir, à gangue alumino-siliceuse et renferme de petits grains magnétiques. Il est exclusivement consommé par les fourneaux d'Erville, où il revient à 16 fr. 65 par tonne de fonte.

Voici diverses analyses venant de sources variées :

	Chemi- non.	Ven- deuvre.	Eur- ville.	Vassy.	La Forêt.	Narcy.
Peroxyde de fer . . . . .	62,15	59,51	60,00	64,50	67,00	66,00
Oxyde de manganèse . . .	0,75	traces	-	-	-	4,00
Silice et quartz . . . . .	-	24,07	12,50	-	7,33	-
Argile . . . . .	14,66	-	-	10,50	-	7,00
Alumine . . . . .	3,75	2,38	3,20	5,50	10,37	4,00
Chaux . . . . .	-	0,50	5,10	-	1,00	0,40
Magnésie . . . . .	0,80	-	-	traces	-	-
Acide phosphorique . . .	0,12	-	0,30	-	-	0,20
Eau et acide carbonique .	17,77	13,54	16,40	18,50	14,30	16,80
	100,00	100,00	99,50	99,00	100,00	98,40

Une cinquième catégorie comprend les minéraux, deve-

venus rares maintenant, qu'on appelle *mines de roche*, et que l'on trouve en dépôts ou poches dans les anfractuosités et les dépressions du terrain jurassique. Ils proviennent du remaniement et du transport par les eaux, de minerais de la catégorie précédente, ayant ainsi subi une sorte de lavage par une levigation naturelle ; ils sont plus purs et plus riches que les minerais restés en place. On les appelle *mines de roche*, sans doute, parce qu'ils s'exploitent entre des roches calcaires, et le fer qui en provient s'appelait *fer de roche*.

On trouve des minerais de cette catégorie dans les Ardennes, à Gruyères, où on l'exploite pour les usines d'Haraucourt, de Champigneulle ; dans la Haute-Marne, à Poissons, à Noncourt, à Montreuil-les-Thonnnances, à Osne-le-Val. Le mineraï de Poissons fournit les meilleures fontes de Champagne ; il rend, après bocardage et lavage, 42 p. 0/0. Son prix de revient moyen, dans les usines de l'arrondissement de Chaumont, est environ 23 francs par tonne de fonte.

Voici, d'après M. Sauvage, l'analyse du mineraï de Gruyères :

Peroxyde de fer . . . . .	66,90
Oxyde de manganèse . . .	0,80
Argile . . . . .	17,90
Carbonate de chaux . . .	2,20
Carbonate de magnésie .	0,80
Eau . . . . .	11,40
	<hr/>
	100,00

Une sixième catégorie comprend quelques gisements de minerais dans les sables verts, entre autres celui de Grand-pré (Ardennes). Le mineraï qu'il fournit est en grains disséminés dans une argile sableuse ; il rend 1/3 à 1/4 au lavage et 42 p. 0/0 en moyenne au haut-fourneau. Le mineraï des Cierges (Meuse) est analogue.

Voici l'analyse de celui de Grandpré, d'après M. Sauvage :

Peroxyde de fer . . . . .	34,80
Oxyde de manganèse . . . .	1,00

Oxyde de chrome . . . . .	0,20
Quartz. . . . .	5,40
Alumine . . . . .	2,50
Chaux . . . . .	traces
Chlorite . . . . .	21,00
Acide phosphorique . . . . .	0,70
Eau . . . . .	<u>14,40</u>
	100,00

Enfin, on exploite encore dans les Ardennes (Signy-le-Petit, La Ferté), et dans la Meuse (Baolon) des minerais appartenant au diluvium. Voici des analyses :

	Signy-le-Petit.	La Ferté et Margut.
Peroxyde de fer . . . . .	34,00	48,40
Oxyde de manganèse . . . . .	6,80	4,20
Oxyde de chrome . . . . .	*	traces
Argile . . . . .	49,00	32,30
Alumine . . . . .	1,40	1,60
Chaux . . . . .	traces	2,80
Magnésie . . . . .	*	traces
Acide phosphorique . . . . .	*	4,20
Eau et acide carbonique . . .	<u>8,80</u>	<u>12,50</u>
	100,00	100,00

#### Combustibles.

Le charbon de bois était autrefois le combustible presque exclusivement employé en Champagne. Mais son prix est actuellement si élevé (12, 14, 15 et même 18 fr. le mètre cube pesant 180 à 200 kilogrammes) que, malgré le coût peu élevé du minéral, les hauts-fourneaux au charbon de bois ne peuvent fabriquer assez économiquement, pour lutter contre la concurrence intérieure ou étrangère. Aussi un grand nombre mélangent-ils dans leurs charges des cokes venant des bassins belges, de Mons ou de Charleroi, par les chemins de fer. Quelques-uns même, situés dans des conditions favorables aux transports, brûlent exclusivement du coke ; par contre, on en trouve aussi qui améliorent leur prix de revient, en mêlant avec le charbon de bois, non pas du coke, mais du bois cru seulement desséché.

**Usines à fonte du groupe.**

Le nombre des hauts-fourneaux a bien diminué dans le groupe de Champagne depuis les deux ou trois dernières années. La lutte est devenue presque impossible entre les producteurs de fer et leurs concurrents français et prussiens, grâce au haut prix et à la mauvaise qualité des houilles et cokes fournis par la Belgique, à la mise en vigueur des traités de commerce avec le Zollverein, et à des conditions de transport peu favorables. Les hauts-fourneaux, qui ont continué à rouler, sont surtout ceux qui s'adonnent à la fabrication des moulages ou des fontes de moulage.

Voici la statistique des usines en feu au commencement de 1867, d'après nos renseignements particuliers :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Ardennes.	Boutancourt.	MM. E. Muaux et Cie . . .	2 au bois.
	Phades.	M. A. Lagard . . . . .	1 Id.
	Vireux.	MM. Mineur frères et Wilmot	2 au coke.
	Brévilly.	MM. Henry frères . . . .	1 Id.
	Margut.	MM. Boutmy père et fils et Cie	4 Id.
	Nouart.	Mme Vve Lallemand et Rivart.	1 au bois.
	Apremont.	MM. Dupont et Dreyfus. . .	1 Id.
	Champigneulles.	Id. . . . .	1 Id.
Nord de la Meuse.	Chauveney.	MM. Boutmy père et fils . .	1 Id.
	Olizy.	M. Gailly . . . . .	1 Id.
	Stenay.	Mme Vve Lallemand et Rivart.	1 Id.
Sud de la Meuse.	Dammarie-s-Saulx.	MM. H. Vivaux et Cie . . .	1 Id.
	Ecurey.	Id. . . . .	1 Id.
	Id.	Morley.	Id. . . . . 1 au coke.
	Id.	Haronville.	MM. Jacquot frères . . . .
	Id.	Savonnières.	2 au bois.
	Id.	Abainville.	MM. Bradier et Viry. . . .
	Id.	Id.	1 Id.
	Id.	Treveray.	Id. . . . . 2 Id.
	Id.	Bonnet.	M. de Cournon. . . . . 1 au bois.
	Id.	Vadonville.	Mme Vve Montaut. . . . . 1 Id.
Id.	Sainte-Joire.	MM. Roussel et Cie. . . .	4 Id.
	Arrancy.	Comtesse d'Hofflize. . . .	1 Id.

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Meuse.	Chassey.	MM. Colas frères. . . . .	1 au bois.
Id.	Montier-sur-Saulx.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Menaucourt.	MM. L. Marque et Dormoy.	1 Id.
Id.	Nanton.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Cousances-aux-For.	M. Mayeur-Viry . . . . .	1 Id.
Id.	Id.	M. André . . . . .	1 Id.
Id.	Damville-aux-Forg.	M. Léon Jacquot . . . . .	1 Id.
Marne.	Sermaize.	M. Breuil . . . . .	1 au mél.
Aube.	Vandeuvre-s-Barse.	MM. Capitain, Chomton et Cie.	1 Id.
Id.	Villeneuve-a.-Chênes.	Id. . . . .	2 Id.
Haute-Marne.	Riaucourt.	MM. Lafond et Baudon . . .	2 au bois.
Vallée de la Marne.	Bologne-Haut.	MM. Dormoy et Cie. . . . .	1 au mél.
Marne.	Bologne-Bas.	M. Lavocat . . . . .	1 au bois.
Id.	Joinville.	M. Mauclerc . . . . .	2 au mél.
Id.	Bussy.	MM. Salin et Capitain. . . . .	2 Id.
Id.	Chevillon.	MM. Colas frères. . . . .	1 au bois.
Id.	Rachecourt-s-Marne	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Eurviller.	MM. Bailly, Jamin et Cie . .	3 au mél.
Id.	Id.	Id. . . . .	1 au coke.
Id.	Bayard.	MM. Colas frères. . . . .	1 Id.
Id.	Bienville.	Id. . . . .	1 au bois.
Id.	Chamouilley-Bas.	M. Jules Adam. . . . .	1 au coke.
Id.	Chamouilley-Haut.	M. André (de Cousances). .	1 au mél.
Id.	Marnaval.	M. Jacquot. . . . .	2 Id.
Id.	Saint-Dizier.	MM. Leclerc, Dormont et Cie.	1 Id.
Id.	Clos-Mortier.	MM. Simon, Crozet, Lemut et Cie. . . . .	3 Id.
Id.	Id.	Id. . . . .	1 au coke.
Id.	Val-d'Osne.	MM. Barbezat et Cie. . . .	2 au mél.
Vallée de la Blaise.	Louvemont.	M. Rostaing . . . . .	1 au bois.
Blaise.	Éclaron.	MM. Guyard, Geny et Cie. .	1 éteint.
Id.	Allichamp.	MM. Jules Viry et Cie. . .	1 au mél.
Id.	Le Buisson.	MM. Danelle frères. . . . .	1 Id.
Id.	Le Chatelier.	Id. . . . .	3 au bois.
Id.	Vassy.	M. Jeanson . . . . .	1 au mél.
Id.	Brousseval.	MM. Desforges et Festugière frères. . . . .	2 au coke.
Id.	Montreuil.	MM. Geny frères. . . . .	1 au mél.
Id.	Tempillon.	Id. . . . .	1 au bois.
Id.	Vaux-sur-Blaise.	MM. Mayence père et fils. .	2 au mél.
Id.	Dommartin-le-Franc.	MM. Lebachellé et de Chaulaire	1 au bois.
Id.	Id.	Id. . . . .	1 au mél.
Id.	Doulevant-le-Châtel.	MM. Berthelin frères . . .	2 au bois.

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Vallée de la Blaise	Cirey.	Marquis de Damas . . . . .	2 au bois.
Vallée du Charmes-la-Grande.	Charmes-en-l'Angle.	MM. Bonnamy, Paris et Cie.	4 au mél.
Blaiseron.		Id. . . . .	2 Id.
Vallée de la			
Voire.	Sommevoire.	M. Durenne . . . . .	2 Id.
Vallée du	Rongeant.	MM. Colas frères. . . . .	4 au bois.
Rongeant.	Thonnanç-le-Moul.	Id. . . . .	2 Id.
Id.	Thonnanç-le-Joinv.	MM. Guyard, Geny et Cie.	2 Id.
Id.	Poissons.	M. Voillaume père . . . . .	4 Id.
Id.	Id.	MM. Depautaine et Cie.	4 Id.
Id.	Noneourt.	M. de Beurges . . . . .	2 Id.
Id.	Vieux-Noneourt.	M. Adam . . . . .	4 Id.
Id.	Pancey.	M. Clausse . . . . .	4 Id.
Id.	Paroy.	M. de Cholet, Dormoy expl.	4 au mél.
Vallée du	Donjeux.	MM. Colas frères. . . . .	4 au bois.
Rognon.	Sacourt.	MM. Giachet, Morlot et Cie.	4 au mél.
Id.	Rimaucourt.	MM. F. Dormoy et Cie.	4 Id.
Id.	Manois.	MM. de Beurges . . . . .	2 au bois.
Id.	Écot.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Orquevaux.	M. Donnot. . . . .	4 Id.
Vallée de	Aubepierre.	MM. Passy, Dailly et Cie.	4 Id.
l'Aube.	Farincourt.	M. de Tricornot . . . . .	4 Id.

Le nombre de ces hauts-fourneaux était donc, sauf erreur ou omission, de :

- 62 au charbon de bois ;
- 36 au mélange de charbon et coke ;
- 14 au coke.

Soit en tout 112 fourneaux.

Mais plusieurs d'entre eux se sont probablement éteints dans le courant de 1867.

#### Usines des Ardennes.

Le nombre des hauts-fourneaux au charbon de bois a considérablement diminué dans ce département, et on n'en trouve plus maintenant en feu qu'un petit nombre, qui sont voués à la fabrication des fontes moulées, comme ceux de Phades et de Nouart.

Les deux hauts-fourneaux de Champigneulles et d'Apre-

mont qui consomment le même minerai lavé, rendant 40 à 45 p. 0/0, emploient comme combustibles des mélanges de charbon de bois et de bois cru desséché. Ils fabriquent des fontes employées sur place, partie pour la fonderie, partie pour la fabrication d'essieux et de socs de charrue. Ils appartiennent tous deux à MM. Dupont et Dreyfus, d'Ars-sur-Moselle.

L'usine de Margut, appartenant à MM. Boutmy père, fils et C<sup>ie</sup>, comprenait deux anciens hauts-fourneaux au bois qu'on vient de transformer et de mettre au coke. L'un d'eux a 14<sup>m</sup>,20 de hauteur, 3<sup>m</sup>,10 de diamètre au ventre et 57 mètres cubes environ de capacité. On le souffle avec deux buses de 80 millimètres, une pression de 8 cent. de mercure et une température de 200 à 220°. Les charges de coke sont de 320 kilogrammes ; celles de minerai, auquel on a ajouté 25 p. 0/0 de castine, de 900 kilog. environ. On consomme des minerais oolithiques de Senelle et de Piedmont, près Longwy, du minerai de Poix et du minerai d'Athus. Ce dernier, qui est un minerai d'alluvion fer fort, venant de Belgique, a pour composition :

Peroxyde de fer . . . . .	65,35
Carbonate de manganèse . . . . .	4,87
Carbonate de chaux et de magnésie . .	18,06
Silice et alumine. . . . .	9,70
Matières volatiles . . . . .	6,00
	<hr/>
	103,98

et rend 43 p. 0/0 de fonte par la voie sèche.

On emploie aussi des minerais d'Aumetz et de Saint-Pancré, qui viennent des gîtes d'alluvion de la Moselle. Le haut-fourneau au coke de Margut produit de 6 à 7,000 kilog. par jour, avec des minerais rendant en moyenne 35 p. 0/0 et une consommation de coke qui est de 1,200 à 1,250 kilog. par tonne de fonte grise de moulage. MM. Boutmy et C<sup>ie</sup> ont, dans la Meuse, à Chauvency, une autre usine à fonte qui ne fabrique que de la fonte au bois. La fonte de Margut leur sert pour le moulage et pour les fers mixtes, les fontes de Chauvency pour les tôles et les petits fers au bois.

A Vireux, se trouvent de véritables hauts-fourneaux au coke, de dimensions assez grandes et fabriquant 10 à 12 tonnes par jour. Leur construction est élégante ; sur un dé carré, légèrement pyramidal, s'élève la tour tronc conique cerclée en fer ; aux quatre angles du dé, quatre colonnes de fonte supportent la plate-forme du gueulard. La hauteur totale est 14<sup>m</sup>,50 ; le diamètre du ventre 3<sup>m</sup>,80 et celui du gueulard 2<sup>m</sup>,60.

A Boutancourt, MM. E. Muaux et C<sup>ie</sup> fabriquent deux espèces de fontes au bois. L'une, provenant de minerai de Poix, est cotée par eux 100 fr. la tonne ; l'autre, faite avec du minerai d'Aumetz (Moselle), est cotée 140 fr. la tonne, et est destinée à la fabrication du fer fort au bois. Leur exposition est intéressante et témoigne d'une fabrication rationnelle et entendue.

#### **Usines de la Meuse.**

Les usines les plus importantes de ce département sont celles d'Abainville et dépendances, et de Dammarie et dépendances. Ce sont aussi les seules qui soient représentées à l'Exposition.

MM. Lasson, Salmon et C<sup>ie</sup> qui ont, à Abainville, deux hauts-fourneaux au charbon de bois et un au coke, possèdent aussi à Héming, dans la Meurthe, une autre usine où ils traitent les minéraux oolithiques du groupe de la Moselle. Leur exposition, très-ample pour les fers, donne peu de renseignements sur leur fabrication de fonte. On cite, cependant, leur haut-fourneau au coke d'Abainville comme donnant des résultats exceptionnels : avec 1,000 kilog. de coke, il fournit 1,000 kilog. de fonte de forge en minéraux mélangés de l'Ornaie et de la Meurthe.

Les usines de Dammarie-sur-Saulx, qui ont exposé dans le groupe VI des boîtes à graisse et à huile, et des cylindres de locomotives, d'un moulage remarquable, sont situées sur la limite du département de la Haute-Marne, à 20 kilomètres environ du chemin de fer de l'Est. Elles comprennent les trois hauts-fourneaux de Dammarie,

d'Écurey et de Morley, qui consomment les minerais du terrain néocomien, dont nous avons parlé. Ces minerais, que l'on trouve en bancs considérables, souvent à fleur de terre, sont mélangés d'une assez forte proportion d'argile, dont on les débarrasse par le bocardage et le lavage au patouillet. Le lavage n'est autorisé par l'administration que pendant l'hiver, et les eaux, avant d'être reversées dans les cours d'eau, doivent être conduites dans des bassins de décantation. Ces restrictions obligent les usines à faire des approvisionnements considérables de minerais. Ceux-ci, lavés, rendent 30 à 35 p. 0/0 au haut-fourneau. Comme combustible, on emploie des charbons de bois dur, mélangés avec une certaine proportion de bois vert desséché, scié en petites buchettes de 0<sup>m</sup>,20 de longueur ; mais cette proportion ne peut pas être considérable (1/12 ou 1/15), sous peine de réduire notablement la production du fourneau, dont l'allure doit être ralentie. On mélange aussi quelquefois de petites quantités de coke ; le haut-fourneaux de Morley marche au coke seul.

La hauteur de ces fourneaux est d'environ 12 mètres, y compris la prise de gaz à trémie qui a près de 2 mètres de profondeur ; le ventre a 2<sup>m</sup>,50 de diamètre environ. Deux d'entre eux, ceux de Morley et d'Écurey, sont portés sur colonnade en fonte. Ils sont soufflés par une seule tuyère placée latéralement, avec de l'air chauffé à 350° environ, dit-on, au moyen d'appareils de Calder et ayant une pression de 4 centimètres de mercure. Ils produisent environ 3,000 kilogrammes de fonte par 24 heures, avec une consommation de combustible avoisinant 1,200 kilog. par tonne de fonte, comme dans les autres fourneaux du pays.

La fonte de Dammarie et d'Écurey est entièrement employée au moulage de la sablerie ou marchandise creuse, comprenant les coquelles, marmites, poèles, etc. ; celle de Morley sert à la fabrication des tuyaux. La fonte de Dammarie est, entre toutes les fontes françaises, un type de fonte convenable pour le moulage en première fusion ; elle doit pour cela avoir un grain de n° 3 ; si elle est truitée ou

blanche, on ne peut l'employer; si elle est trop grise et graphiteuse, il faut la débarrasser de son excès de graphite par divers moyens spéciaux. Les moulages en première fusion de Dammarie sont remarquables par leur douceur : en 1855, MM. Vivaux et C<sup>ie</sup> avaient exposé des coquelles, marmites de tous genres, percées au poinçon et présentant des arrachements comme des tôles douces. Les cylindres de locomotives et autres objets du matériel de chemin de fer, se coulent à la fonderie de deuxième fusion de Dammarie, qui est très-importante ; ces pièces jouissent d'une juste réputation pour leur résistance et la facilité avec laquelle elles laissent travailler à l'outil.

#### Usines de la Haute-Marne.

Le département de la Haute-Marne est celui de France qui comprend le plus d'usines à fonte, bien que sa production ne présente pas un tonnage aussi important que celle d'autres départements ; cependant, beaucoup d'usines se sont éteintes depuis peu, et beaucoup probablement s'éteindront encore bientôt. La situation économique des usines à fer du département est devenue fort difficile depuis les traités de commerce, malgré le bas prix des minérais. Le combustible végétal est cher ; la houille et le coke des bassins belges arrivent à des prix élevés, et ne sont plus de la qualité qu'ils possédaient avant la dernière crise ; les transports coûtent cher pour les matières premières, comme pour les produits, tandis que les cours des fers se sont abaissés, et que les débouchés ont diminué, soit par suite de l'état général des affaires et de la concurrence intérieure, soit par suite des facilités données à l'importation des fers étrangers par les traités de commerce et le trafic des acquits à caution. Les seules usines qui conservent quelque prospérité sont celles qui se livrent uniquement à la fabrication des moulages.

Les usines les plus importantes pour cette dernière fabrication sont celles de MM. Desforges et Festugière frères, à Brousseval ; de MM. Barbezat et C<sup>e</sup>, au val d'Osne ; de

MM. Durenne, à Sommevoire, qui, toutes les trois, sont représentées à l'Exposition par des produits de leurs fonderies, mais n'y ont point fait figurer les matières premières qu'elles emploient.

Pour les fontes d'affinage, les usines les plus considérables sont celles de MM. Bailly, Jamin et C<sup>ie</sup>, à Eurville ; celles de MM Colas frères, à Rachecourt-sur-Marne et dépendances ; celles de MM. de Beurges, à Manois et dépendances ; celles du Clos-Mortier.

Les fontes pour moulage en 1<sup>re</sup> et en 2<sup>e</sup> fusion se font, dans la plupart des usines de la Haute-Marne, avec un mélange de charbon de bois et de coke, dans lequel entre en poids depuis un tiers jusqu'à deux tiers de ce dernier combustible. Les hauts-fourneaux consomment en général, par tonne de fonte grise pour moulage en première fusion, de 1,300 à 1,800 kilog. de combustible mélangé, et 1,50 à 2,00 mètres cubes de mine lavée, suivant les usines. Leurs dimensions sont assez faibles : la hauteur varie de 9<sup>m</sup>,00 à 11<sup>m</sup>,00, y compris la prise de gaz à trémie généralement employée, et le diamètre au ventre de 2<sup>m</sup>,00 à 2<sup>m</sup>,50. On les souffle à l'air chaud par deux tuyères, et leur production journalière varie de 3,000 à 5,000 kilog., selon les usines et les minerais. A Brousseval, les deux hauts-fourneaux marchent au coke pur avec des minerais qui rendent 38 p. 0/0. A Sommevoire et au val d'Osne, où l'on fabrique surtout des fontes d'ornement, on emploie le mélange de coke et de charbon de bois. Ces fonderies sont connues par la délicatesse et le fini de leurs moulages.

A Eurville, on consomme des minerais lavés de Surbée, de Narcy, des taillis d'Eurville, du Mont-Gérard ; et l'on fabrique des fontes au coke blanches, et truitées blanches, et des fontes au bois grises et blanches, pour les besoins de l'importante forge jointe aux hauts-fourneaux.

MM. de Beurges emploient, dans leurs fourneaux du Manois, le minerai de Chatonrupt brut et lavé, et en fabriquent des fontes au bois grises, truitées et blanches, avec lesquelles ils obtiennent des fers d'une douceur et

d'une résistance remarquables. Ces deux maisons seulement représentent à l'Exposition les producteurs de fontes d'affinage de la Haute-Marne.

Les hauts-fourneaux au charbon de bois ont 9 à 10 mètres de hauteur, et 1<sup>m</sup>,95 à 2<sup>m</sup>,10 de diamètre au ventre, avec un creuset large de 0<sup>m</sup>,50 soufflé par une seule tuyère. La charge se compose ordinairement de 1/2 mètre cube de charbon, 140 à 180 litres de mines, 15 à 20 kilog. de castine. On passe 40 à 50 charges en 24 heures, et on obtient 4,000 à 4,400 kilog. de fonte grise d'affinage. Il en résulte qu'on consomme ordinairement par tonne de fonte :

5 <sup>m</sup> ,00 à 6 <sup>m</sup> ,00	de charbon de bois ;
1 ,50 à 1 ,80	de mine ;
0 ,15 à 0 ,20	de castine.

Lorsqu'on travaille en fonte de moulage, la consommation de charbon, par tonne, augmente de quelques hectolitres. Le charbon de bois coûte depuis 14 fr. jusqu'à 20 fr. le mètre cube, rendu dans les usines. Aussi, beaucoup d'entre elles, dans le but d'obtenir des prix de revient plus bas, mélangent au charbon, du bois desséché, coupé en buchettes ; mais la proportion en est limitée sous peine de refroidir trop le haut-fourneau. Un grand nombre mélangent du coke (qui coûte environ 35 fr. la tonne, à Saint-Dizier), et obtiennent alors des fontes d'affinage, dites *mixtes* ou *métisses* ; ils consomment alors par tonne 2<sup>m</sup>,30 à 2<sup>m</sup>,50 de charbon de bois, et 700 à 800 kil. de coke (1). Quelques usines seulement fabriquent des fontes de forge au coke pur, et en emploient alors 1,200 à 1,400 kilogrammes par tonne de fonte.

Les fontes au bois de Champagne, sans être d'une

(1) D'après MM. Petitgand et Ronna, on fabriquerait, à Charmes-la-Grande, dans un fourneau de 10 mètres, de la fonte grise de forge avec 3<sup>m</sup>,20 (soit 640 kil.) de charbon de bois et 175 kil. de coke par tonne. Mais ces chiffres nous paraissent inexacts ; il en résulterait qu'on obtient dans cette usine, avec des minéraux rendant 40 p. 0/0 environ, de la fonte grise, en ne consommant que 815 kil. de combustible par tonne ; aucune usine de France n'arrive à ce résultat.

qualité égale à celle des fontes de Comté ou du Berry, fournissent encore, affinées au charbon de bois, des fers d'une douceur et d'une tenacité considérables ; puddlées, elles donnent des fers un peu moins doux et moins tenaces, mais encore de très-bonne qualité. Les fontes au coke sont moins phosphoreuses que celles de la Moselle, et on en obtient, par le puddlage, des fers qui se tra-vailtent mieux à chaud et à froid que les fers ordinaires de la Moselle ; toutefois, elles se classent, comme qualité, après les fontes du Centre et celles du Sud de la France. La fonte au bois revient de 110 à 120 fr. la tonne dans les usines des environs de Saint-Dizier et la fonte au coke, de 80 à 90 fr., la fonte métisse ayant un prix de revient intermédiaire.

Avant de quitter ce groupe, nous dirons quelques mots de deux particularités de construction que l'on rencontre dans plusieurs hauts-fourneaux de la Meuse et de la Haute-Marne.

On emploie dans beaucoup d'usines, pour le revêtement intérieur des hauts-fourneaux, des briques moulées avec l'argile réfractaire de Vandœuvre (Aube) ; quelques-unes commandent leurs briques à Andennes (Belgique). Mais, presque partout, au moins pour les hauts-fourneaux au charbon de bois, les étalages sont faits en sable réfractaire fortement damé. On assure même que, dans quelques-uns, le revêtement tout entier est fait de cette façon en sable pilonné autour d'un mandrin en bois, et qu'il fournit un très-bon usage.

Mais la particularité la plus curieuse est la forme même de ces étalages qui, au lieu d'être plats ou concaves, comme dans presque tous les hauts-fourneaux connus, présentent une surface convexe à l'écoulement des matières ; on prétend avoir obtenu, avec cette forme toute particulière du profil intérieur, des économies de combustible et une régularité d'allure inconnues jusqu'alors. Il est difficile de savoir à quoi s'en tenir ; mais, si le fait est réel, il prouve que les anciens profils avaient le ventre

placé trop bas, car la courbure des étalages ne peut avoir d'autre effet que de reporter plus haut, en la rétrécissant un peu, la section maximum d'écoulement des matières ; l'angle vif qui est formé par la rencontre des étalages et de la cuve, se remplit d'accrochages qui forment une continuation des étalages, et ceux-ci en réalité deviennent plats et partent d'un peu plus haut. Dans beaucoup de hauts-fourneaux de la Haute-Marne, le ventre est situé à 3<sup>m</sup>,00 ou 3<sup>m</sup>,20 au-dessus de la sole, pour des hauteurs totales de 9 à 10 mètres, c'est-à-dire au tiers de la hauteur ; la convexité des étalages reporte le ventre à 3<sup>m</sup>,50 ou 4<sup>m</sup>,00, ainsi qu'il est aisément de s'en rendre compte sur un croquis.

La capacité intérieure et la production journalière de tous ces hauts-fourneaux sont assez faibles, puisque la dernière ne dépasse pas 5 tonnes de fonte grise de moullage, ou 7 à 8 tonnes de fonte blanche de forge en 24 heures, pour les hauts-fourneaux au mélange et au coke. Nous ne savons s'il faut attribuer cette réserve des maîtres de forge aux difficultés d'approvisionnement et de débouché, ou à leurs préventions contre des fourneaux de plus grandes dimensions. Ces dernières, qui existent, sont peu fondées ; la nature même du minerai n'est point une raison pour faire repousser des fourneaux plus grands, qui marcheraient tout aussi économiquement, et nous avons lieu de penser que l'usine du Clos-Mortier, qui possède un haut-fourneau produisant 15 tonnes par jour, le seul, croyons-nous, du département, n'a pas à regretter sa hardiesse. Il est probable qu'elle fabrique plus économiquement que les usines qui se servent d'appareils plus petits.

D'après la statistique officielle, le groupe de Champagne possédait, en 1864 :

44 hauts-fourneaux au bois,  
65 hauts-fourneaux au mélange,  
9 hauts-fourneaux au coke,,

et a produit dans cette même année :

46,337	tonnes de fonte au charbon de bois ;
83,287	id. au mélange ;
<u>26,038</u>	id. au coke.

155,682 tonnes en tout.

D'après les Bulletins du Comité des forges, la production totale de fonte aurait été :

En 1865. . .	450,000 tonnes environ.
En 1866. . .	463,731 id.

## SIXIÈME GROUPE.

### G R O U P E   D U   N O R D.

Parmi les départements de la Seine-Inférieure, Seine-et-Oise, Oise, Seine, Aisne, Somme, Pas-de-Calais et Nord, les deux derniers seuls sont producteurs de fonte. Ils se trouvent dans des conditions opposées à celles du groupe de Champagne ; situés sur un bassin houiller et trouvant dans leur sein une partie importante du combustible minéral nécessaire, ils sont beaucoup moins favorisés sous le rapport des minéraux. On trouve bien dans le Nord et le Pas-de-Calais des minéraux de fer, mais non pas avec l'abondance qui règne en Champagne ou dans la Moselle, et les hauts-fourneaux du groupe sont obligés d'en faire venir des départements voisins ou même de l'étranger.

#### Minéraux.

Les gisements actuellement exploités dans le groupe se réduisent à ceux du Boulonnais (Pas-de-Calais), et de l'arrondissement d'Avesnes (Nord).

« Les minéraux du Boulonnais sont des hydroxydes en grains, en fragments et en géodes, formant des dépôts, souvent assez importants, dans des sables et des argiles qui paraissent appartenir au terrain du grès vert; leur gangue est un sable quartzeux. » Ils renferment des traces sensibles de phosphore et donnent moyennement à l'analyse :

Peroxyde de fer . . . . .	49,14
Silice et argile . . . . .	34,76
Alumine . . . . .	1,00
Perte au feu . . . . .	15,10
	<hr/>
	100,00

Ils sont employés dans les fourneaux du Pas-de-Calais, et transportés par chemin de fer aux hauts-fourneaux du Nord. D'après MM. Petitgrand et Ronna, ils rendent 37 p. 0/0 de fonte et coûtent, rendus à Denain, 18 fr. la tonne.

Dans l'arrondissement d'Avesnes, sur la rive droite de la Sambre, on trouve des gîtes de minerais qui ont été étudiés autrefois par M. Drouot, et qui, d'après lui, se trouvent en amas situés au-dessous du terrain tertiaire, dans des cavités des terrains de transition. Ces amas forment des sortes de chapelets, ayant une direction commune et que dans le pays on nomme *trains*. On en trouve dans les environs de Maubeuge, de Fourmies, de Malplaquet. Ce sont des oxydes jaunes hydratés, à gangue argileuse, renfermant une proportion plus ou moins grande de phosphore. Nous donnerons l'analyse de celui qu'on exploite à Trélon, près Fourmies. On trouve aussi dans les environs de Fourmies, à Glageon, deux couches de minerais oxydés rouges, dans les schistes argilo-calcaires de transition. Ces minerais, d'une richesse assez grande, ont le défaut d'être excessivement friables et de se réduire presque à l'état de sable, quand ils sont secs ; ils renferment du phosphate de chaux en assez grande proportion. Voici, d'après M. Weil, leur analyse.

	Oxyde jaune de Trélon:	Oxyde rouge de Glageon.
Peroxyde de fer. . . . .	50,56	52,55
Protoxyde de fer. . . . .	0,40	8,00
Silice. . . . .	26,75	17,06
Alumine . . . . .	6,02	8,20
Chaux . . . . .	*	3,15
Phosphate de chaux. . . .	*	5,46
Magnésie. . . . .	*	traces
Acide phosphorique. . . .	3,40	*

Manganèse. . . . .	traces	-
Perte au feu . . . . .	42,87	5,58
	<hr/>	<hr/>
	100,00	100,00
Teneur en fer . . . . .	35,7 p. 0/0	43 p. 0/0

Ces minéraux jaunes, rendant 34 à 35 p. 0/0 de fonte, reviennent à 8 fr. la tonne rendue à Fourmies, d'après MM. Petitgand et Ronna.

Outre ces minéraux exploités sur place, on emploie encore dans les fourneaux du groupe des minéraux oolithiques de la Moselle, des minéraux lavés de la Champagne (qui reviennent, à Denain, à 10 fr. et 10<sup>f</sup>,50 la tonne, avec une teneur de 38 p. 0/0) et des minéraux belges de Tournay, rendant 25 p. 0/0 et coûtant 10 fr. la tonne, rendue à Denain (d'après MM. Petitgand et Ronna). Enfin, plus récemment, plusieurs usines du groupe ont ajouté à leurs lits de fusion des minéraux venant d'Espagne (tels que ceux de Bilbao, qui coûtent environ 30 fr. la tonne pour une teneur de 50 p. 0/0) ou d'Algérie (comme ceux de Mokta el Hadid, qui coûtent 36 fr. la tonne, à Dunkerque, pour un rendement de 65 p. 0/0, et ceux de Soumah). Ces additions ont déjà eu pour effet de permettre aux maîtres de forge d'améliorer la qualité de leurs fontes et, par suite, de leurs fers.

#### Combustibles.

Le coke tend à être le seul combustible employé maintenant dans le groupe pour la fabrication de la fonte. Il vient de Belgique, pour les hauts-fourneaux de la vallée de la Sambre, du bassin de Valenciennes, pour les usines qui y sont placées. Il est fabriqué sur place avec des charbons anglais, dans d'autres usines voisines de la mer. Les hauts-fourneaux au charbon de bois ou au mélange ont disparu, quoique la statistique officielle en annonce encore en 1864.

#### Usines à fonte.

Elles sont peu nombreuses, mais importantes. Voici leur statistique :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux</i>
Pas-de-Calais	Marquise.	MM. Pinart et Cie . . . . .	8 au coke.
Id.	Outreau.	Cie des forges de Montataire.	2 Id.
Nord.	Anzin.	Cie des forges d'Anzin . . . .	2 Id.
Id.	Denain.	Cie des forges d'Anzin . . . .	5 Id.
Id.	Blanc-Misseron,		
Id.	près Crespin.	M. F.-J. Dupont . . . . .	4 Id.
Id.	Maubeuge.	Cie des forges de Maubeuge .	4 Id.
Id.	Hautmont.	Cie de la Providence . . . . .	3 Id.
Id.	Aulnoye.	Cie de Vezin-Aulnoye. . . . .	2 Id.
Id.	Ferrière-la-Grande.	M. Dumont . . . . .	2 Id.
Id.	Fourmies.	Cie des forges de Sougland et Fourmies . . . . .	4 Id.

Parmi ces usines, les deux premières sont voisines de la mer et du port de Boulogne ; les trois suivantes sont dans la vallée de l'Escaut, à proximité de Valenciennes ; les quatre ensuite dans la vallée de la Sambre, et la dernière est isolée dans le sud-est du département du Nord et à proximité de la frontière belge.

#### Usines de Marquise.

Ces importants établissements, au nombre de deux maintenant, ont été fondés il y a une vingtaine d'années. Ils comptent parmi les plus importants de France, surtout dans la spécialité où il sont dirigés (fabrication des fontes moulées), et parmi les plus remarquables pour les installations et pour l'ordre qui y règne. La plus grande et la plus ancienne des deux usines comprend quatre hauts-fourneaux anciens à tours carrées, dont l'un a les faces concaves, comme ceux d'Alais ; ils sont adossés, et les machines soufflantes à banlancier qui les desservent sont logées dans le massif du mur d'adossement.

Leur hauteur totale est de 14 mètres environ, et ils ont 4<sup>m</sup>,00 de diamètre au ventre. Ils produisent chacun 15 à 20 tonnes de fonte en 24 heures.

Les minéraux employés sont ceux du Boulonnais même, auxquels on mélange, depuis peu de temps, certains mine-

rais d'Afrique. Les cokes sont fabriqués en partie sur place dans des fours Appolt avec des charbons anglais et indigènes. Les castines sont des craies et marbres du pays.

La charge de coke est d'environ 500 kilogrammes, et celle de mineraï est double ; on est obligé d'ajouter beaucoup de castine, à cause de la gangue très-siliceuse des minérais et de la marche en fonte de moulage. On souffle par trois tuyères, avec une pression relativement faible et une température de 250° environ. Les fourneaux sont munis de prises de gaz avec trémie conique ; mais ils restent ouverts, et on charge par brouettes. Les laitiers que l'on obtient, même en fonte grise, sont légèrement vitreux, ce qui tient probablement à la présence de la dolomie dans les fondants.

Nous aurons plus tard à revenir sur les importants travaux de fonderie qui se font dans cette usine.

#### **Usine d'Outreau.**

Cette usine, de création relativement récente, très-voisine des précédentes, appartient à la Compagnie propriétaire des forges de Montataire, près Paris. On y fabrique des fontes d'affinage pour Montataire, et des fontes de moulage. L'usine a exposé des fontes de moulage, dites *très-fortes*, d'un beau grain de fonte grise n° 1, des fontes grises à grain plus serré, dites pour fers fin grain, des fontes blanches légèrement spéculaires, pour affinage supérieur, et des fontes blanches rayonnées ordinaires, pour affinage fer fort. Cette série de fontes témoigne de l'emploi de minérais de qualité supérieure, et on ne saurait admettre qu'elles soient fabriquées uniquement avec le mineraï du Boulonnais, le seul exposé à côté.

L'usine d'Outreau, outre ce mineraï local qu'elle déboure sur place avec un appareil spécial, emploie aussi des minérais de qualité bien supérieure, tels que les hématites rouges du Cumberland (Angleterre), rendant 60 p. 0/0; les minérais alumineux de Belfast (Irlande), rendant 40 p. 0/0 ; les hématites brunes magnésifères de Bilbao (Es-

pagne) ; les oxydes magnétiques de Diélette, près de Cherbourg, dont nous parlerons bientôt.

On peut, avec cette diversité de ressources, composer des lits de fusion fort variés ; c'est un avantage commun à toutes les usines métallurgiques situées dans un port de mer. On y ajoute comme fondants de la craie ou de la dolomie. Les cokes employés, autrefois fabriqués sur place dans des fours horizontaux à défournement mécanique, viennent maintenant de Belgique.

L'usine, établie sur un plan remarquable par sa symétrie, comprend deux hauts-fourneaux, tous deux à tour ronde en briques maintenues par des armatures circulaires en fer. La chemise réfractaire est également munie d'armatures, suivant un système de construction assez en usage en Belgique. Ces fourneaux avaient, neufs, une capacité de 120 mètres cubes environ, avec un diamètre de 4<sup>m</sup>,25 environ au ventre et de 2<sup>m</sup>,75 au gueulard ; mais, comme ils sont en feu depuis plus de 5 ans, leur capacité s'est augmentée. Ils sont munis de prise de gaz à trémie, mais à gueulard ouvert, et surmontés d'une cheminée en tôle avec des portes de chargement à contre-poids ; le chargement se fait à la pelle. Les matières sont élevées au moyen d'une balance d'eau. Le vent est fourni par deux machines horizontales à tiroir, auxquelles on a ajouté récemment une machine verticale, type de Seraing. Les gaz des fourneaux servent à la génération de la vapeur dans des chaudières à corps cylindrique, avec réchauffeur latéral, et à l'échauffement de l'air dans deux appareils, système dit de Calder, pour chaque fourneau.

On procède par fortes charges ; la charge de coke est de 1,200 kilog., ce qui comporte des charges de minerais variant depuis 2,400 jusqu'à 3,200 kilog., suivant les dosages, et suivant qu'on marche en fonte grise ou blanche ; la proportion de fondant est aussi très-considérable. En allure de fonte blanche, et en soufflant par trois tuyères du vent à 250 ou 300° de température, on fabrique, en 24 heures, 35 à 40,000 kilog. de fonte. Pour la fonte grise,

on souffle par deux tuyères seulement, et on n'obtient que 30 tonnes environ.

En 1866, on a produit, avec les deux fourneaux, 28,300 tonnes de fonte et consommé 103,500 tonnes de minerais et fondants, 30,600 tonnes de coke.

La consommation par tonne de fonte a donc été 3,657 kilog. de minerai et fondant (ce qui correspond à un rendement de 27 à 28 p. 0/0 du lit de fusion), et 1,080 kilog. de coke. La production journalière a été 77 à 78 tonnes avec deux fourneaux. C'est certainement un roulement très-remarquable, et qui témoigne de la bonne direction de l'usine.

**Usines de la Compagnie des hauts-fourneaux et forges d'Anzin et de Denain.**

Les deux usines d'Anzin et de Denain, toutes deux situées sur le bassin houiller du Nord, comprennent cinq hauts-fourneaux. Elles consomment des minerais de diverses provenances, dont elles ont exposé une série ; nous y trouvons, sans compter ceux du Boulonnais et de l'arrondissement d'Avesnes (ces derniers arrivant difficilement à cause du manque de communications économiques), les minerais oolithiques de la Meurthe et des environs de Longwy, les mines lavées en grains du Buisson (Haute-Marne), les minerais de Tournay (Belgique), puis les hématites brunes de Bilbao, et les oxydulés magnétiques de Mokta-el-Hadid. La castine est un mélange de craie et de calcaire carbonifère. Les cokes sont fabriqués sur place, à Anzin, à l'aide de 24 fours à coke, du système Talabot.

Les fontes exposées par les usines d'Anzin prouvent qu'elles sont entrées fort avant déjà dans le système de la spécialisation des produits. Elles fabriquent cinq espèces de fontes provenant de mélanges différents de minerais. La fonte, qualité n° 1, qui est blanche, un peu fibreuse, sert pour fabriquer les ébauchés pour rails ; la fonte, qualité n° 2, un peu plus fibreuse, sert pure pour les ébauchés de fer marchand n° 2, et mélangée avec de la fonte n° 1,

pour les ébauchés de fer marchand n° 1 ; la fonte, qualité n° 3, blanche, rayonnée, un peu caverneuse au centre quelquefois, est encore supérieure ; la fonte, qualité n° 4, à petit grain gris, se trempant sur les bords, sert pour les ébauchés de fer fort ou marchand n° 3 ; enfin, la fonte, qualité n° 5, grise, à grain serré, est employée pour fabriquer les ébauchés nerveux pour fer marchand extra n° 4, et pour tôle, qualité tôle au bois. Cette dernière est obtenue avec des minéraux étrangers en majeure partie.

L'usine d'Anzin comprend deux hauts-fourneaux pyramidaux, à forme ancienne, datant de 1854. Ils sont munis d'appareils Chadeffaud, pour la prise des gaz et le chargement des matières. On peut circuler librement autour du creuset et de l'ouvrage ; au sommet de la galerie circulaire est une rigole en fer d'où coule incessamment de l'eau contre les parois de l'ouvrage, qui sont revêtues de plaques de tôle rivées. Le soufflage se fait par trois tuyères qui lancent dans le fourneau, par minute, environ 80 mètres cubes de vent à 16 centimètres de mercure de pression et à 250° de température. Les charges sont établies avec une charge de coke de 1,100 à 1,200 kilog. Les lits de fusion se préparent dans la halle de coulée, par couches horizontales. Les laitiers sont assez siliceux, et ne renferment que 40 à 41 p. 0/0 de chaux, même pour les fontes extra. La production en 24 heures est d'environ 30,000 kilog.

Les gaz des hauts-fourneaux suffisent pour la génération de la vapeur et le chauffage du vent ; on ne brûle point de houille. Les chaudières sont du système Cornouailles. Les appareils à air chaud sont du système allemand à serpentin. L'arrivée de l'air dans les chauffes est réglée au moyen de lumières qu'on bouche ou débouche à volonté.

La soufflerie d'Anzin se compose de trois soufflantes horizontales à tiroirs de 80 chevaux, système Thomas et Laurens, construites chez Cail et C<sup>e</sup>, et fonctionnant depuis environ 20 ans. Deux seulement fonctionnent, tandis que

la troisième se repose. Elles ne fournissent guère chacune que 80 mètres cubes d'air forcé par minute, en marchant à 60 tours, avec de la vapeur à 4 1/2 atmosphères de pression. Voici quelques-unes de leurs dimensions :

Diamètre du cylindre à vapeur. . . . .	0 <sup>m</sup> ,63
Diamètre du cylindre soufflant . . . . .	1 ,15
Course id. . . . .	0 ,83
Volume engendré par tour. . . . .	1 <sup>m3</sup> ,724

On reproche à ces machines de consommer beaucoup d'huile de graissage ; mais le temps depuis lequel elles fonctionnent rend un bon témoignage en leur faveur.

Les hauts-fourneaux d'Anzin sont en plaine ; les matières sont élevées au gueulard à l'aide d'un monte-chARGE hydraulique à simple effet et à contre-poids. Les halles de coulée et de mélange sont recouvertes par une toiture demi-cylindrique, en tôle galvanisée, soutenue par de grands arceaux en plein-cintre construits en fer ; ce système laisse des ouvertures qui sont gênantes par leurs grandes dimensions, sous un climat aussi rigoureux.

L'usine à fonte d'Anzin est certainement l'une de celles, en France, qui se font le plus remarquer par leur bonne installation et par le soin apporté à l'étude et à l'entretien des appareils, même accessoires.

#### **Hauts-fourneaux de Maubeuge.**

La Société anonyme des hauts-fourneaux et forges de Maubeuge possède l'*usine*, dite *du Nord*, à 3 kilomètres de la ville, fondée en 1837. Elle a exposé la série des minéraux qu'elle emploie et des échantillons de fonte.

Les minéraux sont ceux de Maubeuge (hydraté jaune), de Buthegnemont (oolithique), de Saint-Remy-Chaussée (hydraté jaune de l'arrondissement d'Avesnes, 20 p. 0/0), de Malplaquet (30 p. 0/0), de Marpent, du Bois-du-Tilleul, de Boussois. Beaucoup de ces minéraux, exploités dans le pays même, sont des hématites brunes ou jaunes, géodiques, à gangue terreuse, dont on se débarrasse par un lavage avec l'eau chaude de condensation

des machines, dans des appareils tournants en forme de tronc de cône, munis de chicanes. Les cokes viennent de Belgique, par le chemin de fer du Nord.

Les hauts-fourneaux sont au nombre de quatre ; leurs plates-formes sont réunies par des ponts et le service des matières premières se fait au moyen d'un plan incliné. Ils sont à tour pyramidale carrée et ont 14 mètres de hauteur ; le diamètre du ventre est environ 5 mètres, et celui aux tuyères 1<sup>m</sup>, 25. Trois ont des prises de gaz à trémie et à gueulard ouvert ; le quatrième est muni d'un appareil Coingt. On n'est point très-satisfait, dit-on, de ce dernier, auquel on reproche de fournir des gaz humides, à cause de la fermeture du gueulard, et le dernier fourneau remonté (1865) a été muni d'une trémie.

Chaque fourneau est soufflé par deux tuyères et possède deux appareils à air chaud. Il y en a dans l'usine de trois systèmes différents : 1<sup>o</sup> du système allemand, à tuyaux horizontaux formant serpentins ; 2<sup>o</sup> du système, dit de Calder, à tubes de chauffe en syphons ; 3<sup>o</sup> du système à pistolets. On chauffe en moyenne le vent à 300°, au moyen des gaz et d'un petit foyer latéral au coke. Ce sont les appareils du 1<sup>er</sup> système auxquels on donne la préférence dans l'usine.

Les gaz servent aussi à chauffer 14 chaudières pour la soufflerie. Celle-ci comprend quatre machines, dont trois à balancier, de 60 chevaux chacune, et une horizontale de 160 chevaux. Les premières font 14 tours par minute, et la dernière, qui est à clapets et à deux cylindres soufflants, 23 tours.

Le plan incliné qui dessert les quatre fourneaux fait un angle de 30° avec l'horizontale ; il est parcouru par une chaîne de Galle sans fin, portant des taquets auxquels viennent s'accrocher les wagons-brouettes employés pour le chargement. La halle de chargement est au pied du plan incliné ; on y prépare les lits de fusion par couches horizontales superposées. La halle de coulée, située devant la rangée des quatre fourneaux, est divisée en trois

parties par deux murs de refend ; la partie du milieu, qui est la plus grande, est l'atelier de fonderie et moulerie avec quatre cubilots et quatre grues.

Dans les hauts-fourneaux à trémie, la charge normale de coke est de 900 kilog. pour 3,000 à 3,300 kilog. de minerais et castine ; le rendement des minerais est en moyenne de 29 à 30 p. 0/0. On souffle par deux tuyères, avec une pression de 12 centimètres et une température de 280 à 300°, et on obtient 30 à 33 tonnes environ de fonte par 24 heures. Pour intéresser les ouvriers du fourneau à la bonne marche et à la forte production, on leur donne une prime pour chaque tonne qui dépasse 20 tonnes par jour. On fabrique à Maubeuge des fontes d'affinage et des fontes de moulage. Celles-ci sont exposées avec les résultats d'expériences sur leur résistance. Les barreaux d'essai de moulages pour chemins de fer ont cassé à 40 centimètres de hauteur de chute du boulet dans l'appareil à choc, et à 1,060 kilog. dans l'appareil de Monge. Les barreaux d'essai pour les projectiles de la marine ont cassé à 60 centimètres seulement. Ces chiffres sont peu élevés en comparaison de ceux exposés par les Compagnies de Terrenoire, de Saint-Louis ; mais il ne faut pas oublier que l'usine de Maubeuge n'a à sa disposition que des minerais pauvres, et tous plus ou moins phosphoreux.

Les hauts-fourneaux de Maubeuge fabriquent annuellement environ 30,000 tonnes de fonte.

#### **Usine de la Providence, à Hautmont.**

Cette usine, qui expose de magnifiques produits de ses forges, n'a point fait figurer les matières premières et les produits de ses hauts-fourneaux.

Elle comprend trois hauts-fourneaux à massif pyramidal quadrangulaire en briques, hauts de 15 mètres et d'un diamètre intérieur de 4<sup>m</sup>, 50 au ventre. Ils sont munis de prises de gaz à trémie, mais le gueulard reste ouvert. On les souffle par trois tuyères, avec une pression de 12 à 15 centimètres et une température de 250° environ.

Les soufflantes sont au nombre de trois, dont deux anciennes horizontales et une verticale à balancier toute récente. Les appareils à air chaud sont à tuyaux horizontaux, d'un système particulier à cette usine et chauffés à la houille. Les fourneaux se trouvant en plaine, une balance d'eau sert à éléver les matières au niveau des gueulards.

Les minéraux employés sont surtout les oxydes terreux de l'arrondissement d'Avesnes ; on les lave méthodiquement dans des tombeaux munis de chicanes en hélice, de l'invention de M. Helson, directeur de l'usine, au moyen de l'eau chaude des bâches de condensation. On mélange ces minéraux avec des oligistes de Namur, des oolithiques de la Moselle et même des minéraux d'Algérie. Mais on obtient toujours une fonte un peu phosphoreuse qui donne difficilement de fers forts, bien homogènes. Le fondant est un calcaire peu compact du pays. Les cokes viennent des usines belges de la même Compagnie.

#### Haut-fourneau de Fourmies.

Ce haut-fourneau, appartenant à la Compagnie des forges de Sougand (Aisne), est en ce moment éteint. Il est malheureusement privé de voies de communication économique et doit recevoir par charrette les cokes qui lui viennent de Belgique, en même temps qu'il expédie aussi par collies les fontes qu'il produit. Il consomme un mélange d'hydrites jaunes de Treton et d'oligistes rouges de Glageon, qui rend en moyenne 35 p. 0/0 ; on souffle par deux tuyères, avec une pression de 15 centimètres et une température de 250°. Sa hauteur totale est 13 mètres et son diamètre au ventre 3<sup>m</sup>,90, avec une capacité de 81 mètres cubes. Sa production en 24 heures est de 12 à 13 tonnes fonte grise ou 14 à 15 tonnes fonte truitée ou blanche. Elle alimente la fonderie qui dépend du fourneau, ainsi que celle de Sougland, et les forges de Sougland et du Pas Bayard.

La statistique officielle pour 1864 indique, dans le groupe

du Nord, 19 hauts-fourneaux au coke et 6 hauts-fourneaux au mélange ; mais le partage est probablement le résultat d'une erreur, puisque la production est toute en fonte au coke et se trouve chiffrée à 175,001 tonnes.

D'après les Bulletins du Comité des forges de France, la production du groupe du Nord a été :

En 1865. . . . .	173,540 tonnes.
En 1866. . . . .	175,221 —

Elle n'a donc point suivi une progression croissante et reste stationnaire. Les notices des ingénieurs des mines l'attribuent à l'absence de voies de transport économiques entre les gisements de minerais du pays et les usines à fonte. Mais on peut ajouter que, du reste, pendant ces années, la sidérurgie française ne s'est pas beaucoup développée.

## SEPTIÈME GROUPE.

### GROUPE DU CENTRE.

Le centre de la France est occupé par un district métallurgique très-important, qui comprend surtout les quatre départements du Cher, de la Nièvre, de l'Allier et de l'Indre, c'est-à-dire, le Berry, le Nivernais, le Bourbonnais, et auquel nous rattachons les usines de l'Yonne, d'une partie de la Côte-d'Or (arrondissements de Châtillon et de Semur) et de la Corrèze. Les départements du Loiret, de la Creuse, du Puy-de-Dôme, du Cantal, de la Haute-Loire ne renferment point d'usines à fonte. Toutes ces usines consomment exclusivement des minerais exploités dans le groupe ; ce n'est que depuis une date très-récente que quelques-unes des plus importantes ont fait entrer dans leurs mélanges des minerais du Périgord, des Pyrénées, ou même d'Espagne et d'Algérie. Le plus grand nombre emploie le combustible végétal ; mais les plus importantes, comme production, consomment le coke fabriqué avec les houilles du bassin du Bourbonnais. Avant de

les passer en revue, nous étudierons d'abord les minerais du groupe.

#### **Minerais.**

1<sup>o</sup> *Minerais de l'Yonne.* — Il n'y a plus maintenant de haut-fourneau en feu dans ce département ; mais on y exploite encore deux variétés de minerais qui étaient consommées par les fourneaux d'Ancy-le-Franc et de Frangey, et qui alimentent maintenant, partiellement, les autres hauts-fourneaux au charbon de bois que la Compagnie des forges de Châtillon-Commentry possède dans la Côte-d'Or et la Haute-Marne. Le premier, à gros grains, se trouve disséminé dans les argiles qui remplissent des poches irrégulières dans le calcaire oxfordien supérieur ; il coûte brut 4 fr. la tonne sur la mine, et lavé 16 fr. la tonne environ au patouillet. Le second, à grains fins, forme une couche dans les argiles oxfordiennes inférieures ; il coûte brut 2 fr. la tonne, et lavé 14 fr. la tonne au patouillet.

Voici, d'après les Notices des ingénieurs des mines, la composition de ces minerais, exploités tous deux dans la commune de Sennevoy et environs :

	Mine lavée à gros grains.	Mine lavée à grains fins.
Peroxyde de fer . . . . .	52,00	66,25
Silice . . . . .	28,00	10,50
Alumine. . . . .	6,50	2,75
Perte au feu. . . . .	12,50	20,50
	100,00	100,00

2<sup>o</sup> *De la Côte-d'Or.* — Nous avons déjà parlé des minerais de fer et des usines à fonte de la partie sud-est de ce département, qui se rattachent au groupe de Comté. Les usines de la partie nord (arrondissement de Châtillon) pourraient, avec raison, être rattachées au groupe de Champagne; nous les avons associées au groupe du Centre à cause de leur réunion dans les mains de la Société de Châtillon-Commentry. Elles consomment des minerais que l'on exploite aussi dans l'étage oxfordien. Ainsi, le mi-

nerai d'Étrochey s'exploite en couches, il est en roche, et on ne peut le laver qu'après plusieurs années d'exposition à l'air; il rend au lavage 66 p. 0/0 environ, et lavé, il fournit 33 à 34 p. 0/0 de fonte. Le minerai de Montliot est un minerai en grains mélangé avec de la terre; il ne rend que 20 p. 0/0 de mine lavée riche à 36 p. 0/0 de fonte. On emploie aussi dans les hauts-fourneaux du Châtillonnais des mines noires de Bellevue et des minerais de Latrecey (Haute-Marne).

	Mine lavée d'Etrochey.	Mine lavée de Montliot.
Peroxyde de fer . . . . .	51,50	54,85
Silice . . . . .	5,40	8,80
Alumine . . . . .	12,70	8,90
Chaux . . . . .	10,45	7,50
Perte au feu . . . . .	19,95	
	100,00	100,00

Dans l'arrondissement de Semur, près de Preçy-sous-Thil, est l'usine de Maisonneuve alimentée par les minerais du gisement de Thostes et Beauregard. Cet important et intéressant gisement est l'objet d'une exposition spéciale de la Société des forges de Châtillon et Commentry; une grande carte d'exploitation accompagnée de coupes géologiques, et un plan en relief attirent l'attention des visiteurs sur ces usines. Le gisement vient aussi d'être décrit dans une intéressante notice publiée dans la *Revue universelle*, par M. E. Évrard, ancien directeur de l'usine de Maisonneuve; aussi nous contenterons-nous ici de dire que la couche exploitée à Thostes et à Beauregard appartient au lias inférieur: le minerai est argileux à Thostes et calcaire à Beauregard. On emploie, dans les lits de fusion, les deux minerais par moitié, et sans avoir besoin de fondant; le rendement du lit de fusion est de 28 à 30 p. 0/0.

	Minerai de Thostes.	Minerai de Beauregard.
Peroxyde de fer . . . . .	61,40	31,75
Peroxyde de manganèse .	traces	*
Silice . . . . .	8,60	3,75
Alumine . . . . .	19,55	4,70

Chaux. . . . .	3,75	28,75
Magnésie. . . . .	*	0,27
Soufre. . . . .	*	0,44
Acide phosphorique . . .	*	0,47
Acide carbonique. . . .	2,94	22,59
Eau et pertes. . . . .	5,81	7,41
	101,75	99,63

3<sup>e</sup> *Du Cher.* — Le département du Cher est très-abondant en gîtes de minéraux de qualité supérieure, qui alimentent depuis longues années les usines du département, et qui sont exportés dans les départements de l'Allier, de la Nièvre, et même de Saône-et-Loire. Les usines du Cher, comme les minières, se trouvent réparties surtout dans les quatre vallées de l'Arnon, du Cher, de l'Yèvre et de l'Aubois. Les minéraux appartiennent presque tous au terrain tertiaire, quelques-uns seulement se trouvent dans les terrains crétacés.

Les minéraux crétacés sont, par exemple :

Les minéraux de Saint-Éloi et de Sury-en-Vaux, richesse 38 p. 0/0, exploités pour les hauts-fourneaux de Mazières. Ils pèsent environ 1,575 kilog. le mètre cube ; leur faible teneur en alumine, qui les rend plus fusibles que les minéraux tertiaires en grains, leur fait donner le nom de *mines chaudes* ; mais ils sont un peu phosphoreux et sulfureux ;

Le minéral de Mehun-sur-Yèvre, qui est en géodes (richesse 48 p. 0/0), ou en grains (40 p. 0/0) et qui est exploité par la Compagnie des forges de Commentry et Châtillon.

Les minéraux des terrains tertiaires, qui s'exploitent dans des couches d'argile superposées aux calcaires jurassiques, sont tous pisolithiques, à grains plus ou moins réguliers, dont la grosseur varie entre 2 et 8 millimètres de diamètre. Ce sont des peroxydes de fer hydratés renfermant une forte proportion d'alumine qui les rend réfractaires et leur fait donner le nom de *mines froides*. Ils sont tous de très-bonnes qualité et ont donné aux fers du Berry leur réputation. Voici l'énumération des principaux :

		Nom du mineraï.	Poids du mètre cube.	Rendement moyen.	Prix du m. cube sur place (1).
Vallée de l'Arnon.		Mine des Ruesses.	*	30 0/0	*
Id.		Mine de Fondmoreau.	*	*	*
Vallée du Cher.		Mine rouge de Chanteloup.	1,850 <sup>k</sup>	41 0/0	24 <sup>f</sup> ,00
Id.		Mine grise de St-Florent.	1,960	43 0/0	24 ,50
Id		Mine de la Chapelle-			
		Saint-Ursin.	1,900	42 0/0	25 ,00
Vallée de l'Yèvre.		Mine de Dun-le-Roi.	1,750	37 0/0	20 ,00
Vallée de l'Aubois.		Mine de Longuerelles.	1,840	41 0/0	*
Id.		Mine de la Forêt.	1,780	42 0/0	*
Id.		Mine de Bois-Minon.	1,840	42 0/0	*

On peut encore citer les minéraux de Bourges, de Poisieux ; ce dernier est très-estimé. Voici les analyses de quelques-uns, d'après M. Rivot et les Notices des ingénieurs des mines :

	Les Ruesses.	Dun-le-Roi.	Chanteloup.	St-Florent.
Peroxyde de fer . . . . .	44	48 à 54	56	62
Silice . . . . .	38	13 à 14	28	20
Alumine. . . . .	38	15 à 16	28	20
Carbonate de chaux . . .	3	4 à 10	1	7
Eau. . . . .	45	42 à 45	45	41
	400	400	100	100

Les minéraux des Ruesses et de Fondmoreau sont employés dans les usines de la Compagnie de Mareuil ; ceux de Chanteloup, Saint-Florent, dans les usines du Creusot, de Montluçon, de Clavières ; ceux de la Chapelle, de Dun-le-Roi, dans les hauts-fourneaux de la Compagnie de Châtillon-Commentry et de MM. Boigues, Rambourg et C<sup>e</sup> ; ceux de la vallée de l'Aubois dans les usines de ces derniers. On les transporte par bateaux sur les rivières et les canaux qui occupent le fond des vallées.

4<sup>e</sup> *De la Nièvre.* — La Nièvre renferme moins de gisements que le Cher ; cependant, on y trouve aussi des minéraux en grains des terrains tertiaires (Cosnes, la Chapelle), puis des minéraux jurassiques (Gimouille et Limon).

(1) Ces prix, donnés d'après MM. Petitgand et Ronna, nous paraissent un peu supérieurs à la réalité.

Ces derniers sont exploités par la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, et sont plutôt des castines ferrugineuses que de véritables minerais. Voici la composition de celui de Gimouille :

Peroxyde de fer . . . . .	36
Argile et sable . . . . .	10 à 20
Carbonate de chaux . . . . .	30 à 40
Carbonate de magnésie . . . . .	1 à 5
Acide phosphorique . . . . .	0 à 1
Eau . . . . .	8 à 12
Arsenic . . . . .	traces
	—
	100

5° *De l'Indre.* — Les minerais de l'Indre sont, en majeure partie, des minerais en grains exploités dans les terrains tertiaires ou d'alluvion. On en rencontre aux Rozets, à Vaux, à Neuvy, à Saint-Août, à Mézières-en-Brenne, etc. Ils sont généralement alumineux et réfractaires, mais donnent, comme les minerais du Berry, des fontes et des fers de qualité supérieure. On les emploie dans les usines de MM. Boigues, Rambourg et C<sup>ie</sup>; dans celles de MM. Petin-Gaudet et C<sup>ie</sup>, et dans celles de la Caillaudière.

Voici l'analyse du mineraï de Saint-Août :

Peroxyde de fer . . . . .	55,00
Argile . . . . .	21,46
Alumine libre . . . . .	7,80
Carbonate de chaux . . . . .	2,46
Carbonate de magnésie . . . . .	1,58
Soufre . . . . .	traces
Eau . . . . .	12,00
	—
	100,00

On exploite aussi dans l'Indre, pour les usines de la Compagnie de Fourchambault, des hématites rouges des gîtes de Chaillac et de Chenier. Ces minerais sont riches, mais renferment du sulfate de baryte.

Voici leur analyse, d'après la Notice du corps des mines :

Peroxyde de fer . . . . .	77,90
Silice et argile . . . . .	12,80
Sulfate de baryte . . . . .	5,60
Eau . . . . .	3,70
Manganèse . . . . .	traces
	<hr/>
	100,00

6° *De la Corrèze.* — On trouve dans ce département quelques minerais de fer géodiques (Nespouls, Ferrières), appartenant au terrain crétacé inférieur et de bonne qualité. On les soumet à un lavage qui réduit leur volume de 30 à 40 p. 0/0.

#### Combustibles.

Dans le Châtillonnais, le seul combustible employé pour la fabrication de la fonte est le charbon de bois ; il y coûte de 12 à 14 fr. le mètre cube.

A Maisonneuve, dans l'arrondissement de Semur, on brûle du coke qui arrive des houillères d'Épinac, de Blanzy et même de Saint-Étienne, par les voies navigables et qui doit y coûter de 35 à 36 fr. la tonne.

Dans le Nivernais, le Berry et le Bourbonnais, les charbons de bois des affouages locaux coûtent depuis 10 jusqu'à 16 fr. le mètre cube dans les usines.

Les cokes proviennent des houillères de l'Allier (Commentry, Bézenet, Doyet), et ont des prix de revient assez variables dans les usines (de 18 à 25 fr. environ la tonne).

#### Usines à fonte.

Nous donnons d'abord la statistique des usines de notre groupe, en supprimant autant que possible celles qui sont éteintes et qui présentent peu de chances de rallumage. Il n'y en a plus en feu dans le département de l'Yonne.

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Haute-Marne.	Longuay.	Société des forges de Châtillon-Commentry . . . .	1 au bois.
Id.	Chevrolay.	Id. . . . .	4 Id.

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Côte-d'Or.	Sainte-Colombe.	Société des forges de Châtillon-Commentry . . . . .	3 au bois.
Id.	Vieuxaulles.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Maisonneuve.	Id. . . . .	1 au coke.
Allier.	Montluçon-St-Jacq.	Id. . . . .	6 Id.
Id.	Commentry.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Tronçais.	Id. . . . .	2 au bois.
Id.	Montluçon-Ville.	MM. Boigues-Rambourg et Cie	6 au coke.
Cher.	Torteron.	Id. . . . .	3 Id.
Id.	Mazières.	M. le marquis de Vogué . . .	2 Id.
Id.	La Guerche.	MM. Boigues-Rambourg et Cie	1 au bois.
Id.	Mareuil-sur-Arnon.	M. Tremeau . . . . .	2 Id.
Id.	Bigny et Forge-Neuve.	Id. . . . .	2 Id.
Id.	Thaumiers.	Soc. de Châtillon-Commentry	1 Id
Id.	Grossouvre.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Meillant.	Id. . . . .	2 Id.
Id.	Rozières.	M. le marquis de Vogué . . .	1 éteint.
Id.	Ivoy-le-Pré.	Id. . . . .	1 éteint.
Id.	Feuillardre.	MM. Boigues-Rambourg et Cie	1 au coke.
Id.	Auron.	Id. . . . .	1 éteint.
Indre.	Clavières.	MM. H. Petin-Gaudet et Cie	2 au bois.
Id.	Reblay.	Id. . . . .	1 éteint.
Id.	Corbançon.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Caillaudières.	M. Crombez . . . . .	1 au bois.
Id.	Belabre.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Ablioux.	MM. Varney et Cie. . . . .	2 Id.
Id.	Crozon.	MM. Lamy et Cie. . . . .	1 Id.
Id.	Mouhers.	Id. . . . .	1 Id.
Corrèze.	Lissac.	M <sup>me</sup> veuve Humbot et Cie. .	1 Id.
Id.	Soulié.	Id. . . . .	1 éteint.
Id.	Mialet.	MM. Étienne et Cie. . . . .	1 Id.
Id.	La Grénierie.	MM. Veyvialle et Cie	1 Id.
Nièvre.	La Pique.	MM. Boigues-Rambourg et Cie	1 éteint.
Id.	Vandenesse.	Soc. de Châtillon-Commentry	2 éteints.
Id.	Decize.	M. Ferrand . . . . .	1 Id.
Id.	Sauvage.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Cramain.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	Raveau.	Id. . . . .	1 Id.
Id.	La Vache.	Id. . . . .	1
Id.	Azy-le-Vif.	M. de Chabrol-Chaméanne . .	1
Id.	Bizy.	MM. L. Martin et Cie. . . .	1
Id.	Quatre-Pavillons.	M. Degain . . . . .	1

Il en est probablement parmi ces hauts-fourneaux qui sont actuellement éteints, notamment dans le départe-

ments de la Nièvre et de la Corrèze. On ne peut que difficilement être renseigné sur les petites usines au bois réparties dans ce groupe ; elles se sont, du reste, toutes abstenues de paraître à l'Exposition, même celle de Mareuil. Trois grandes compagnies y représentent seules la sidérurgie du Berry, savoir : les Compagnies de Châtillon-Commentry, Boigues-Rambourg et C<sup>ie</sup>, Petin-Gaudet et C<sup>ie</sup>.

#### **Usines de la Société des forges de Châtillon-Commentry.**

Cette importante administration possède, comme on l'a vu, des hauts-fourneaux dans quatre départements ; elle avait naguère encore en feu les hauts-fourneaux d'Ancy-le-Franc et de Frangey, dans un cinquième département, l'Yonne.

Ses hauts-fourneaux au charbon de bois en roulement sont au nombre de dix, et ceux au coke au nombre de sept ; on peut évaluer de 12,000 à 15,000 tonnes la quantité de fonte au bois, et de 55,000 à 65,000 tonnes la quantité de fonte au coke annuellement produite maintenant par ces usines à fonte.

La Société de Châtillon-Commentry offrait au public un magnifique étalage des produits sidérurgiques les plus divers, depuis le fil de fer le plus fin jusqu'à la massive plaque de blindage ; mais cet étalage, remarquable autant par l'habileté de la mise en scène et le goût des arrangements, que par la qualité supérieure des produits et par la difficulté de certains chefs-d'œuvre de fabrication, donnait à l'homme du métier peu d'indications sur les matières et sur les procédés employés. Le catalogue spécial, auto-graphié par les soins de la Compagnie, ajoute très-peu à ces renseignements, et, bien différent en cela de ceux distribués par les usines du Creusot et de MM. Petin-Gaudet et C<sup>ie</sup>, il indique à peine la puissance de fabrication de la Société, et point du tout la consistance des diverses usines. Aussi sommes-nous obligé d'être assez bref dans ce que nous avons à en dire.

Les usines du Châtillonnais sont, pour la plupart, réparties dans la vallée de l'Aube, à une distance plus ou moins grande de la petite ville de Châtillon-sur-Seine. Elles traitent les minerais de Latrecey, de Bellevue, d'Étrochey, de Montliot, etc., avec les charbons de bois des vallées de l'Aube, de la Marne, de la Seine, de l'Ource, etc. Leur nombre a été fort réduit dans ces derniers temps par l'extinction des hauts-fourneaux<sup>2</sup> de Vauvey, de Château-Villain, d'Ampilly, de Froidvent, etc. Elles produisent des fontes analogues aux bonnes marques de Champagne, en consommant probablement, comme dans ce district, de 2 à 2 1/4 mètres cubes de minerais et de 6 à 6 1/2 mètres cubes de charbon de bois (soit 1,200 à 1,300 kilog. de charbon par 1,000 kilog. de fonte truitée ou blanche).

A Maisonneuve, où un seul fourneau est actuellement en feu, on fabrique des fontes de qualité ordinaire avec 2 à 2 1/4 mètres cubes de minerais de Thostes et Beau-regard mélangés par moitié, et 1,300 à 1,500 kilog. environs de coke par tonne de fonte.

Dans le bassin de l'Allier, les usines de Saint-Jacques-Montluçon et Commentry traitent les minerais des vallées du Cher et de l'Yèvre surtout, auxquels on mélange depuis quelque temps des minerais supérieurs provenant d'Espagne ou d'Afrique, avec les cokes fabriqués, soit dans les usines mêmes (fours Appolt), soit sur le carreau des houillères de Bezenet et de Doyet. Les hauts-fourneaux de Saint-Jacques ont une hauteur de 16 mètres environ de la sole au gueulard ; leur forme inférieure est ovoïde, et les gueulards de larges dimensions sont munis d'appareils de prise de gaz et de chargement du système Coingt, qui y ont été installés après essai de divers autres systèmes, et fonctionnent maintenant depuis longtemps ; les machines soufflantes sont à deux cylindres soufflants horizontaux et à cylindre-vapeur oscillant, du système Cavé. Dans ces fourneaux, alimentés avec les minerais en grains du Berry, on consomme par tonne de fonte 1 à 1/4 mètre cube de minéral et 1,400 à 1,500 kilog. de coke,

suivant que la fonte est plus ou moins grise et chaude. Cette fonte est, du reste, de nature et de qualité très-variables avec la nature des mélanges.

Dans d'autres fourneaux au charbon de bois, situés sur les frontières de l'Allier (Tronçais), ou dans les forêts qui séparent le Cher de l'Yèvre (Meillant, Thaumiers), ou dans la vallée de l'Aubois (Grossouvre), la Société de Châtillon-Commentry obtient les excellentes fontes au bois, dites du Berry, en traitant les minerais pisolithiques de la contrée. Elle emploie dans ce traitement un procédé particulier, dont elle a fait figurer des produits à son exposition. Pour éviter les difficultés de conduite et les dérangements d'allure amenés quelquefois par la nature menue des minéraux, elle fabrique des sortes de briquettes cylindriques en agglomérant ensemble, dans les proportions convenables pour le lit de fusion, les minéraux siliceux ou argileux et la chaux (probablement vive) (1) qui doit servir de fondant. Ce procédé rationnel a été essayé déjà par bien des usines pour utiliser des minéraux menus ou en poussière ; il semble avoir réussi ici, comme il a aussi réussi, nous dit-on, dans les usines de la Providence, pour l'utilisation des scories de puddlage pulvérisées et agglomérées avec de la chaux et d'autres minéraux argileux. La réduction de l'oxyde de fer et la scorification des gangues peuvent se faire dans l'intérieur même de la brique, où les surfaces en contact sont aussi multipliées que possible. Il serait intéressant de connaître les économies de combustible qui ont dû certainement être réalisées par ce procédé ; mais nous n'avons pu être renseigné sur ce point. Nous savons seulement que pour produire 1,000 kilog. de fonte au bois avec les minéraux en grain du Berry, il faut ordinairement consommer environ 1 1/2 mètre cube de minéral, 1/2 mètre cube de castine

---

(1) Ces briquettes étaient placées trop loin du visiteur pour qu'on pût les examiner et savoir si le fondant est cru ou cuit.

et 6 à 7 mètres cubes de charbon de bois. Les hauts-fourneaux au bois, dont il s'agit, ont une production annuelle qui varie, suivant leurs dimensions, de 1,200 à 1,500 tonnes de fonte par an.

#### **Usines Boigues-Rambourg et Cie.**

Cette Société, dite des fonderies et forges de Fourchambault, Montluçon, Torteron et la Pique, possède les importantes houillères de Commentry, dans le bassin de l'Allier, d'où elle a extrait, en 1866, 5,516,609 hectolitres de houille. Elle a produit dans le même temps 50,527 tonnes de fonte au coke et 3,766 tonnes de fonte au bois, sans compter 19,751 tonnes de fonte moulées de 1<sup>re</sup> et de 2<sup>e</sup> fusion.

Elle traite dans ses hauts-fourneaux de Montluçon-Ville les minerais des vallées du Cher et de l'Yèvre, et dans ceux de Torteron les minerais du Val-de-l'Aubois. Elle a acheté, dit-on, récemment, les minières de fer du Creusot, dans le département du Cher, de concert avec la Société de Châtillon-Commentry.

La principale usine à fonte est celle de Montluçon-Ville. Celle de Torteron possède une remarquable fonderie de tuyaux sur laquelle nous aurons à revenir.

#### **Usines Petin-Gaudet et Cie.**

L'usine de Clavières, voisine de Châteauroux, produit des fontes et des fers de qualité supérieure pour les usages qui exigent la ductilité et la malléabilité. Elle traite les minerais pisiformes de Poisieux et de Saint-Florent, qui comptent parmi les plus estimés du Berry, les minerais en grains de l'Indre (Saint-Août) et des minerais en roche des environs de Châteauroux.

L'usine comprend deux hauts-fourneaux, huit feux d'affinerie comtois et une fonderie ; elle occupe environ 200 ouvriers.

**Usines du Marquis de Vogué.**

La belle usine de Mazières, près Bourges, mérite que nous en disions quelques mots, bien que nous n'ayons pu découvrir ses produits à l'Exposition. Consacrée uniquement à la fabrication des moulages, elle est remarquable pour sa disposition et ses installations dues aux habiles ingénieurs, MM. Thomas et Laurens. Elle reçoit, par le canal du Berry, qui passe derrière l'usine, les charbons, houilles, cokes et minerais qu'elle consomme. Les deux hauts-fourneaux à tour ronde et à chemise supportée par une colonnade intérieure en fonte (voir S. Jordan, *Album de Métallurgie*, pl. 30) avaient été construits pour marcher au mélange de charbon de bois et de coke ; mais ils ne consomment plus maintenant que du coke. Ils sont desservis pour l'élevation des matières par un montecharge hydraulique à balance d'eau, qui prend les cokes et minerais dans la cour des matières premières, située derrière les fourneaux et plus basse de 4 à 5 mètres et qui les élève à 20 mètres de hauteur environ. Les gaz des hauts-fourneaux, recueillis par des prises de gaz à trémie système Thomas et Laurens, servent à chauffer l'air et à produire la vapeur : on remarque un appareil à air chaud composé de trois tuyaux verticaux cannelés intérieurement, suivant le système connu des constructeurs, au sortir duquel les gaz chauds vont chauffer une chaudière à vapeur. La fonderie de Mazières, qui est accompagnée d'ateliers d'ajustage et de montage pour le matériel fixe de chemin de fer, a acquis une grande réputation ; on cite parmi ses travaux les plus remarquables les colonnes et la charpente métallique des Halles centrales de Paris, exécutés sous la direction de M. Estoublon, alors fermier exploitant des usines de M. de Vogué.

Les usines de Rozières et d'Ivoy-le-Pré ont une importance bien moindre ; la première au moins, du reste, est actuellement éteinte.

**Usines de la Caillaudière et Belabre.**

Le haut-fourneau de la Caillaudière, qui a 11 mètres de hauteur et 2<sup>m</sup>,50 de diamètre au ventre, avec un petit gueulard de 0<sup>m</sup>,60, produit environ 3,000 kilog. de fonte en 24 heures. Il traite les minerais pisolithiques de l'Indre, qui rendent en moyenne 34 à 35 p. 0/0 de fonte, et consomme 7 1/2 mètres cubes de charbon dur par tonne de fonte. Ce fourneau, de construction déjà ancienne, a le gueulard ouvert; on recueille, cependant, une partie des gaz à 1 mètre au-dessous. Il est soufflé à l'air froid par une machine oscillante de 20 chevaux, qui lui envoie 12 à 15 mètres cubes seulement de vent par minute.

Sa production est de 1,100 tonnes par an environ.

Le groupe du Centre et le groupe de Champagne étaient naguère les deux districts les plus importants de France pour la fabrication des fontes au charbon de bois; mais depuis quelques années, cette importance a notablement diminué par suite des envahissements successifs de l'emploi des fontes supérieures au coke pour les usages autrefois exclusivement réservés aux fontes au bois. Aussi un grand nombre de hauts-fourneaux se sont-ils éteints: on peut citer les deux hauts-fourneaux de Vierzon, actuellement démolis; ceux de Vandenesse (Nièvre), du Chautay (Cher). Plusieurs ont essayé l'emploi du mélange de charbon et de coke, mais ce remède ne peut être que passager; la fabrication des fontes mixtes a peu de raison d'être. On avait essayé, il y a quelques années (1856), la fabrication de la fonte à l'anthracite, à Auron, au moyen d'un fourneau très-large relativement à sa hauteur (3<sup>m</sup>,80 de diamètre au ventre pour une hauteur de 9 mètres), muni d'un gueulard de 2<sup>m</sup>,30 et d'un ouvrage cylindrique de 1<sup>m</sup>,20. On soufflait dans ce fourneau par 9 tuyères situées dans deux plans différents avec de l'air à une haute température. On avait fait venir des ouvriers du pays de Galles, habitués aux allures des fourneaux à l'anthracite. Cepen-

dant, l'essai n'a pas eu de succès, non plus que ceux faits antérieurement à la Pique, près Nevers. En dehors de la nature peut-être différente des charbons anthraciteux employés, et de celle des minerais, il est permis d'attribuer en grande partie l'insuccès à la faible hauteur du fourneau : dans les fourneaux d'Iniscedwin, la hauteur est 12<sup>m</sup>,00, et on comprend qu'une différence de 3<sup>m</sup>,00 dans la hauteur totale puisse avoir une grande importance, surtout lorsque le ventre est notablement plus bas, et les étalages beaucoup moins rapides, comme c'était le cas, si nous sommes bien informés.

En 1864, d'après les documents officiels, la production de notre groupe a été :

Fonte au charbon de bois.	34,808 tonnes avec	24	hauts-fourneaux.	
Fonte au mélange. . . . .	6,776	id.	3	id.
Fonte au coke. . . . .	121,942	id.	20	id.

En tout. . . . . 163,526 tonnes avec 47 hauts-fourneaux.

D'après les documents recueillis par le Comité des forges, la production a été :

En 1865. . . . .	140,969 tonnes.
En 1866. . . . .	128,876 —

On voit qu'elle va en diminuant, témoignant ainsi de l'état peu prospère de l'industrie du fer dans ce groupe.

#### HUITIÈME GROUPE.

##### GROUPES DU NORD-OUEST.

Le groupe du Nord-Ouest comprend un grand nombre de départements ; mais le nombre des usines à fonte y est fort restreint, et leur importance l'est encore plus depuis quelques années. Quelques départements compris dans notre groupe ont même cessé depuis cinq ou six ans d'être producteurs de fonte (Loire-Inférieure, Loir-et-Cher, Manche). Les hauts-fourneaux qui restent encore en feu fabriquent surtout des fontes moulées avec des minerais locaux et le charbon des forêts du pays, en y mêlant un peu de coke. En voici l'énumération :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Côtes-du-Nord.	Le Pas.	MM. Allenon et Veillet . . . . 1 au mél.	
	Vaublanc.	M. Kérisouët . . . . . 1 Id.	
	Id.	MM. Dufiolle et Cie . . . . 1 au bois.	
Morbihan.	Lanoue.	Id. . . . . 1 Id.	
	Id.	MM. Besqueut et Cie. . . . 1 Id.	
	Id.	Id. . . . . 1 Id.	
Ille-et-Vilaine	La Vallée et Serigné.	MM. Gougeon frères et Cie. 1 Id.	
Mayenne.	Port-Brillet.	MM. Paillard, Ducléré et Cie. 1 au mél.	
	Orthe.	M. J. Roussel . . . . . 1 au bois.	
	Id.	M. L. Bigot . . . . . 1 au mél.	
Sarthe.	Chemiré-en-Charnie.	M. Cornu . . . . . 1 Id.	
	Cordé.	MM. J. Leblanc et A. Godet. 1 Id.	
	Antoigné.	M. G. Doré. . . . . 1 éteint.	
	La Gaudinière.	M. J. Roussel. . . . . 1 Id.	
	Vibraye.	M. Fourré-Buon. . . . . 1 Id.	
Orne.	Carrouges.	M. J. Roussel . . . . . 1 au mél.	
	St-Denis-s-Sarthon.	Id. . . . . 1 Id.	
	St-Martin-de-Pont-		
	chardon.	MM. G. Ravaut et Cie . . . 1 au bois.	
	Randonnai.	MM. Pajot et Cie. . . . . 1 Id.	
	Id.	MM. Guillain frères et Millon 1 Id.	
Eure.	Breteuil.	M. d'Albon . . . . . 1 au mél.	
	Lallier.	Id. . . . . 1 Id.	
	Id.	Id. . . . . 1 Id.	
	Conches.	Id. . . . . 1 Id.	
	Id.	Bottereaux.	Id. . . . . 1 Id.
Eure-et-Loir	Boussard.	MM. Guillain frères et Millon 1 Id.	
	Beron-la-Mulatière.	MM. J. Leblanc et A. Godet. 1 Id.	
Indre-et-Loire	Pocé.	MM. Ducel et fils . . . . 1 éteint.	
Vienne.	Luchapt.	Mme veuve Gervais-Lafond. . 1 au bois.	
	Id.	M. de Beauchamp . . . . 1 Id.	

Nous serons bref en parlant de ces usines, dont quelques-unes seulement sont représentées à l'Exposition (celles de Pontchardon, de Randonnai, de la Compagnie d'Albon et de Pocé).

#### Usines des Côtes-du-Nord, du Morbihan et de l'Ille-et-Vilaine.

Les départements de l'ancienne Bretagne renferment d'assez nombreux gisements de minerais de fer; mais beaucoup de ces gisements, qui ont autrefois alimenté

des hauts-fourneaux éteints aujourd'hui, ne sont plus l'objet d'aucune exploitation. Ainsi, dans le département de la Loire-Inférieure, on trouve en divers endroits, à Rougé, à la Furetrie, à la Haute-Noe, dans la forêt de Larche, des oxydes hydratés à gangue siliceuse, renfermant 30 à 38 p. 0/0 de fer, en amas abondants, reposant sur les terrains de transition et recouverts par des sables argileux tertiaires. Ils alimentaient le fourneau de la Jahotière, celui de Moisdon, maintenant éteints. On n'exploite plus que le gisement de la Furetrie, près de Meilleraye, dont les produits sont exportés en Angleterre. Dans l'Ille-et-Vilaine, il n'y a plus qu'un haut-fourneau en feu, à Sérigné ; ceux de Plichatel et de Martigné-Ferchaud sont éteints. Cependant, on exploite des minéraux dans les communes de Messac, Fougeroy, Renac et Bains ; ils alimentent en partie des hauts-fourneaux des Côtes-du-Nord et de la Mayenne, et on en expédie des quantités assez considérables en Angleterre (6,550 tonnes, en 1864), soit par Saint-Malo, soit par Nantes, où les navires les prennent à des conditions peu onéreuses, comme frêt de retour.

Dans les Côtes-du-Nord se trouve l'usine la plus importante de Bretagne, celle de Vaublanc, située dans la forêt de Loudéac, à 11 lieues de Saint-Brieuc. Le haut-fourneau au mélange qui s'y trouve et qui produit environ 5,000 kilog. de fonte par jour, consomme des minéraux hydratés et de la castine des environs de Redon, en mélange avec un tiers de minéraux de Bilbao (Espagne) ; ces derniers améliorent la qualité de la fonte, qui est destinée à l'affinage dans l'usine même, où se trouvent quatre fours à puddler. Le combustible est un mélange de 20 p. 0/0 environ de coke et 80 p. 0/0 charbon de bois. On souffle à l'air chaud, et on fait environ 50 charges par 24 heures. Une autre usine, celle du Pas, située au milieu de la forêt de Lorges, roule dans des conditions analogues ; le haut-fourneau a 10 mètres de hauteur et 2<sup>m</sup>,90 de diamètre au ventre ; il est soufflé à l'air chaud par trois

tuyères à l'aide d'une soufflante hydraulique de 15 chevaux, pendant l'hiver, ou d'une autre de 10 chevaux à vapeur, pendant l'été. Il produit aussi environ 5,000 kilog. en 24 heures, avec une consommation de 1,300 à 1,400 kilog. de combustible (dont 15 p. 0/0 en coke) par tonne de fonte.

Les usines de la Bretagne se trouvent dans une position peu favorable, malgré le bon prix de leurs minerais. En 1862, MM. Gruner et Lan citaient le fourneau de la Jarnotière (Loire-Inférieure) comme placé dans des conditions exceptionnelles pour le mineraï, qui n'y coûtait que 4 fr. la tonne. Mais la cherté et le manque de combustible ont fait éteindre l'usine depuis quelque temps déjà.

Il n'y a guère en France que le groupe de la Moselle qui ait à la fois des minerais et des combustibles à des conditions très-économiques.

#### **Usines de la Mayenne, de la Sarthe et de l'Orne.**

Dans le département de l'Orne, on exploite deux sortes de minerais de fer, sur lesquels voici quelques renseignements, d'après les Notices des ingénieurs des mines.

Le premier groupe comprend les minerais de Crulay, de Notre-Dame-d'Apres, d'Autheuil, de Neuilly (arrondissement de Mortagne) et les minerais de Monnay et du Sap (arrondissement d'Argentan).

Ces minerais se présentent en veines discontinues, dont la puissance varie de 0<sup>m</sup>,10 à 2<sup>m</sup>,50, et qui alternent avec des couches de sable et d'argile appartenant au terrain tertiaire moyen. Ils sont exploités par puits et chambres ou galeries, l'épaisseur de la masse de recouvrement atteignant quelquefois 25 mètres. Accidentellement, comme au Sap, on rencontre, par le même puits, deux couches de minerais.

Les minerais tertiaires de l'Orne sont des hydroxydes rendant de 32 à 40 p. 0/0 de fonte; ils sont de très-bonne qualité et ont servi longtemps à fabriquer d'excellents fers au bois. Ils subissent sur place un débourbage qui produit

un déchet de 40 à 45 p. 0/0. Après leur transport aux usines, ils subissent un nouveau lavage qui ne donne plus qu'une perte de 15 à 16 p. 0/0.

Les minerais de Crulay, de Notre-Dame-d'Apres et d'Autheuil alimentent le haut-fourneau de Randonnai (arrondissement de Mortagne), qui marche en poterie et sablerie, et qui a exposé une série d'appareils de chauffage et d'ustensiles de cuisine en fonte de fer.

Le mineraï de Neuilly alimentait le haut-fourneau de Longny, qui a cessé de marcher depuis plusieurs années.

Les minerais de Monnay et du Sap sont traités dans l'usine de Pontchardon (arrondissement d'Argentan), qui a exposé un trophée de marmites, d'engrenages et de marchandises diverses. Les minières sont à une distance des usines qui varie entre 5 et 15 kilomètres, et les minerais sont transportés par voie de terre dans ces établissements.

Les usines de l'Orne ne produisaient, il y a peu d'années, que des fontes et fers au bois. Depuis les modifications économiques apportées à l'industrie du fer, quelques-unes de ces usines ont modifié leur traitement, en associant du coke au charbon de bois ; d'autres, moins favorablement placées, ont dû se mettre en chômage, et cette situation a réduit, dans une proportion considérable, le chiffre de l'extraction des minerais de fer.

Le deuxième groupe de minerais de fer comprend les minerais de la Gatine (commune de la Lande-de-Goult) et ceux de la Ferrière (arrondissement d'Alençon). Ils se trouvent en couches à un niveau constant du terrain silurien, entre les grès à fucoides et les schistes ardoisiers avec trilobites.

Ce sont des hydroxydes renfermant 33 à 38 p. 0/0 de fer et rendant en moyenne 35 p. 0/0 de fonte. Ils contiennent une petite quantité de phosphore ; mais cette matière étrangère, d'ailleurs, en très-faible proportion, est sans inconvénient, parce que les deux usines qui traitent ces minerais (Carrouges et Saint-Denis-sur-Sarthon) ne

fabriquent que de la fonte de moulage. Ils subissent un débourbage sur les minières, puis un lavage aux usines, qui produisent un déchet de 50 p. 0/0 environ en volume. Les minières sont à une distance de 8 et 15 kilom. des deux usines qu'elles alimentent, et les transports de minerais s'opèrent par voie de terre.

Ces deux établissements, qui ne fabriquent, comme il vient d'être dit, que de la fonte de moulage, et dont les hauts-fourneaux marchent au charbon de bois et au coke mélangés, ont, depuis quelques années, introduit dans leur roulement une modification assez importante.

Elle consiste à associer aux minerais une forte proportion d'anciennes scories d'affinage ou *sornes*. La mise aux 100 kilog. de fonte moulée en première fusion est :

Minerais.. . . . .	60	kilog.
Sornes . . . . .	124	—
Grenailles et déchets . . .	12	—
Castine. . . . .	40	—
Charbon de bois. . . . .	24	—
Coke. . . . .	105	—

Les sornes rendent environ 50 p. 0/0 de fonte, par ce traitement. Elles introduisent probablement dans la fonte du phosphore et du silicium ; cependant, les fontes de Saint-Denis et de Carrouges sont de bonne qualité et se prêtent bien à l'opération du moulage. Ces hauts-fourneaux produisent 4 à 5 tonnes de fonte par jour.

Le traitement des sornes, dans ces deux usines, sera d'une durée limitée par les approvisionnements de ces matières. Il est aussi effectué dans trois autres usines, deux dans la Sarthe, Cordé et Chemiré; l'autre dans l'Eure-et-Loir, Beron-la-Mulotière.

On trouvait autrefois, dans la Sarthe et dans la Mayenne, un nombre relativement considérable d'usines composées presque toujours d'un haut-fourneau, et de sa forge, transformant en fer martelé les produits du premier. Mais les raisons que nous avons déjà fait connaître ont bien réduit ce nombre, ainsi qu'on le voit dans notre

tableau. L'usine de Port-Brillet, comptant deux hauts-fourneaux, n'en a qu'un en feu, produisant de la sablerie. L'usine d'Orthe, la plus importante, comptant un haut-fourneau et trois feux de forge, fabrique aussi presque exclusivement de la poterie. Les forges d'Aron et leur haut-fourneau d'Hermet, les forges de Chailland, dans la Mayenne, sont éteintes. Toutes ces usines traitent ou traitaient des minerais d'alluvion analogues à ceux du département de l'Orne.

#### Minerais de la Manche.

Le département de la Manche ne comprend qu'un haut-fourneau, à Bourbe-Rouge ; mais il est depuis longtemps éteint. On exploitait en cet endroit des minerais siluriens analogues à ceux de la Gatine (Orne). On en exploite encore à Ruffosses (arrondissement de Valognes) et à Pierre-Buttée (arrondissement de Cherbourg) ; ils sont expédiés comme lest sur les bâtiments apportant à Cherbourg des charbons du pays de Galles et alimentent quelques usines anglaises des environs de Cardiff. L'extraction atteint actuellement environ 10,000 tonnes par an.

On exploite encore dans les environs de Cherbourg (à 20 kilom. sud-ouest), à Diélette, un gisement concédé à M. A. Bérard. C'est un filon-couche massif dans les terrains de transition qui, d'après M. Richardson, a une origine ignée. Il est immergé dans les hautes eaux et devra être exploité au-dessous du niveau de la mer. La richesse en fer varie de 48 à 52 p. 0/0. Le minerai a été essayé aux hauts-fourneaux de Maubeuge et à ceux d'Ourtreau ; une certaine quantité est aussi expédiée aux usines du pays de Galles, et son exploitation, encore récente, prendra probablement plus de développement. C'est un mélange de fer oligiste et de fer magnétique. Voici son analyse, d'après M. Mitchell, chimiste anglais :

Peroxyde de fer . . . . .	49,27
Protoxyde de fer . . . . .	20,83
Oxyde de manganèse . . . . .	0,98
Silice . . . . .	23,95
Alumine . . . . .	1,76
Chaux . . . . .	0,42
Magnésie . . . . .	0,52
Potasse et soude . . . . .	0,60
Acide sulfurique . . . . .	traces
Acide phosphorique . . . . .	0,29
Eau et pertes . . . . .	1,38
	100,00

M. Bérard en avait exposé plusieurs blocs considérables.

#### Usines de l'Eure.

Ces usines appartiennent toutes à MM. d'Albon et C<sup>ie</sup>, qui figurent au nombre des exposants, et qui ont envoyé au Champ-de-Mars un assortiment des minerais qu'ils emploient. Ce sont des fers hydratés à gangue siliceuse ou argileuse, d'une richesse assez variable ; quelques-uns sont assez riches pour être de véritables hématites brunes. On les extrait de rognons disséminés dans les argiles tertiaires qui forment la partie sud du département. Le nombre des lieux d'exploitation est considérable : on distingue, à l'Exposition, les minerais du Merisier, de Madeleine, de la Mare à la Bèche (forêt de Conches), du Bois de la Réserve, de Beauchêne, etc., qui sont des *mines vives*, c'est-à-dire à gangue siliceuse ; puis les minerais de la Fidelaire, d'Orvaux, de Nogent-le-Sec, de Piseux, de Saint-Nicolas, etc., qui sont des *mines douces*, c'est-à-dire à gangue argileuse.

D'après les Notices du Corps impérial des mines, l'argile qui renferme le minerai forme des amas très-irréguliers et d'une richesse très-variable, que le hasard seul fait découvrir. Ces amas sont exploités, soit à ciel ouvert, soit par puits et galeries ; les puits ont ordinairement une profondeur de 10 à 15 mètres ; les galeries s'étendent à 7 ou 8 mètres. L'épaisseur du gîte n'atteint pas ordinairement 1 mètre.

Le mineraï est débourbé à la sortie de la minière dans de petits lavoirs à bras, alimentés avec de l'eau de pluie recueillie dans des mares. Il subit un second lavage aux usines. Après ce second lavage, sa richesse moyenne varie de 38 à 42 p. 0/0. On mélange les mines vives et les mines douces dans les lits de fusion, et on y ajoute une quantité assez considérable de marne calcaire qui sert de fondant. La qualité de la fonte obtenue est bonne pour l'affinage et surtout pour le moulage.

Le nombre des hauts-fourneaux de la Compagnie d'Albon a été de 10 ; mais depuis l'extinction de ceux de la Poultière, de Condé, de la Bonneville, de Trisay, etc., il n'y en a plus que trois ou quatre en feu. On fabrique surtout des moules en sablierie et poterie avec la fonte qu'ils produisent ; cependant, on en fabrique aussi du fer dans les forges qui appartiennent à la même Compagnie. Les minerais coûtent, d'après M. Letaud, environ 30 fr. par tonne de fonte.

#### **Usines d'Eure-et-Loir, d'Indre-et-Loire et de la Vienne.**

Nous ne savons si le haut-fourneau de Boussard est encore en feu ; il consommait des minerais du département de l'Eure. Dans le département d'Indre-et-Loire, on exploitait, avant 1861, des minerais d'alluvion de bonne qualité (à Cangey, Chambray, Azay-sur-Cher, etc.), qui rendent 25 p. 0/0 de fonte, après avoir perdu 1/4 au lavage ; ils alimentaient les hauts-fourneaux de Pocé et de Portillon, qui étaient éteints en 1864. Ces mêmes fourneaux consommaient aussi des minerais également de bonne qualité exploités dans le département de Loir-et-Cher, à Château-Vieux, Mesland, Mareuil, Santenay, etc., et qu'on lavait une première fois sur place et une seconde fois aux usines. Nous ignorons si le fourneau de Pocé, éteint en 1863 et 1864, a été rallumé depuis. MM. J.-J. Ducel et fils ont exposé de beaux spécimens de fontes moulées, mais qui sont probablement de seconde fusion.

Dans la Vienne, on exploite pour l'approvisionnement des hauts-fourneaux de Luchapt, Verrières, Belabre (Indre) du minerai en grains qu'on lave d'abord aux minières, puis aux usines, ce qui lui fait perdre les 5/6 de son volume et qui, lavé, rend environ 40 à 42 p. 0/0 de très-bonne fonte pour affinage au charbon de bois. Les principaux centres d'exploitation sont dans les communes du Vigean, de Verrières, de Journet et de Saulgé, les transports des minerais des gîtes aux usines se font par voitures.

D'après la statistique officielle, notre groupe, comptant 10 départements producteurs de fonte et 30 hauts-fourneaux, dont 4 au coke, 7 au mélange et 22 au charbon de bois, a produit en 1864 :

11,502 tonnes de fonte au bois.
19,036 tonnes de fonte au mélange.

En tout... 30,538 tonnes.

En 1865, il n'a produit que 24,815 tonnes, et en 1866 que 25,189 tonnes.

#### NEUVIÈME GROUPE.

##### GROUPE DU SUD-OUEST.

Si nous eussions procédé tout à fait méthodiquement, ce dernier groupe en eût formé trois distincts, savoir :

Le groupe de l'Aveyron, comprenant des usines au coke alimentées par les houillères du bassin d'Aubin.

Le groupe du Périgord et des Landes, comprenant des usines au charbon de bois traitant les minerais de la Dordogne et des Landes.

Le groupe des Pyrénées, comprenant quelques usines éparses le long de cette chaîne de montagnes.

Nous les avons réunis en un seul groupe, afin de ne pas multiplier les divisions pour une production de fonte relativement peu importante.

##### Usines de l'Aveyron.

Elles sont au nombre de deux seulement :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombr de fourneaux.</i>
Aveyron.	Aubin.	Régie de la C <sup>te</sup> du chemin de fer d'Orléans . . . . 6 au coke.	—
Id.	Decazeville.	Société métall. de l'Aveyron. 7 Id.	—

**MINERAIS.** — Le minerai le plus employé dans les usines du bassin d'Aubin est celui de Mondalazac. C'est un minerai oolithique, de couleur violette, à gangue argilo-calcaire qui rend, à la voie sèche 27,35 p. 0/0 de fonte, et que l'on trouve en couche à la partie inférieure de l'étage oolithique des terrains jurassiques. Cette couche est exploitée par les deux usines dans deux concessions différentes : celle de Mondalazac (usine de Decazeville), et celle de Muret (usine d'Aubin), qui ont fourni ensemble (en 1862) jusqu'à 115,000 tonnes, mais dont l'extraction n'a plus été, en 1866, que 60,000 tonnes.

Le minerai de Mondalazac coûte en moyenne 3 fr. la tonne à la mine, et de 6 fr. à 7<sup>f</sup>,50 la tonne rendue aux usines ; celles-ci, assez éloignées de la mine, lui sont reliées par de petits chemins de fer d'exploitation. On ne le consomme que dans les usines du département, qui, autrefois, en employaient les 2/3 de leur consommation, et qui en forment encore plus de la moitié de leurs lits de fusion. La diminution apportée dans l'extraction du minerai depuis 1862, tient à l'extinction d'un certain nombre des hauts-fourneaux, à l'importation en quantités beaucoup plus grandes qu'autrefois de minerais riches, étrangers au département, à l'emploi des scories de réchauffage, à celui du riblon, etc., etc.

Un autre minerai employé aussi dans les deux usines est celui de Lunel, exploité en couches à la base du lias, sur une surface assez limitée, aux environs de Saint-Félix-de-Lunel. C'est une hématite rouge, à gangue quartzeuse, ne renfermant ni chaux, ni soufre, et rendant en moyenne 40 p. 0/0 de fonte. On en extrait de 5 à 10,000 tonnes par an, qui coûtent environ 12 fr. la tonne rendue aux

usines, à cause des transports assez coûteux qui se font entre la mine et les usines.

A Decazeville, on emploie encore le minerai de Kaymar provenant d'un filon dans les micaschites, et qui est une hématite brune manganésifère, à gangue de spath fluor et de quartz, et rendant 42 à 45 p. 0/0. Il est d'excellente qualité ; malheureusement, son extraction est limitée à 4,000 tonnes par an à cause des irrégularités du gîte. Il coûte environ 15 fr. la tonne rendue à l'usine.

A Decazeville encore, on consomme aussi des minerais houillers (carbonatés lithoïdes) exploités à Tramont et à Combes. On ne les emploie qu'après un grillage très-facilité par le charbon dont ils sont mélangés. Celui de Tramont rend, après grillage, de 37 à 40 p. 0/0 de fonte. Celui de Combes plus abondant est aussi plus riche : il se trouve en deux couches, la *fausse* et la *bonne* ; le minerai de la première, grillé, rend 37 à 38 p. 0/0 ; celui de la bonne 45 p. 0/0. Ces minerais houillers, exploités auprès des usines, ne coûtent que 6 à 8 fr. la tonne prête à consommer ; malheureusement, leur qualité laisse à désirer.

Voici les analyses de ces divers minéraux :

	Mondalazac.	Lunel.	Kaymar.	Combes (grillé) bonne couche.	Combes (grillé) fausse couche.
Peroxyde de fer . . . .	37,50	55 à 60	60,00	66,00	57,00
Oxyde de manganèse . . .	*	*	10,00	*	*
Silice . . . . .	10,10	35 à 40	12,00	20,00	25,00
Alumine . . . . .	11,40	2	2,00	6,00	7,50
Chaux . . . . .	13,20	-	-	3,50	3,50
Magnésie . . . . .	2,60	*	*	3,50	3,50
Spath fluor . . . . .	*	*	6,00	*	*
Soufre . . . . .	*	*	*	1,00	1,20
Perte au feu . . . . .	24,60	2	10,00	3,50	5,80
	99,40	100	100,00	100,00	100,00

Outre ces divers minéraux exploités dans le département de l'Aveyron même, on consomme encore, dans les usines du bassin d'Aubin, des minéraux connus sous le nom de *minéraux d'Albi*, et qui sont extraits, dans le département du Tarn, de filons qui traversent le terrain

primitif dans les environs d'Alban, d'Ambialet et de Courris. Ces filons ressemblent beaucoup à celui de Kaymar ; ils renferment du manganèse en proportion considérable, quelquefois même le manganèse domine et arrive à former le minerai principal. Le fer se trouve tantôt à l'état d'hématite rouge ou brune concrétionnée, tantôt à l'état de fer spathique cru ou décomposé. La gangue est quartzuse, et le rendement peut atteindre 45 p. 0/0. Ces minerais arrivent à Aubin par chemin de fer, depuis Albi où ils sont envoyés par charrettes, et où ils coûtent 14 à 15 fr. la tonne.

Voici l'analyse du minerai du filon de Fraysse :

Peroxyde de fer et manganèse.	66,60
Silice. . . . .	19,50
Alumine. . . . .	5,00
Perte au feu . . . . .	8,60
	—
	99,70

Outre ces minerais du Tarn, les hauts-fourneaux consomment encore des minerais du Périgord (rendant 37 à 42 p. 0/0), qui forment même quelquefois une partie importante des lits de fusion, et des minerais de l'Ariège de deux provenances : celui de Rivernert, fer magnétique, qui rend au haut-fourneau 40 à 42 p. 0/0, livré aux usines par MM. Schmid et Delrieu, à raison de 7 à 8 fr. la tonne, en gare de Saint-Girons, et celui de Ferrières, fer spathique plus ou moins altéré, exploité par M. Patotte.

**COMBUSTIBLES.** — Le coke employé dans les hauts-fourneaux est fabriqué dans les usines avec les houilles du bassin d'Aubin, préalablement lavées ; il renferme 12 p. 0/0 de cendres, quand il est fabriqué dans les anciens fours de boulanger, et 8 p. 0/0 seulement, quand il est fabriqué dans des fours plus perfectionnés, des systèmes Smet ou Appolt.

**USINE D'AUBIN.** — L'usine d'Aubin, appartenant à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, a exposé, en ce

qui concerne la fabrication de la fonte, des échantillons de ses minerais, et un modèle d'un système nouveau de prise de gaz que nous décrirons tout à l'heure.

L'usine est située à 2 kilomètres d'Aubin, sur la voie du chemin de fer de Capdenac à Rodez, et elle communique avec ce chemin par deux embranchements, l'un au pied des hauts-fourneaux, l'autre au niveau des gueulards. C'est par ce dernier qu'arrivent les minerais et les charbons. Ceux-ci sont élevés au moyen d'un plan incliné sur une terrasse supérieure où s'effectuent le lavage et la carbonisation. Le lavage se fait avec des lavoirs à bras, si nos souvenirs sont exacts. La carbonisation se fait au moyen de fours à coke de deux systèmes : des fours de boulanger, où l'opération dure trois à quatre jours et où l'on obtient un rendement de 45 à 50 p. 0/0 ; des fours Appolt, où la carbonisation se fait en 24 heures et où le rendement atteint 55 à 60 p. 0/0.

Les hauts-fourneaux sont au nombre de six, dont trois ou quatre seulement sont habituellement en feu. La hauteur commune à tous est 15<sup>m</sup>,25 environ ; le diamètre intérieur au ventre varie de 4<sup>m</sup>,20 à 4<sup>m</sup>,50, le diamètre du gueulard de 3<sup>m</sup>,00 à 3<sup>m</sup>,60 ; la capacité intérieure variant de 125 à 150 mètres cubes. Leur massif est tronc conique, reposant sur une base prismatique ; la tour est formée au moyen d'anneaux cylindriques, dont le diamètre va en diminuant, armés chacun d'une frette de fer. Ils sont soufflés par trois tuyères qui y injectent par minute environ 90 mètres cubes d'air chauffé à 300°, au moins, et comprimé à une pression de 2 mètres d'eau. Leur production journalière est de 18 à 22 tonnes de fonte en 24 heures, avec un rendement moyen qui varie notablement, suivant la nature des lits de fusion et celle des fontes que l'on veut fabriquer.

On avait autrefois, à Aubin, sur tous les fourneaux, des prises de gaz centrales du système Coingt. En 1860, on a transformé la prise du fourneau n° 5, en percant 22 ouvertures à 0<sup>m</sup>,90 au-dessous du gueulard et en ins-

tallant le système exposé au Champ-de-Mars et que nous figurons pl. vi, fig. 1 et 2.

Ce système n'est autre que l'ancien appareil *cup and cone*, dans lequel le cône mobile de haut en bas est remplacé par un tronc de cône mobile de la même manière, et dont la base supérieure est percée d'une trappe qu'un registre peut ouvrir ou fermer. La charge de coke est introduite dans le fourneau par cette trappe, sans déplacer le tronc de cône ; elle arrive ainsi dans l'axe de la cuve. La charge de minerai, au contraire, placée dans la rigole annulaire autour du tronc de cône, est introduite contre les parois de la cuve par l'abaissement de l'appareil.

M. Lemonnier, ingénieur de l'usine, a indiqué dans les *Annales des mines*, l'année dernière, les résultats obtenus avec cet appareil, dont la disposition est conforme aux principes rationnels, le fonctionnement facile, mais qui offre peut-être l'inconvénient d'avoir une partie mobile dans l'intérieur de la cuve et au-dessous de la plaque du gueulard.

Avec le nouvel appareil, le rendement des minerais (alumineux), qui était de 25,63 p. 0/0, s'est élevé à 28,41 p. 0/0 ; la consommation de coke a diminué de 326 kilog. par tonne de fonte ; la production du fourneau a augmenté de 15 p. 0/0. Aussi bientôt la transformation fut-elle opérée sur quatre autres fourneaux ; on laissa seulement marcher encore pendant deux ans, dans des conditions identiques, sans prise de gaz et à gueulard ouvert, le fourneau n° 4 qui est identique de profil et de dimensions au fourneau n° 5.

Avec les mêmes matières, le rendement du lit de fusion du n° 4 était de 0,85 p. 0/0 plus élevé que celui du n° 5, et sa consommation de coke inférieure de 60 kilog. par tonne de fonte ; mais la supériorité de son prix de revient était bien loin de compenser la dépense en combustible pour la soufflerie et l'air chaud. Du reste, le n° 4 a continué à donner les mêmes résultats, lorsqu'on

y a eu installé une prise de gaz. La différence tenait donc à d'autres causes difficiles à déterminer.

Aujourd'hui, tous les gueulards sont fermés, et les gaz suffisent pour la soufflerie et les appareils à air chaud sans consommation appréciable de combustible.

Les résultats indiqués par M. Lemonnier offrent certainement le plus haut intérêt, et l'appareil qu'il a installé à Aubin mérite l'attention de tous les producteurs de fonte.

Les prises de gaz de chacun des fourneaux se réunissent dans un gros tuyau général servant de réservoir, et où on puise le gaz pour les chauffes des chaudières à vapeur et des appareils à air chaud.

La soufflerie se compose de quatre machines, deux verticales et deux horizontales.

Les deux soufflantes verticales, d'une force de 150 chevaux chacune, accouplées sur un même arbre de volant (le volant pèse 18,000 kilog.) sont de l'excellent système à balancier qu'on appelle en Angleterre *horsehead*, dont nous avons déjà trouvé une application à l'usine de Tamaris et que nous décrirons plus tard. Ces machines existent depuis plus de 20 ans à Aubin et y rendent d'excellents services. Elles suffisent largement pour souffler trois hauts-fourneaux. Les deux soufflantes horizontales, du système à tiroirs, construites au Creusot, ont environ 100 chevaux de force chacune. Leurs services ne sont pas aussi appréciés que ceux des machines à balancier.

Les appareils à air chaud, au nombre de trois par fourneau, appartiennent aussi à deux systèmes différents. Les uns sont des appareils de Calder, les autres des appareils Thomas et Laurens, à tubes verticaux. Ces derniers paraissent préférés ; ils chauffent l'air à 300 et 350° avec une dépense de gaz moindre que pour les premiers.

Les hauts-fourneaux d'Aubin travaillent avec des charges de coke de 500 kilog. et des charges de minerais et castine variables, mais dépassant 1,200 kilog. Ils n'ont pas exposé les fontes qu'ils produisent ; mais avec les dé-

tails que nous avons donnés sur les minerais employés dans l'Aveyron, nos lecteurs peuvent voir que l'usine d'Aubin est placée de façon à fabriquer également économiquement les fontes communes et les fontes fines, en employant pour ces dernières les minerais du Tarn, des Pyrénées ou même de la Méditerranée.

USINE DE DECAZEVILLE. — Cette usine appartenait à une puissante Société qui, après diverses alternatives, est tombée en faillite. Elle fonctionne maintenant pour le compte du syndicat des créanciers.

La Société des houillères et forges de l'Aveyron possé-dait des mines de houille avec des couches très-puissantes, mais ne donnant que des menus assez impurs. Ces menus sont lavés dans l'usine au moyen d'appareils Bérard, puis carbonisés, soit dans des fours à boulanger ovales à deux portes, opérant en trois ou quatre jours, soit dans des fours horizontaux, système Smet, carbonisant en 24 heures; pour ces derniers, le défournement se fait méca-niquement avec un appareil qui prend la vapeur à une conduite générale fixe. Ce système, employé aussi à Hoerde et dans quelques usines westphaliennes et belges, n'est pas aussi bon que l'emploi d'un treuil défourneur portant sa chaudière avec lui; les lenteurs et les pertes de vapeur compensent et au-delà l'avantage médiocre résultant de l'économie de combustible pour la production de cette vapeur.

Les hauts-fourneaux sont au nombre de sept (six car-rés et un rond), tous adossés; deux ou trois seulement sont actuellement en feu. Ils n'ont point de prises de gaz et sont soufflés par trois tuyères chacun avec une pression de 2<sup>m</sup>,00 à 2<sup>m</sup>,50 d'eau. On travaillait, il y a un an ou deux, avec des charges de coke de 800 kilog. environ, et des charges de minerais de 1,200 kilog. environ, rendant en-viron 33 pour 0/0 de fonte, et on produisait en 24 heures, par fourneau, de 20 à 22 tonnes. Cette marche était peu sa-tisfaisante. Toutefois, on consomme toujours une propor-tion de coke relativement considérable dans les usines du

bassin d'Aubin, à cause de la nature alumineuse du minerai de Mondalazac, qui forme la base des lits de fusion, et de la grande proportion d'alumine que renferme le laitier. Ainsi, d'après une analyse qui nous a été communiquée, la composition d'un laitier, considéré comme correspondant à une bonne allure en fonte de moulage, serait la suivante :

Silice . . . . .	37,5
Alumine. . . . .	25,0
Chaux . . . . .	35,0
Oxyde de fer . . . . .	traces
Soufre . . . . .	2,4
	—
	99,9

C'est un silicate de la formule  $\text{Si}^{10}\text{B}^{14}$ ; mais la proportion relative de chaux et d'alumine en fait un laitier réfractaire, qui doit exiger une forte proportion de combustible pour sa fusion.

La soufflerie de Decazeville se compose de trois anciennes machines à balancier, sans volant, de 100 chevaux environ chacune, et deux machines à balancier de 150 chevaux accouplées, analogues à celles d'Aubin, mais ayant 2 volants et des bielles en fer forgé, au lieu de bielles en bois. Les appareils à air chaud sont du système Calder.

L'usine de Decazeville, à cause de la situation précaire dans laquelle elle se trouve, n'a rien envoyé à l'Exposition du Champ-de-Mars.

La Compagnie d'Orléans possédait deux hauts-fourneaux dans le département de Tarn-et-Garonne, à Bruniquel; mais ils sont actuellement éteints.

#### Usines du Périgord et des Landes.

Ces usines, comprises dans les départements de la Charente, de la Dordogne, de la Haute-Vienne, de Lot-et-Garonne, de la Gironde et des Landes, sont toutes au charbon de bois, sauf celle de Fumel. En voici la liste aussi exacte que nous avons pu la dresser :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Charente.	Ruelle.	Marine impériale . . . . .	2 au bois.
Dordogne.	Périgueux.	MM. Durand j <sup>e</sup> ne et Guyonnet.	4 Id.
Id.	Laroche-Corgnac.	MM. Bouilton fils et C <sup>ie</sup> .	2 Id.
Id.	Miremont.	MM. Lachaud et C <sup>ie</sup>	4 Id.
Id.	Savignac.	M. Combescot . . . . .	4 Id.
Id.	Ans.	M. Delthiel . . . . .	4 Id.
Id.	Ferrières.	M. H. Prevost . . . . .	4 Id.
Id.	Monclar.	MM. Javerzac et fils . . . .	2 Id.
Id.	La Chapelle.	M. de Bourdage . . . . .	4 Id.
Id.	Jomellières.	M. Masse . . . . .	4 Id.
Lot-et-Garonne.	Cuzorn.	MM. Austruy et C <sup>ie</sup> .	4 Id.
Id.	Fumel.	Société métall. de la Vienne.	2 au coke.
Gironde.	Bacalan.	M. Holagray . . . . .	4 au bois.
Id.	Lugos.	MM. A. Lescure et C <sup>ie</sup>	2 Id.
Id.	Beaulac.	MM. Darquey et C <sup>ie</sup>	4 Id.
Landes.	Labouheyre.	MM. A. Léon et C <sup>ie</sup>	4 Id.
Id.	Sainte-Hélène.	M. P.-L. Segal . . . . .	4 Id.
Id.	Abesse.	MM. Dubourg et Boulart	4 Id.
Id.	Ardy.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	Castête.	Id. . . . .	4 Id.
Id.	St-Vincent-de-Paul.	M. Ch. Lasserre . . . . .	4 Id.
Id.	Uza.	M. H. Dumoulin . . . . .	4 Id.
Id.	Buglosse.		4 Id.

**MINERAIS.** — Les départements de la Charente et de la Dordogne sont riches en minerais de fer qui se trouvent tous dans des gisements superficiels, situés dans les terrains jurassiques ou tertiaires. Ce sont des amas que l'on exploite à ciel ouvert et qui fournissent des hématites brunes et jaunes, tantôt cloisonnées, tantôt géodiques. La qualité de ces minerais est généralement très-bonne ; ils sont dépourvus de soufre et ne renferment que des traces de phosphore. On peut citer, dans le département de la Charente, les minerais de Guillot et Grosbot (36 p. 0/0 de fer), ceux de Montmoreau (42 p. 0/0 de fer), de Taponnat (44 p. 0/0 de fer), qui alimentent l'usine impériale de Ruelle, où se trouvent les seuls fourneaux encore en feu dans le département. Le mineraï de Taponnat ou des Fayes était exposé par M. Cordova : c'est une belle hématite brune concrétionnée, renfermant

2 à 3 p. 0/0 de manganèse. Dans la Dordogne, les minerais sont analogues ; on en trouve qui sont en grains, comme celui des Bois de Laroche ; d'autres qui renferment jusqu'à 10 p. 0/0 d'oxyde de manganèse, comme celui de Labrousse ; mais la plupart sont des hématites cloisonnées. Nous donnerons plus loin l'analyse de quelques provenances. Dans certaines usines, à Ruelle, par exemple, on soumet les minerais, avant leur emploi, à une macération prolongée à l'air et à la pluie, de façon à leur enlever les traces de soufre qu'ils pourraient renfermer ; mais cette pratique n'a point de raison d'être pour les fontes destinées au moulage des canons. Les usines suédoises les plus réputées pour la résistance de leurs fontes à canons, se gardent bien d'enlever le peu de soufre que contiennent leurs minerais ; elles ont même, dans certains cas, ajouté à leurs lits de fusion du sulfate de fer en petite proportion. Il en est autrement pour la fabrication des fontes d'affinage qui réclament des minerais aussi peu sulfureux que possible. Les minerais du Périgord sont aussi généralement lavés au patouillet avant leur emploi.

Dans le Lot-et-Garonne, on extrait de divers chantiers à ciel ouvert, situés dans les communes de Fumel et Salles, des minerais reposant sur le terrain jurassique et très-analogues à ceux de la Dordogne. Les gisements sont très-abondants, et alimentent, non-seulement les usines du département, mais encore partiellement celles du bassin d'Aubin et de la Dordogne. Les minerais sont, tantôt en roche, et alors on les soumet simplement à un cassage, tantôt en menus, et alors on les débourbe avant de les employer. A Fumel, on distingue le minerai *doux* qui est très-fusible et le minerai dit *Caillavin*, qui est siliceux. Ce sont toujours des mélanges d'hydrate et d'oxyde qui rendent 40 à 43 p. 0/0 de fer au haut-fourneau. Leur exploitation est très-économique ; ils coûtent environ 4 fr. la tonne sur la minière ; à Fumel, rendus dans l'usine, ils coûtent, d'après les notices officielles,

5 fr. la tonne. On en extrait annuellement 40,000 à 45,000 tonnes.

Dans les Landes, on exploitait naguère de nombreux gîtes de minerais appartenant à deux espèces distinctes. La première est un fer oxydé, argileux, formant des bancs souvent assez étendus au-dessous des sables des Landes, et qui rend 33 p. 0/0 environ de fer. La seconde est un hydroxyde siliceux disséminé en amas ou rognons au milieu des sables quartzeux du terrain tertiaire supérieur. C'est le véritable *mineraï des Landes* qui se trouve presque à la surface, tantôt en grains isolés, tantôt en masses formées de grains agglutinés par un ciment ferrugineux de même nature ; il rend, après lavage, de 30 à 40 p. 0/0 de fer. Mais ces minerais des Landes renferment toujours une certaine proportion de phosphore, et s'ils peuvent être employés en certaine proportion pour la fabrication des fontes de moulage, ils fournissent du très-mauvais fer. On ne les exploite plus guère que dans les environs de Daux, pour l'approvisionnement des hauts-fourneaux d'Abesse, d'Ardy, de Castête, de Buglosse et d'Uza. Pour la fabrication des fontes d'affinage, on les mélange, ou même on les remplace complètement par des minerais du Périgord et des hématites manganésifères de la Biscaye et du Guipuscoa (Espagne).

Voici quelques analyses faites à Ruelle :

	Mineraï de Cusorn (Lot-et-G.)	Mineraï de Hautefort (Dordogne)	Mineraï des Gr.-Bois (Dordogne)	Mineraï d'Excideuil (Dordogne)	Mineraï des Landes, près Pontnauï.
Peroxyde de fer.	74,00	63,74	52,20	68,16	68,06
Ox. de mang.	0,10	0,50	0,54	0,38	0,36
Silice . . . . .	14,40	15,40	29,80	16,60	9,18
Alumine . . . . .	4,40	6,42	6,76	2,12	2,40
Chaux . . . . .	"	traces	traces	traces	traces
Magnésie . . . . .	traces	traces notables	*	*	traces
Soufre . . . . .	tr. not.	*	traces	traces	traces
Acide phosph.	0,32	0,10	0,16	0,10	0,45
Mat. volatiles . .	6,70	13,75	10,25	11,90	18,60
Perte . . . . .	0,08	0,09	0,29	0,74	0,95
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

COMBUSTIBLES. — A l'exception des hauts-fourneaux de Fumel qui consomment les cokes du bassin d'Ahun, tous les autres consomment des charbons de bois provenant généralement de bois légers. Ainsi à Laroche-Coragnac, le charbon pèse seulement 160 kilog. le mètre cube. Cependant, à Ruelle, on brûle surtout des charbons de chêne, de hêtre ou de charme : le poids maximum de l'hectolitre, qui ne doit pas être dépassé, est 25 kilogrammes ; mais ils coûtent, dit-on, plus de 105 fr. la tonne. Dans les Landes, on emploie du charbon de pin.

USINE DE RUELLE. — La fonderie impériale de la marine, à Ruelle, comprend deux hauts-fourneaux qui ont 8 mètres de hauteur et 2 mètres de diamètre au ventre, et qui produisent par jour environ 3,000 kilogrammes de fonte. On les alimente par charges de 1/2 mètre cube de charbon environ. Ils sont travaillés par neuf ouvriers : quatre chargeurs, deux gardeurs (qui veillent à la tympe et à la tuyère), un arqueur (qui amène le charbon de bois au gueulard), un boqueur (qui enlève les laitiers et trie les grenailles de fonte) et un mouleur de gueuses. Les hauts-fourneaux sont conduits de façon à obtenir des fontes à canons très-résistantes, grises claires, de grain n° 3, très-légèrement truitées. Les laitiers correspondants sont de couleur vert clair ; quand ils sont violacés, la fonte est trop grise.

La fonderie de Ruelle n'a pas exposé ses matières premières, mais seulement des canons complètement achevés.

USINE DE LAROCHE-CORGNAC. — Cette usine, appartenant à MM. Bouillon jeune et fils et C<sup>e</sup>, de Limoges, comprend deux hauts-fourneaux au charbon de bois, de 14 mètres de hauteur, munis d'appareils de chargement *cup and cone*. On y traite les minerais du Périgord, et notamment ceux d'Excideuil, de Hautefort, des Bois et de Labrousse ; ce dernier est fortement manganisé et permet de préparer des dosages de nature variable avec celle des fontes que l'on veut obtenir. Les mélanges dans

lesquels dominent surtout les minerais des Bois et d'Excideuil rendent 37 p. 0/0 de fonte ; on y ajoute ordinairement 25 à 27 p. 0/0 de castine, et pour 100 kilog. de minerais, on consomme 243 litres, soit 39 kilog. de charbon ; de sorte que pour 100 kilog. de fonte, il faut 105 kilog. de charbon environ. On ne fabrique dans cette usine que des fontes de qualité supérieure, généralement grises à grain serré, ou truitées, quelquefois blanches, rayonnées. Les laitiers sont ordinairement des bisilicates avec 50 p. 0/0 de silice.

**USINE DE LA CITÉ, A PÉRIGUEUX.** — MM. Durand jeune et Guyonnet ont exposé des minerais hématites brunes, des charbons de bois et le calcaire saccharoïde qui leur sert de castine, ainsi que des fontes au bois destinées à la fabrication des canons. Le grain de ces dernières est gris serré et mélangé d'un peu de truité.

**USINE DE LA BOHEYRE (LANDES).** — MM. A. Léon et C<sup>le</sup> ont simplement exposé des fontes à canon, grises serrées, et des fontes d'affinage rubanées, provenant de leur haut-fourneau. Pour faire apprécier la ténacité de leurs fontes, ils montrent les débris d'un canon fabriqué avec elles et éprouvé à outrance à la fonderie de Ruelle, ainsi que l'épure des fragments, après l'éclatement de la pièce. C'est une pièce de 8 qui a tiré :

20 coups avec une charge de 1 <sup>k</sup> ,305,	1 valet,	1 boulet,	1 valet.
20	id.	1 ,958,	id. 2 id. id.
10	id.	1 ,958,	id. 3 id. id.
5	id.	3 ,916,	id. 6 id. id.
7	, id.	7 ,832,	id. 13 id. id.

62 coups en tout avant d'éclater.

Toute pièce, qui a résisté au 57<sup>e</sup> coup, est considérée comme ayant résisté à l'épreuve.

**USINE DE FUMEL.** — La Compagnie métallurgique de la Vienne, qui s'est constituée pour construire des hauts-fourneaux à Montmorillon (Vienne) et pour y traiter au coke les minerais de la localité, a, en attendant, pris en

location de la Compagnie des chemins d'Orléans l'usine de Fumel, située sur le Lot.

Elle y traite les minerais des environs de Fumel, qui sont des peroxydes très-hydratés, à gangue très-siliceuse, qui rendent en moyenne 40 p. 0/0 de fonte. Les cokes proviennent du bassin d'Ahun, où ils sont fabriqués au four Appolt, avec des charbons gonflants très-peu gazeux, qui rendent 80 à 82 p. 0/0 de coke et qui exigent 40 heures environ pour la carbonisation ; ces cokes, quoique provenant de charbons lavés, renferment encore 16 à 17 p. 0/0 de cendres.

Les hauts-fourneaux sont de grands fourneaux au coke de dimensions ordinaires ; ils sont munis d'un système de prise de gaz particulier, imaginé par M. Lebrun-Virloy, ingénieur, administrateur de l'usine, bien connu dans l'industrie du fer, système qui est représenté par un modèle exposé dans la grande galerie des machines. Le tuyau de prise de gaz occupe le centre du gueulard et plonge dans les charges à une faible profondeur ; l'espace annulaire restant entre le tuyau et la circonférence du gueulard est partagé en huit segments égaux, occupés chacun par une bâche s'ouvrant par le bas et par le haut. Le bas s'ouvre au moyen de deux volets maintenus par un verrou qui se manœuvre de l'extérieur. Le haut est fermé par un couvercle à charnière plongeant dans une rainure formant joint hydraulique. Lorsque ce couvercle est ouvert et les volets inférieurs fermés, on peut remplir la bâche avec les matières à introduire dans le fourneau ; puis le couvercle étant fermé, par un léger mouvement du verrou, les volets s'ouvrent et la charge tombe. On referme les volets au moyen de leviers qui agissent sur leurs charnières, et on remet le verrou en place. La charge a été ainsi introduite sans que l'intérieur du fourneau ait été mis en communication avec l'atmosphère. Les bâches sont remplies à l'aide d'un wagon-verseur qui circule au moyen d'un truc roulant, sur une voie circulaire autour du gueulard ; chacune ren-

ferme le coke, le minerai et la castine. On ouvre 4 bâches à la fois, sans trop se préoccuper de l'ordre. Les matières introduites par une bâche ne se mélangent pas avec celles qui proviennent de la bâche voisine ; elles sont guidées par des cloisons rayonnantes qui descendent un peu au-dessous du gueulard dans les charges. Ce système de prise de gaz et d'appareil de chargement paraît bien compliqué et sujet à des dérangements, à cause du grand nombre de pièces et d'articulations ; cependant, il a fonctionné plus de deux ans déjà sur le fourneau n° 1, et 14 mois sur le fourneau n° 2, à la satisfaction des directeurs de l'usine.

Ces fourneaux sont soufflés par cinq tuyères avec de l'air chauffé à 300 ou 350°, dans un appareil Calder. La charge de coke est de 1,080 kilog., et on en fait 34 environ en 24 heures, pour produire 30 tonnes de fonte grise de moulage n° 3, fonte très-siliceuse mais présentant néanmoins une ténacité assez grande. Pour 1,000 kilog. de fonte, on consomme environ 1,350 kilog. de coke, 2,300 kilog. de mine et 1,000 de castine.

L'usine de Fumel a exposé ses minerais, ses cokes, ses fontes brutes et une série de mouleges fabriqués en première fusion.

Les usines du Périgord et des Landes, qui fabriquent des fontes d'affinage, sont en ce moment dans une situation très-critique, et plusieurs hauts-fourneaux et feux de forge vont s'éteindre devant la concurrence des usines suédoises, qui offrent des fers au plus à 34 fr. les 100 kil., droits acquittés, dans les ports de l'Océan.

#### **Usines des Pyrénées.**

Les départements limitrophes de la chaîne des Pyrénées, c'est-à-dire ceux des Basses-Pyrénées, des Hautes-Pyrénées, de l'Ariège, de l'Aude, des Pyrénées-Orientales, de la Haute-Garonne, renferment un assez grand nombre de forges catalanes qui transforment directement en fer

les riches minerais de leurs montagnes. Aucune de ces forges n'avait envoyé de produits à l'Exposition, et nous nous abstiendrons d'en parler ; nous ne pourrions, du reste rien signaler de nouveau dans cette branche primitive de la sidérurgie. Les usines à fonte sont moins abondantes ; en voici la statistique :

<i>Départem.</i>	<i>Usines.</i>	<i>Propriétaires.</i>	<i>Nombre de fourneaux.</i>
Basses-Pyrén.	Larrau.	M. E. Davantès . . . . .	1 au bois.
Id.	Mendive.	MM. Hardouin et Cie. . . . .	1 Id.
Ariège.	Berdoulet.	MM. Ch. Durozey et Cie . . .	1 au coke.
Id.	Pamiers.	Société métall. de l'Ariège. . .	2 au mél.
Id.	Tarascon.	M. Esquirol . . . . .	1 au bois.
Aude.	Auriac.	M. Casimir Ducros . . . . .	1 Id.
Id.	La Nouvelle.	MM. Remy-Jacomy et Cie. . .	1 Id.
Pyrén.-Or.	Fuilla.	MM. Jaume et Lazernée. . .	1 Id.
Id.	Villeneuve de Conflans	M. J. Jaume. . . . .	1 Id.
Id.	Ria.	MM. Holtzer, Dorian, Jaco- my et Cie. . . . .	2 Id.

Ces usines produisent toutes des fontes de qualité supérieure, spécialement appropriées à la fabrication de l'acier. Les minerais de choix abondent dans la chaîne pyrénéenne ; mais les voies de communication y sont encore tellement rares et les moyens de transport si peu économiques qu'aucune usine n'a encore pu entreprendre de fabriquer des quantités de fonte un peu importantes, les approvisionnements étant trop difficiles et trop coûteux. Passons en revue les divers départements.

MINERAIS ET USINES DES BASSES-PYRÉNÉES. — On trouve dans le département des Basses-Pyrénées des gîtes nombreux dont l'Administration des mines nous fait connaître les produits :

1<sup>o</sup> La mine de fer de Baburet, fournissant en abondance des hématites brunes et des fers spathiques, n'est exploitée que pour les besoins d'une forge à la catalane. Mais on annonce que bientôt, grâce à l'achèvement d'une route qui permettra les transports par colliers, ces minerais pourront arriver à la station de Nay, du chemin de fer Pau-Dax.

2<sup>e</sup> La mine de Burkeguy produit des fers hydratés siliceux compacts, extraits de filons intercalés dans les grauwackes. Ses produits sont consommés au haut-fourneau de Larrau, en mélange avec du minerai de Somorrostro (Espagne) et de Ahargo ; mais elle n'a point d'importance pour d'autres usines, à cause de son éloignement des voies de communication économiques ; tous les transports se font à dos de mulet.

3<sup>e</sup> La mine d'Ahargo est dans le même cas : son minerai, qui est aussi un hydrate siliceux compact, rend 35 à 40 p. 0/0 de fer dans le haut-fourneau de Larrau.

4<sup>e</sup> La mine d'Égourzé produit des minerais de même nature, mais pulvérulents, qui alimentaient le haut-fourneau de Mendive.

En général, ces minerais des Basses-Pyrénées, sauf celui de Baburet, ne sont pas de qualité comparable à celle des minerais de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales.

**MINERAIS ET USINES DE L'ARIÈGE.** — Ce département renferme des gisements très-importants d'excellents minerais, parmi lesquels nous devons citer en première ligne les importantes mines de Rancié, qui avaient exposé une collection de leurs produits et un modèle des travaux d'exploitation.

Le gisement est un amas très-irrégulier dans toutes les directions, presque vertical, qui se trouve dans le lias supérieur, et qui appartiennent à huit communes de la vallée de Vic-Dessos. Le minerai est un mélange d'hématite brune, très-souvent cristalline et géodique, avec enduit d'oxyde de manganèse, d'oligiste, d'hématite rouge et d'hydroxyde compact; dont la composition varie avec les quartiers de l'exploitation : ainsi, le minerai d'Orléans est un mélange d'hématite brune et d'oligiste ; le minerai de Sainte-Barbe est une hématite brune souvent très-manganésifère. Voici la composition moyenne :

Silice.....	9 à 11
Fer.....	54 à 56
Manganèse.....	2 à 4

Oxygène . . . . .	23 à 25
Gangue siliceuse . . . . .	7 à 8

Les minerais de Rancié rendent au fourneau 49 à 50 p. 0/0; ils fournissent au charbon de bois des fontes blanches miroitantes, et au coke des fontes de qualité supérieure pour l'affinage. Leur extraction annuelle a été, en 1866, 18,000 tonnes, dont 5,000 tonnes ont été consommées par cinq forges catalanes, 4,000 tonnes par deux hauts-fourneaux au bois, et 11,000 tonnes par un fourneau au coke.

Le prix de revient était, en 1860, au marché de Cabre, sur la route départementale de Vic-Dessos à Foix, de 1<sup>f</sup>,05 les 60 kilog. ou la *volte* (charge d'un homme), soit 1<sup>f</sup>,75 les 100 kilog. Actuellement, le prix de revient de la tonne, au même endroit, s'établit comme suit :

Salaire du mineur . . . . .	9,166
Octroi à l'administration . . . .	0,833
Port des mines à Cabre . . . .	4,166
Bénéfice du magasinier . . . .	0,833
<hr/>	
	15,000

La mine est régie par l'État et occupe 400 ouvriers. L'ingénieur des mines qui l'exploite espère arriver pour l'avenir au prix de 10<sup>f</sup>,50 la tonne rendue sur le marché de Vic-Dessos (1).

(1) Il est regrettable, pour l'industrie métallurgique des départements voisins, que les mines du Rancié soient exploitées d'une façon aussi onéreuse. Elles présentent un reste curieux des institutions du moyen-âge. La mine est la propriété de sept ou huit communes qui l'exploitent sous la direction d'un ingénieur de l'État. La part de travail est déterminée pour chaque mineur, qui ne doit pas, dans sa journée, extraire plus de 4 *voltes* (240 kilog.); on a cherché en vain à porter le travail à 5 voltes, les mineurs, dont le nombre est déterminé, s'y sont opposés. Le prix de la mine est fixé par arrêté préfectoral : il est actuellement de 0<sup>f</sup>,55 la volte ; un mineur gagne donc 2<sup>f</sup>,20 par jour, et ce bénéfice lui suffit. Mais la volte, avant d'arriver aux usines, est grevée de frais de descente à dos de mulet et de transports sur charrettes, qui élèvent son prix à 4<sup>f</sup>,20 et 4<sup>f</sup>,50, soit 20 à 21<sup>f</sup>,65 la tonne rendue.

La mine de Rivernert, dans le terrain silurien inférieur, appartenant à MM. Schmid et Delrieu, a produit, en 1866, 3,000 à 4,000 tonnes de mineraï. Celui-ci, rendant 50 à 42 p. 0/0 de fonte, est livré en gare de Saint-Girons à raison de 7 à 8 fr. la tonne. C'est un fer oligiste, quelquefois cristallisé, renfermant aussi de l'hématite brune manganésifère. Un échantillon analysé à la Faculté des sciences de Marseille a fourni 47,53 p. 0/0 de fer et 4,27 p. 0/0 de manganèse, avec une gangue presque exclusivement siliceuse. Il est expédié à quelques usines hors du département, entre autres à celles d'Aubin.

La minière d'Alzein, dans le terrain dévonien, fournit des hématites brunes manganésifères analogues à celles de Rancié, qui rendent 44 p. 0/0 au haut-fourneau. On en extrait 4,000 à 5,000 tonnes par an.

La minière de Ferrières, près de Pamiers, actuellement abandonnée, a été exploitée en dernier lieu par M. Palotte, et a fourni seulement 1,000 à 1,500 tonnes de minerais oligistes et hématites brunes.

D'autres gisements inexploités assez nombreux se trouvent encore dans l'Ariège, attendant que des voies de communication économique viennent leur permettre de descendre dans les plaines, pour se diriger vers les usines des départements voisins.

A Pamiers, se trouvent deux hauts-fourneaux merchant alternativement au bois et au coke et produisant, l'un 8,000 kilog., l'autre 6,000 kilog. par jour. A Berdoulet, un haut-fourneau au coke produit 25 tonnes par jour. Ces usines consomment exclusivement les minerais de Rancié. Les consommations de combustible sont les suivantes par tonne de fonte d'affinage : pour les fontes au bois, 6 1/2 mètres cubes de charbon ; pour les fontes mixtes, 3 1/2 mètres cubes de charbon et 800 kilog. de coke ; pour les fontes au coke, 1,150 kil. de coke.

La Société métallurgique de l'Ariège va prochainement mettre en feu, à Tarascon, un fourneau qui produira 30 tonnes par jour.

Les fontes de l'Ariège sont d'excellentes fontes acierées, grises ou miroitantes.

MINERAIS ET USINES DE L'AUDE ET DES PYRÉNÉES-ORIENTALES.—On trouve dans le département de l'Aude deux groupes de gisements de minerais de fer, l'un à la Caunette, dans la Montagne-Noire, l'autre dans les Corbières. Nous avons déjà parlé, à propos des usines de Givors, des minerais de la Caunette ; ceux des Corbières sont, en général, plus riches en manganèse. Ces gisements qui se trouvent dans les terrains de transition, fournissent des minerais de qualité supérieure pour la fabrication des fers fins et des aciers ; malheureusement, ils ne sont pas assez à portée du chemin de fer, et les minerais ne peuvent arriver dans les gares que chargés de frais de charroi déjà considérables. Les hauts-fourneaux de l'Aude sont actuellement éteints, si nous sommes bien informé.

Les Pyrénées-Orientales sont très-riches en minerais de fer ; on trouve des gisements sur les deux versants du mont Canigou. Ce sont les gisements des environs de Prades à l'Ouest, et ceux de Batère à l'Est. Ces derniers, parmi lesquels se trouvent la célèbre mine de Las-Indis, appartenant à M. de Vogué, et celle de Villafranca, sont, malgré leur puissance et leur richesse, d'une inutilité absolue pour la sidérurgie française ; on peut à peine y arriver avec des mulets, et les minerais ne sont employés que pour quelques forges catalanes des environs. Les gisements des environs de Prades, au contraire, peuvent être plus facilement abordés, et les minerais peuvent actuellement arriver au prix de 17<sup>f</sup>,50 la tonne rendue en gare à Perpignan, prix encore trop élevé pour permettre l'exportation au loin, mais qui baissera notablement, lorsque le chemin de fer en construction, de Perpignan à Prades, pourra être mis en exploitation. Ils sont, du reste, consommés sur place par les hauts-fourneaux de Ria, de Fuilla, de Villeneuve de Conflans. Les minerais se trouvent en filons intercalés dans des calcaires et des schistes appartenant aux terrains de transition inférieurs ;

ce sont des fers spathiques, des mines douces, des fers oligistes et même des fers oxydulés. Les principales mines sont celles de Thorrens (fer spathique), de Fillols, de Vernet, de Sahorre, d'Oms. Nous avons déjà donné l'analyse du mineraï de Sahorre ; voici celles de Thorrens et de Fillols (mine douce), les deux minerais employés aux fourneaux de Ria, d'après MM. Petitgand et Ronna :

	Thorrens.	Fillols.
Protoxyde de fer . . . . .	64,70	*
Peroxyde de fer . . . . .	*	77,88
Oxyde de manganèse . . . . .	4,06	6,64
Quartz et argile . . . . .	4,34	5,08
Chaux . . . . .	0,21	0,61
Magnésie . . . . .	*	traces
Eau et acide carbonique . . . . .	31,93	44,56
	99,26	101,77
Fer à l'essai . . . . .	43,21	54,50

Les riches et abondants minerais des Pyrénées-Orientales joueront un jour un rôle très-important dans la sidérurgie française, lorsque des moyens de transport plus faciles et plus économiques leur seront assurés ; ils peuvent transformer complètement la fabrication des usines des bassins d'Aubin et du Gard et amener peut-être la création d'usines dans le bassin de Graissessac. Actuellement, ils alimentent surtout les deux fourneaux de Ria, appartenant à MM. Holtzer, Dorian, Jacomy et C<sup>ie</sup>, qui ont été construits en 1857 ; ces deux fourneaux, de petites dimensions, autrefois soufflés par des trompes, maintenant par des soufflantes horizontales, produisent surtout des fontes miroitantes, dont on voit de très-beaux spécimens à l'Exposition, et des fontes rubanées. Les premières sont expédiées aux aciéries d'Unieux et de Pont-Salomon (Loire) ; les secondes sont employées par diverses forges pour la fabrication des blindages. Voici l'analyse d'une de ces fontes rubanées de Ria :

Manganèse . . . . .	0,36
Soufre . . . . .	0,02

Silicium . . . . .	0,71
Carbone combiné . . . . .	1,22
Graphite . . . . .	3,12
Fer . . . . .	94,14
Corps non dosés et pertes . . .	0,43
	<hr/>
	100,00

Les départements de notre groupe ont produit, d'après la statistique officielle, en 1864 :

28,773 tonnes de fonte au charbon de bois;  
43,072 tonnes de fonte au coke;  


---

71,845 tonnes en tout.

D'après les Bulletins du Comité des forges, ils ont produit :

En 1865. . . . . 63,054 tonnes en tout;  
 En 1866. . . . . 66,900 tonnes.

#### RÉSUMÉ.

Si on étudie la production de la fonte en France depuis 1855, date de la dernière Exposition à Paris, jusqu'à 1866, on trouve les chiffres suivants :

Années.	Production totale de fonte.	Production de fonte au bois.	Proportion de fonte au bois.
1855	849,296 tonnes	360,818 tonnes	42 p. 0/0
1856	923,147	374,983	40
1857	992,332	373,279	37
1858	871,556	326,314	37
1859	864,299	333,457	38
1860	898,353	316,500	34
1861	966,895	276,018	33
1862	1,090,838	273,893	25
1863	1,156,873	256,115	22
1864	1,212,751	224,510	18
1865	1,168,300	221,200	18
1866	1,253,100	213,000	17

Ainsi, dans cet espace de temps, la production totale a augmenté de moitié, tandis que la proportion de fonte au combustible végétal est descendue de 42 p. 0/0 à 17 p. 0/0.

D'après les Bulletins du Comité des forges, la production totale de fonte a été :

En 1865 . . . . . 1,200,320 tonnes.

En 1866 . . . . . 1,252,654 tonnes.

Si nous répartissons ce dernier chiffre entre nos différents groupes en y indiquant les nombres de fourneaux au bois et au coke, d'après nos tableaux partiels, nous pouvons établir le tableau général suivant :

	Nombre de tonnes.	Hauts-fourneaux au bois.	Hauts-fourneaux au coke pur ou mélangé.
Groupe du Sud-Est . . . .	356,299	6	56
Groupe de la Moselle . . .	256,546	10	62
Groupe de Comté . . . .	74,890	36	8
Groupe des Alpes . . . .	5,000	8	*
Groupe de Champagne . .	163,731	62	50
Groupe du Nord . . . .	173,221	*	25
Groupe du Centre . . . .	128,876	30	24
Groupe du Nord-Ouest . .	23,489	11	14
Groupe du Sud-Ouest . .	66,900	34	18
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	1,252,652	197	257

On remarquera, à partir de 1860, une diminution rapide dans la proportion et dans la quantité absolue de fonte au bois fabriquée, en même temps que la quantité totale de fonte s'accroît. La cause de ce fait ressort tout entière à l'Exposition, et, nous l'espérons du moins, aussi dans la revue que nous venons de faire des usines françaises. La fabrication des fontes au coke a fait des progrès considérables. On en produit maintenant dans divers groupes qui rivalisent avec les fontes au bois les plus réputées du Berry, du Périgord et de Comté. Cette qualité supérieure obtenue avec le coke est due à l'introduction dans les lits de fusion de quantités plus ou moins grandes des minerais riches et manganésés du bassin méditerranéen, des Pyrénées, du Nassau ou de la côte nord de l'Espagne. Cette importation est générale, ainsi qu'on a pu le voir ; nous avons trouvé des minerais étrangers dans six groupes sur neuf : la Moselle et la Champagne seules restent fidèles au minerai indigène.

Non-seulement le mélange des minerais étrangers avec nos minerais indigènes a permis de fabriquer au coke des fontes de qualité comparable à celle des fontes fines au bois, mais il a encore permis d'obtenir des qualités de fonte qu'on ne pouvait fabriquer, sauf une ou deux rares exceptions avec les minerais indigènes. En 1855, aucun haut-fourneau n'aurait pu fabriquer des fontes grises à Bessemer ou des fontes miroitantes; actuellement on peut en obtenir, et on en obtient, dans le groupe Sud-Est, dans le Centre, dans le Nord, dans la Comté, grâce aux minerais étrangers. Une ou deux usines des Pyrénées seules en fabriquent avec des minerais indigènes.

L'importance de l'introduction des minerais étrangers en France est le premier fait saillant qui ressort de notre étude des usines françaises. Un second fait, non moins capital, c'est la spécialisation apportée dans la fabrication des fontes; les mêmes usines livrent des fontes d'affinage pour fer très-ordinaire, pour fer ordinaire, pour fer amélioré, pour fer supérieur, pour fer fin, pour fer extra-fin; des fontes pour la fabrication de l'acier au bas-foyer, de l'acier puddlé, de l'acier Bessemer, fabriquées dans le même haut-fourneau, au moyen de changements dans les dosages de minerais. La fabrication de la fonte, au lieu d'être une affaire de routine laissée aux conducteurs, ou maîtres-fondeurs belges ou anglais, comme naguère, est maintenant étudiée et dirigée par des ingénieurs qui peuvent s'aider de toutes les ressources de la chimie et de la physique industrielle.

Nous quitterons maintenant les usines à fonte françaises pour étudier celles de la Grande-Bretagne.



LES  
FILONS ET LES MINES  
DU HARTZ

PAR

**M. A. BURAT**

Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures





LES  
FILONS ET LES MINES  
DU HARTZ

---

Le Hartz est une contrée classique pour tout ingénieur qui veut étudier les mines métalliques ; l'Erzgebirge seul lui dispute ce rôle important. Si l'on ne consultait que le chiffre des produits, les districts métallifères de l'Angleterre, le Cornwall, le Cumberland, etc., se présenteraient certainement en première ligne ; mais ce qui donne précisément un plus grand intérêt au Hartz, ce sont les difficultés résultant du peu de richesse des minerais et de leur position dans une région montagneuse qui n'a pas d'autre industrie.

Il n'est pas de contrées où les méthodes pratiques d'exploitation et les théories scientifiques, souvent appelées à les guider, n'aient été l'objet d'études aussi persévérandes. L'examen des travaux du fond et du jour atteste cette étude ; partout l'ordre et la méthode contrastent avec les aspects provisoires et désordonnés de la plupart des établissements similaires en Cornwall, partout on trouve des enseignements utiles.

On peut suivre les traces et les annales des exploitations du Hartz au-delà de trois siècles, et bien que les exploitations aient dû traverser des moments difficiles pendant cette longue période, on n'a jamais cessé de poursuivre les travaux souterrains qui présentent aujourd'hui le réseau le plus vaste et le plus complet qui existe.

Les documents exposés permettent d'apprécier dans ses détails la situation des mines du Hartz.

Le Hartz est un îlot montagneux composé de terrains de transition formant une protubérance elliptique qui domine les terrains secondaires de l'Allemagne septentrionale. De temps immémorial, cette gibbosité montagneuse, sillonnée de vallées profondes et couverte de forêts, a été signalée comme une contrée tout à fait distincte de celles qui l'environnent ; les poètes et les romanciers y ont placé des scènes fantastiques et le pèlerinage des sommités granitiques du Brocken, point culminant élevé de 1,123 mètres, est encore pratiqué par les touristes en mémoire des anciennes légendes.

Le Hartz présente plusieurs districts miniers, sillonnés de filons métallifères, dont le plus important est celui de Clausthal et Zellerfeld. Ces deux villes, depuis longtemps réunies en une seule, ont été construites près des filons principaux.

De 1525 à 1573, on établissait déjà quatre galeries d'écoulement destinées à l'assèchement des travaux souterrains. Ces galeries servaient, en outre, à créer des forces motrices. En réunissant les eaux pluviales dans des réservoirs à portée des puits d'extraction, on pouvait diriger des courants d'eau vers ces puits et les faire sortir par les galeries d'écoulement, en utilisant la chute au moyen de roues hydrauliques ou de machines à colonne d'eau.

Ces premières galeries existent encore, elles figurent sur un plan remarquable qui représentait, à l'Exposition universelle, les grands travaux établis pour l'aménagement des eaux et la création des forces motrices au moyen des galeries d'écoulement successivement exécutées.

La grande galerie d'écoulement, dite Georges, fut commencée en 1777 et terminée en 1799 ; son développement, y compris les branches latérales, est de 10,960 mètres. Cette galerie passe en moyenne à 300 mètres en contrebas des orifices des puits principaux situés aux environs de Clausthal et Zellerfeld. Elle a permis d'établir des machines à colonne d'eau pour assécher les travaux très-étendus qui se trouvent déjà au-dessous de ce niveau.

Ce grand travail, qui avait exigé 22 ans, était à peine fini, que déjà on s'occupait d'une solution plus radicale de la question d'assèchement par le projet d'une nouvelle galerie qui déboucherait à Gittelde, dans le Brunswick. Cette galerie exigeait beaucoup de temps et d'argent, et l'on créa pour l'attendre une galerie située à 140 mètres plus bas que la galerie Georges, qui servit à la fois de réservoir pour les eaux inférieures épuisées par les machines à colonne d'eau, et en même temps de canal souterrain pour le transport des minerais.

Cette galerie navigable fut successivement développée jusqu'à une longueur de 6,844 mètres ; elle fut tracée de manière à devenir plus tard la section extrême de la grande galerie d'écoulement.

La grande galerie, dite Ernest-Auguste, fut commencée en 1851, auprès de Gittelde, c'est-à-dire à la base même de la protubérance formée par le Hartz. Elle passe à 440 mètres en contrebas des orifices des puits principaux. Elle a été terminée et solennellement inaugurée en 1864.

Son développement est de 16,794 mètres et, en y comprenant la galerie navigable précédemment exécutée, ce développement atteint le chiffre de 23,638 mètres.

La galerie Ernest-Auguste a une hauteur de 2<sup>m</sup>,70 et une largeur de 1<sup>m</sup>,90, soit une section de 5 mètres carrés. Sa pente est de 0<sup>m</sup>,017 par mètre.

L'artère principale, de Gittelde au puits Schreibfeder, près Zellerfeld, a une longueur de 10,864 mètres (dont 3,081 mètres ont dû être maçonnés) ; elle a été entreprise sur 10 points différents, au moyen de 18 chantiers et achevée en 12 années et 10 mois.

Le prix de revient et le temps de l'exécution sont deux éléments d'un grand intérêt, aujourd'hui surtout que l'on cherche souvent à établir des comparaisons avec les résultats obtenus par le travail mécanique, notamment dans le percement du Mont-Cenis. La galerie Ernest-Auguste a

été, en effet, exécutée dans des conditions d'une grande urgence, surtout pendant les dernières années ; on a donc employé tous les moyens qui pouvaient en accélérer le percement. Nous trouvons les appréciations suivantes dans les notes intéressantes de l'ingénieur Graff :

« Au commencement de l'entreprise, chaque chantier fut occupé par neuf ouvriers mineurs, dont trois travaillaient ensemble et faisaient des journées de huit heures. Comme chaque ouvrier perçait en moyenne 3 trous de mine dans sa journée, les neuf ouvriers en perçaient 27 et, par conséquent, 126 dans les six jours de la semaine.

« Lorsqu'en 1856, la nécessité de hâter l'achèvement de la galerie devint plus impérieuse, on organisa des postes de mineurs d'une durée de six heures avec un personnel de douze ouvriers, en supprimant les deux heures employées auparavant pour prendre la nourriture et du repos ; et, malgré la différence dans la durée des journées, on exigeait, cependant, la même somme de travail que dans les journées de huit heures. On perçait donc tous les jours 36 trous, et comme on travaillait aussi les dimanches, on perçait par semaine  $36 \times 7 = 252$  trous. Comme l'effet répondit à l'attente qu'on avait conçue, on fit ensuite un pas de plus, en supposant qu'un mineur fort et robuste pouvait percer en quatre heures les trois trous de mine exigés, si on le dispensait de s'occuper des travaux accessoires. On introduisit donc, en 1861, des journées d'une durée de quatre heures, mais de manière qu'un des ouvriers qui avait été occupé pendant quatre heures à la massette, restait encore deux heures pour effectuer le déblayage du chantier, etc., et qu'un des ouvriers du poste suivant commençait sa journée deux heures plus tôt que ses camarades.

« Pendant cet arrangement, on perçait, dans les vingt-quatre heures, 54 trous, et par semaine 378 trous.

« Enfin, dans les trois semaines qui précédèrent le dernier percement que l'on désirait effectuer au plus vite, on

prit des dispositions qui, à la vérité, n'ont pu être réalisées que par des efforts excessifs de la part des ouvriers, mais qui eurent pour résultat de percer chaque jour 72 et même quelquefois jusqu'à 90 trous, et, par conséquent, de 500 à 600 trous par semaine.

« Dans les sept jours de la semaine, à six heures de travail par poste, on avançait de 4 mètres dans le grauwackenschiefer, d'une dureté moyenne, ce qui porte l'avancement annuel, en comptant 50 semaines de travail, à 200 mètres.

« Pour terminer les détails sur l'exécution de la galerie dont il s'agit, il nous reste encore à faire connaître les causes particulières qui ont contribué à mener si promptement à bonne fin cette grande entreprise.

« Parmi ces causes, il faut citer en première ligne les admirables opérations géométriques de M. Barchers, markscheider (géomètre de mines), à Clausthal, qui ont précédé la mise à exécution de ce travail difficile et compliqué et lui servirent de base. — En effet, comment pourrait-on refuser son admiration à un géomètre, dont les indications ont été telles, que sur neuf différents points de percement de deux galeries avancées l'une vers l'autre, le plus grand écart dans la direction n'a pas dépassé 4 centimètres et la plus grande erreur dans les niveaux n'a pas excédé 7 millim., en observant, d'ailleurs, que l'une des galeries était toujours montante, tandis que l'autre était descendante. Il est vrai que la jonction des bouts de deux galeries prises en particulier a été beaucoup facilitée par l'emploi d'un aimant de 100 kilog. dont on s'est servi, quand les deux galeries à faire communiquer se trouvaient convenablement rapprochées. La distance à laquelle ce puissant aimant placé dans une des galeries agissait sur une aiguille aimantée sensible placée dans l'autre, s'élevait à environ 20 mètres.

« Ce qui paraît encore avoir contribué aussi au prompt achèvement de la galerie dont il s'agit, c'est l'introduction de conduits d'air en zinc, empruntés pour l'établisse-

ment de la galerie Ernest-Auguste, aux mines de Mansfeld. Ces conduits ont été reconnus tellement supérieurs à ceux en bois ou en fonte de fer, dont on se servait auparavant, qu'ils sont aujourd'hui généralement employés dans les mines du Hartz. Avec ces tuyaux, on a pu conduire l'air sur une longueur de plusieurs kilomètres, tandis qu'avec les conduits, anciennement employés, on ne pouvait pas dépasser, à section égale, une longueur de 1,200 mètres.

« Les frais de la galerie Ernest-Auguste se sont élevés, jusqu'à la fin du mois de juin 1864, à la somme de ..... 1,855,126<sup>f</sup>,45

« Dont voici les détails :

1 <sup>o</sup> Salaire aux ouvriers pour avancement de la galerie et fonçage de deux puits de secours..	882,405 <sup>f</sup> ,12
2 <sup>o</sup> Frais d'élargissement pour recevoir la maçonnerie, et entretien de la galerie.....	160,248 ,39
3 <sup>o</sup> Frais de roulage et d'extraction.....	138,811 ,87
4 <sup>o</sup> Frais d'entretien des machines d'épuisement.	18,280 ,40
5 <sup>o</sup> Achat de machines et de matériaux.....	502,588 ,12
6 <sup>o</sup> Redevances et contributions à la caisse de secours des mineurs.....	39,923 ,86
7 <sup>o</sup> Dépenses diverses....	112,868 ,69
Total.....	1,855,126 <sup>f</sup> ,45
« A cette somme, il faut encore ajouter :	
« Pour terminer la maçonnerie dans la galerie principale .....	49,874 ,12
« Pour terminer la galerie à travers	

bancs, dirigée vers Bockwiese, dont 210 mètres restaient encore à faire à la fin du mois de juin 1864, évalués à.....	232,500 ,00
« Pour exécuter la galerie à travers bancs vers Iberg (1,100 mètres), évalués à	<u>121,000 ,00</u>
« Les dépenses, pour établir la galerie Ernest-Auguste, avec ses accessoires, non compris la somme que la profonde galerie d'eau a absorbé, s'élèvent donc à.....	2,258,500 ,57
« Les dépenses de la galerie d'eau s'é-lèvent à.....	<u>1,011,401 ,25</u>
« Il y a, par conséquent, une dépense totale de .....	3,269,901 ,82

« Le prix moyen de chaque mètre d'avancement de la galerie Ernest-Auguste, y compris la poudre, dont le kilog. a été payé 2 fr. 50, a été, en frais d'ouvriers seulement, 70 fr. 63 ; mais si l'on fait peser proportionnellement tous les frais sur chaque mètre d'avancement, le tout s'élève à 153 fr. 90.

« On a employé en moyenne 7<sup>k</sup>,375 de poudre par mètre courant. »

La galerie Ernest-Auguste n'a pas seulement, pour les mines du Hartz, l'importance d'une galerie d'écoulement passant à 360 et 400 mètres au-dessous de la surface et donnant une issue naturelle aux eaux d'infiltration que les travaux souterrains rencontrent dans toute cette épaisseur, elle offre encore un moyen nouveau et des plus énergiques pour l'approfondissement. Les eaux reçues à l'orifice des puits et dégagées à 360 et 380 mètres en contre-bas, deviennent, en effet, des forces motrices uniques au monde.

Déjà l'Administration des mines fait procéder à l'excavation d'une profonde galerie d'eau, établie à 240 mètres en contre-bas, de la galerie Ernest-Auguste ; cette galerie recoupant à plus de 600 mètres les filons principaux,

permettra de donner aux travaux d'exploitation une extension exceptionnelle, et, suivant l'expression de M. Graft, les ingénieurs considèrent cette galerie comme assurant une ère nouvelle de grandeur et de prospérité pour les usines de l'Ober-Hartz.

Mais cette profonde galerie doit-elle même être assurée par des moyens d'exhaure énergique. Deux machines à colonne d'eau sont en voie d'exécution pour prendre les eaux dans la galerie profonde et les rejeter 240 mètres plus haut, dans la galerie Ernest-Auguste.

On voit par ces détails que tout l'avenir des mines du Hartz se trouve dans la poursuite des filons en profondeur, de telle sorte que le succès des travaux souterrains se trouve subordonné à une théorie souvent controversée. Les filons métallifères se maintiendront-ils dans les mêmes conditions de richesse, à mesure que l'on descendra en profondeur? Ne doit-on pas craindre des appauvrissements, dont l'histoire des mines métalliques offre de nombreux exemples?

La géologie du Hartz a été l'objet d'études incessantes de la part des ingénieurs des mines; elle présente d'autant plus d'intérêt qu'elle reste à peu près dégagée des considérations paleonthologiques qui ont envahi la science et qu'elle a eu pour but principal la nature minéralogique des roches, les influences métamorphiques, la structure, l'allure et la composition des filons. Ces divers sujets sont assez vastes pour avoir donné du travail à plusieurs générations d'ingénieurs; ils avaient, d'ailleurs, l'avantage d'une application utile dans l'industrie du pays.

Les montagnes centrales et culminantes de Brocken et de Rosstrap sont granitiques, leur base étant enveloppée de zones très-restréntes et non continues de gneiss et de micaschiste. La roche la plus métamorphique qui se trouve le plus souvent au contact de granite, est une roche spéciale, compacte, dite *Hornfels*, d'apparence souvent porphyrique ou trappéenne, qui forme des pics et des protubérances rapprochées de granite. Plusieurs de ces pics,

aux environs du Brocken, formés de débris à la manière de certains pics éruptifs, semblent annoncer les formes les plus hardies, écroulées sur elles-mêmes.

Les terrains de transition stratifiés en couches inclinées entourent de leurs zones continues les protubérances des masses soulevées ; ils comprennent deux étages distincts, celui des schistes argileux et celui des grauwackes. Le développement des schistes argileux commence par des schistes siliceux, *Kieselschiefer*, et se termine par des alternances avec les grauwackes et quelques banes calcaires ; les grauwackes commencent de même par des quartzites, et se terminent en alternant avec les calcaires dévonien.

Les roches siliceuses, qui commencent ainsi chacun des étages, sont considérées comme des roches métamorphiques. L'origine des *Kieselschiefer* a été attribué à des dissolutions siliceuses qui ont pénétré les schistes. Quant aux quartzfels, ce sont évidemment des grès modifiés. Le long plateau du Bruchberg, situé entre la région des grauwackes de Clausthal et la région granitique du Brocken met en évidence cette concordance entre la nature métamorphique de ces roches et leur position soulevée autour du massif des roches éruptives.

En parcourant le Hartz, on reconnaît aussi que la disposition et la nature minéralogique des roches stratifiées est toujours subordonnée aux masses granitiques qui apparaissent ainsi comme des centres de soulèvement et d'actions métamorphiques ; mais on reconnaît aussi que l'ensemble présenterait plus de simplicité et d'unité, si d'autres roches éruptives n'en avaient compliqué la structure et la composition. Ces roches sont des amphibolites, souvent désignées sous les dénominations de *Grunstein*, *Diorites*, *Pyroxeneistein*. Ces amphibolites d'un vert noirâtre, cristallines et quelquefois radiées forment principalement une ligne d'éruption transversale, depuis les environs de Lerbach, jusqu'au-delà d'Altenau, ligne interrompue par le massif granitique de Ziegenrucke, mais

qui se retrouve au-delà de ce massif, vers Goslar et Harzburg. Elles se retrouvent encore en gîtes sporadiques, notamment à Andreasberg.

Les amphibolites jouent un rôle essentiel au Hartz, elles ont modifié les roches qu'elles ont traversées ; en les pénétrant d'oxyde de fer, elles ont produit des roches de contact défigurées sous les dénominations de *Blatterstein* et *Mandelstein*, que l'on est souvent fort embarrassé de classer, soit comme roches éruptives, soit comme roches métamorphiques, et qui doivent être assimilées aux *Schallstein* du Nassau et aux *spillites* des Alpes.

Les roches amphiboliques du Hartz traversent les schistes et les grauwackes, y pénètrent sous forme de dykes, empâtent des fragments, coupant ou clivant les plans de stratifications. Bien différentes des roches granitiques qui semblent soulevées de manière à relever autour d'elles les dépôts stratifiés, les diorites ont évidemment fait éruption à travers les stratifications inclinées des dépôts déjà soulevés. Les transformations minéralogiques, qui ont été la conséquence de ces éruptions, donnent aux roches qui les environnent un intérêt tout particulier ; elles paraissent surtout avoir une liaison intime avec les phénomènes qui ont donné naissance aux gîtes métallifères.

Pour les minerais de fer, la liaison est évidente : les gîtes exploités en un grand nombre de points, notamment aux environs d'Altenau, se trouvent au contact des roches éruptives, dans les roches métamorphiques. Cette position subordonnée se lie à ce fait, que les grunsteins éruptifs sont eux-mêmes chargés de fer au point d'en contenir 10 et 15 p. 0/0, et que sur quelques points l'oxyde de fer s'isole en zones concentriques, alternant avec les zones d'amphibolite fibreux.

Quant aux minerais de plomb, de zinc, de cuivre et d'argent, qui ont rempli les filons de fracture, ils résultent des émanations métallifères qui ont succédé aux éruptions amphiboliques et qui ont rempli les fractures du sol, concurremment avec les diverses gangues.

Aux environs d'Andreasberg, les filons traversent les diorites de manière à démontrer cette postériorité des phénomènes métallifères.

Le groupe principal des filons du Hartz occupe, aux environs de Clausthal, un espace de 9 kilomètres de l'est à l'ouest, sur 7 kilomètres du nord au sud. Cet espace, qui constitue le champ de fracture, est sillonné de filons formant six faisceaux distincts, irrégulièrement parallèles, se ramifiant en certains points et s'infléchissant même jusqu'à se rencontrer.

Une carte détaillée, due à l'ingénieur Borchers, indiquait à l'Exposition la position et l'allure des filons des environs de Clausthal et Zellerfeld. Cette carte résume les faits reconnus par les travaux souterrains sur une étendue de 9,000 mètres de l'est à l'ouest, et de 7,000 du nord au sud, constituant ce que l'on appelle le champ de fracture. Le filon principal commence à Wildeman, passe sous Zellerfeld et se termine à 2 kilomètres environ à l'est de Clausthal, à la rencontre d'un autre filon, le Rosenbusstergang. Ce second filon se prolonge à l'ouest de Clausthal par une partie renflée et très-divisée, dite Rosenhoferzug, qui est un des points les plus riches. Plus au sud, le *Silbernaalergang* commence aux environs de Grund et se perd dans le même groupe de fissures infléchies, à l'approche de la zone des amphibolites.

Au nord du filon principal de Zellerfeld se trouve d'abord un système de fissures très-rapprochées, qui ont donné naissance à trois filons distincts, puis le filon de *Bockwieser*, qui est remarquable par sa puissance. Enfin, plus au nord, les filons de *Lauthenthal* et *Hannenkleer* terminent le groupe des cassures métallifères. Ce groupe comprend ainsi six filons principaux, courant de l'est à l'ouest (direction moyenne de 8 heures), en coupant le terrain de schistes argileux et de grauwackes, dont les couches fortement inclinées se dirigent comme les masses amphiboliques du N. 45° E., au S. 45° O.

Les filons s'arrêtent devant la zone des roches amphi-

boliques, qui court de Lerbach à Altenau, comme devant une barrière infranchissable.

La composition des filons de Clausthal et Zellerfeld varie dans des limites assez restreintes, elle se réunit aux caractères de forme et d'allure, pour indiquer que s'ils n'appartiennent pas strictement à la même époque de formation, ils se rapportent, du moins, à une même période. Cette composition générale peut être définie comme un remplissage bréchiforme des fentes, par des roches du toit et du mur, soudées par les gangues caractéristiques, parmi lesquelles dominent les spaths calcaires, la baryte sulfatée et le quartz, et par des minéraux qui sont principalement la galène, la blende et les pyrites.

Dans tous les filons situés vers le nord et à mesure qu'on s'éloigne dans cette direction, l'importance des gangues spathiques diminue et celle des gangues quartzées augmente ; la baryte sulfatée devient aussi plus rare ; parmi les minéraux, la galène devient moins argentifère et la proportion de blende augmente. Vers le sud, c'est, au contraire, la baryte sulfatée qui, parmi les gangues, prend plus d'importance aux dépens des carbonates, le quartz est éliminé, et quant aux minéraux, la blende disparaît, tandis que la galène devient plus argentifère. Le filon central de Zellerfeld forme, en quelque sorte, l'axe du système général et peut être considéré comme exprimant la composition moyenne par la réunion de toutes les gangues et minéraux, les deux extrêmes étant situées, l'un vers Lauthenthal, où les gangues quartzées dominent et où les blendes sont tellement abondantes, qu'elles éliminent souvent les galènes appauvries ; l'autre, au *Silbernaaler*, dont certaines parties sont composées presqu'exclusivement de baryte sulfatée, le mineraï dominant étant la galène très-argentifère.

Comment sont groupés les gangues et les minéraux ? Quelle est la proportion des minéraux et, par conséquent, la richesse des filons ?

L'Administration des mines du Hartz a cherché à fixer

nos idées sur ces points essentiels, en présentant une série de coupes détaillées, où la composition des filons en gangues et minerais est exprimée par diverses teintes, soit en plaçant à côté de chaque coupe les échantillons qui correspondent aux diverses teintes.

Ces coupes des filons du Hartz, prises aux plus grandes profondeurs bien reconnues par les travaux, sont reproduites planches 33, 34, 35 et 36.

De tous temps, les plus grandes profondeurs qu'on ait pu atteindre dans les filons, ont eu, pour les mineurs, un attrait tout particulier. Il semble que dans ces profondeurs, on pourra lire plus facilement les origines mystérieuses des filons et de leurs minerais. Les mines du Hartz ont atteint les plus grandes profondeurs que le travail humain ait pu creuser, elles nous montrent les filons à peu près tels qu'ils étaient dans les niveaux supérieurs, moins cristallins, moins géodiques ; ni plus riches ni plus pauvres. Les longues galeries d'allongement ouvertes à différents niveaux, montrent dans les filons une succession de zones riches, séparées par des zones pauvres ou stériles. Les zones riches offrant ainsi l'apparence d'événements spéciaux, que les émanations métallifères ont pu parcourir plus facilement, depuis les profondeurs inconnues d'où elles se dégageaient, jusqu'à la surface où elles achevaient de se condenser. Les zones stériles nous représentent, au contraire, les parties des filons-fentes les moins ouvertes et les plus immédiatement obstruées par l'écroulement des épontes ou par les gangues.

Chaque étude nouvelle arrive toujours à cette même conclusion : les filons sont des fentes ouvertes dans l'écorce terrestre, obéissant à toutes les modifications de forme et d'allure, à toutes les influences que peuvent présenter les fissures dans telle ou telle roche, dont les vides ont été postérieurement remplis par les émanations que M. Élie de Beaumont a si heureusement résumées dans un travail déjà ancien, mais qui est resté le type d'une étude complète.

Les coupes exposées par l'Administration du Hartz viennent à l'appui des théories aujourd'hui admises sur le mode de formation des filons.

La coupe du burgstädter Zug, planche 36, nous offre l'exemple d'une distension générale du terrain, formé par des strates alternants de grauwacke schisteuse et de schiste argileux. Cette distension, à l'endroit désigné, au quatorzième étage, a déterminé la formation de cinq filons distincts, dont l'ensemble occupe une largeur de 38 mètres.

Les puissances réunies des cinq filons forment environ la moitié de cet espace.

Le filon principal, *Kranichergang*, a 6 mètres de puissance ; il est au toit et semble s'être substitué à une couche de schiste argileux distendue et fissurée dans tous les sens.

Dans cette épaisseur de 6 mètres, le filon Kranich présente, comme élément dominant, le schiste argileux plus ou moins modifié et pénétré des éléments adventifs qui ont formé le remplissage et qui sont : le spath calcaire, le quartz, la galène, la pyrite et la blende.

Le spath calcaire forme au mur une zone rubanée d'un mètre d'épaisseur, avec axe en quartz géodique enveloppé de pellicules de galène ; le reste de l'épaisseur présente un enchevêtrement de schiste et de grauwacke fragmentaire enveloppé par des zones de quartz et de galène, qui ont une tendance à se rubaner, les zones galénifères ont de 0<sup>m</sup>,10 à 0<sup>m</sup>,25 et 0<sup>m</sup>,75. Le minerai y est mélangé de gangue et de pyrite, et la masse principale doit être bocardée.

Le filon du toit présente de beaux rubanements de spath calcaire avec assez de galène géodique, et de quartz ; à l'étage indiqué, il est réuni au Kranich par un filon oblique, *diagonal trunn*, dont le caractère principal est le quartz et la galène.

Le filon du mur est divisé en deux parties distinctes accolées, mais qui se sépare en d'autres points, de ma-

nière à former deux filons séparés : *Haupt-Gang* et *Israeler-Gang*. Le premier est parfaitement rubané, le spath calcaire y domine, et les zones quartzeuses qui alternent sont toutes assez riches en galène. Le second est une couche de schiste distendue et injectée des mêmes gangues et minéraux.

Ces quatre filons, qui forment le *Zug* ou faisceau de *Burgstadter*, sont séparés par des grauwackes parcourues de fissures remplies des mêmes gangues et des minéraux qui caractérisent les filons.

L'ensemble du *Zug* peut être considéré comme constituant un même filon puissant, sous forme de stockwerk, composé de parties rubanées, où les gangues et les minérais tendent à s'isoler, et de parties réticulées formées par les roches encaissantes, plus ou moins distendues et injectées des mêmes gangues et minéraux.

Le filon principal de Zellerfeld (pl. 35) présente des caractères tout différents :

Une fissure de 7 mètres, inclinée de 80 à 85 degrés, a été ouverte dans des alternances de schiste argileux et des grauwackes. Au niveau indiqué, elle a été remplie de manière à former trois filons distincts.

Au toit, le filon, dit *Kronkalenberger-Gang* comprend deux : la zone du toit, sorte de salbande remplie par du schiste argileux réticulé de quartz plombifère et de gangues spathiques, puis une zone dans laquelle s'isolent les zones spathiques sillonnées de veines ondulées de galène.

Le filon principal du mur a un tout autre caractère, il est fragmentaire. C'est une fente remplie de blocs et de fragments de grauwackes. D'abord incohérents, ces fragments ont été incrustés de quartz cristallin auquel a succédé la galène. Une dernière infiltration de quartz a complété le remplissage, de telle sorte que les blocs et morceaux de filon actuellement extraits et brisés offrent des zones concentriques de quartz et de galène, dont un fragment de grauwacke occupe toujours le centre.

Cette structure fragmentaire à zones concentriques de gangues et de minerais, n'est pas un fait nouveau dans l'histoire des filons. Le filon de la Chevrette, en Dauphiné, dans lequel des fragments anguleux de micaschiste ont été d'abord incrustés de quartz cristallin, puis enveloppés de fer spathique et de pyrites, est un exemple classique de cette structure, exprimée de la manière la plus saisissante par la coupe et par les échantillons du filon de Zellerfeld produits à l'Exposition.

L'exposition détaillée des minerais du Hartz a mis en évidence un autre enseignement, c'est le titre peu élevé de l'ensemble des minerais. Ce qui a établi d'une manière stable la production métallifère du Hartz, c'est principalement la perfection de la préparation mécanique qui extrait de ces minerais la partie utile.

Un autre filon, de la mine de *Hulfe-Gottes* (pl. 34), résume la structure des deux précédents, avec une composition notablement différente, les gangues dominantes étant le quartz et la baryte sulfatée, les minerais étant la galène, la blende et le fer spathique, le mur est composé d'alternances de schiste argileux et le toit de grauwacke rubéfiée.

L'ensemble est caractérisé par un rubanement très-prononcé, sous l'inclinaison de 78 degrés et les quatre filons dont se compose le faisceau offrent les caractères d'enchevêtrement les plus variés des gangues, des minerais et des roches encaissantes.

Le filon principal du mur, *Haupt-Gang*, est à la fois rubané et réticulé au mur, tandis que les minerais de l'axe prennent le caractère fragmentaire et zoné.

Le *Glucker-Gang* de Lauthenthal (pl. 33) est aussi riche en blende qu'en galène ; il est encaissé au mur par des calcaires dévoniens et au toit par des alternances de grauwackes et d'argiles schisteuses sillonnées par des veines de calcaire spathique. La gangue générale ou le spath calcaire sillonné de veines réticulées de quartz et de rubanements géodiques de galène et de blende. Deux

filons ou salbandes stériles composés de spath calcaire avec veines de quartz, isolent le filon métallifère du toit et du mur. Ces veines de quartz sont évidemment postérieures au spath calcaire et aux minerais ; en plusieurs points de la coupe, elles traversent et rejettent, en effet, les zones métallifères, comme le ferait un filon croiseur.

Le filon de Lauthenthal met en évidence l'action successive des phénomènes de remplissage, chaque élément nouveau ayant été amené à la suite de nouvelles fractures et de nouveaux vides.

C'est une sorte d'axiome dans un grand nombre de districts métallifères, que les gîtes s'appauvrissent en profondeur. Il pourrait donc paraître extraordinaire d'entreprendre des travaux aussi considérables, dont les produits rémunérateurs sont uniquement basés sur la richesse des filons à des profondeurs rarement atteintes par les travaux souterrains. C'est qu'il importe de ne pas accepter une opinion aussi dangereuse pour l'avenir des exploitations, sans bien se rendre compte des causes qui ont pu la déterminer.

La première de ces causes résulte du fait même de l'approfondissement des travaux. Supposons un filon de composition constante et médiocre, les parties supérieures de ce filon pourront donner des produits avantageux, l'exploitation est facile, les frais de toute nature sont à leur minimum et facilement compensés jusqu'à une profondeur de 100 et même 200 mètres. Mais, à mesure que les travaux s'étendent et s'approfondissent, les frais de roulage et d'entretien des travaux, les frais d'aérage, d'extraction et d'épuisement augmentent rapidement, tout est difficile et plus coûteux, et de 200 à 400 mètres de profondeur, les produits deviennent de moins en moins rémunérateurs ; de 400 à 600 mètres, niveaux actuels des travaux du Hartz, il faut, pour assurer les divers services, des dépenses croissantes, et l'entreprise peut facilement arriver à des pertes, sans que la composition moyenne se soit sensiblement appauvrie.

Nous venons de supposer une composition constante ; mais en admettant les variations habituelles de puissance et de richesse des filons, la situation devient bien plus difficile au point de vue de l'approfondissement. Rien n'est plus onéreux dans les exploitations métalliques que les travaux de recherches et les travaux préparatoires qui s'exécutent dans les roches stériles et qui exigent un temps considérable. A la dépense en argent et en temps, s'ajoutent tous les doutes sur les résultats de ces travaux qui peuvent ne rien trouver, de telle sorte qu'un moment de découragement peut déterminer l'abandon. Toutes les fois que cet abandon se produira, la conclusion naturelle sera, pour le plus grand nombre, l'appauvrissement ou l'épuisement du gîte.

Beaucoup de cas d'appauvrissement réel des filons en profondeur, résultent de plusieurs causes qui ne paraissent pas s'appliquer au Hartz.

Les métaux natifs, les chlorures, bromures, phosphates, arséniates et carbonates se rencontrent presque exclusivement dans les régions supérieures des filons, tandis que les sulfures constituent seuls les minerais en profondeur. Or, les premiers minerais sont plus faciles à exploiter et à traiter que les seconds, ils ont, par conséquent, plus de valeur et, suivant l'expression anglaise, *payent mieux*, c'est-à-dire sont plus rémunérateurs.

Les gangues des parties supérieures dans les gîtes métallifères sont très-souvent décomposées et d'un abattage facile. Le fait est tellement fréquent, que ces gangues des régions supérieures, chargées d'oxydes de fer, sont souvent désignées par des dénominations spéciales, le *gossan* des anglais, les *pacos* et *colorados* de l'Amérique méridionale. A mesure que l'on s'approfondit, les gangues deviennent plus dures, et lorsque le quartz y domine, la dureté des filons et les difficultés de l'abattage deviennent un obstacle plus coûteux à l'extension des travaux en profondeur.

Ainsi tout se réunit pour mettre obstacle à l'approfon-

dissement des mines, et les travaux du Hartz, établis sur des étendues considérables, à des profondeurs de 600 à 700 mètres, sont un exemple unique de persévérance. On l'apprécie, lorsqu'on se reporte aux grands travaux décrits précédemment : la galerie Ernest-Auguste, dont l'exécution a exigé 12 années et 3 millions, et la profonde galerie d'eau qui, avec les deux machines à colonne d'eau et le puits vertical où elles seront placées, exigera un complément de 6 années et 1,200,000 francs.

Grâce à cette persévérence, le puits le Samson d'Andreasberg a atteint la profondeur de 864 mètres, et les puits profonds de Clausthal atteindront bientôt 700 mètres.

Vers ces profondeurs exceptionnelles, les filons paraissent conserver leurs caractères habituels de puissance et de richesse, de telle sorte que les ingénieurs n'ont pas hésité à s'engager dans les travaux considérables qui assurent l'exploitation à ces niveaux.

La régularité de la production des mines du Hartz est une démonstration de l'uniformité générale des conditions de l'exploitation. Sans doute, le nombre des filons exploités et la grande étendue des travaux permettent d'établir, d'avance, pour les mines du Hartz, un budget des dépenses et des recettes, les mines les plus riches pouvant toujours venir compenser les déficits qui peuvent se produire dans les plus pauvres. Mais cet équilibre n'aurait pu être maintenu, par exemple, depuis 25 ans, si les conditions générales ne s'étaient bien maintenues.

La production des mines du Hartz est, en chiffres ronds :

Minerais aurifères et argentifères..	4,000 tonnes.
Galène.....	90,000 id.
Blende.....	1,500 id.
Pyrites, arsenic, etc.....	1,500 id.
Total des minerais.....	<hr/> 97,000 tonnes.

Les produits de ces minerais ayant été, pour 1864 :

Or.....	6 <sup>k</sup> ,125	21,082 francs.
Argent.....	10,215 ,735	2,268,498 id.
Plomb et titane.	4,612,700	2,073,037 id.
Cuivre .....	66,650	151,878 id.
Arsenic.....	10,000	3,956 id.
Blende, barytes, etc .....		70,000 id.
Total.....		4,588,371 francs.

Cette production a exigé le concours de 2,450 mineurs, d'environ 2,000 manœuvres sur les Haldes, laveurs, trieurs, etc. ; plus 420 ouvriers aux fonderies. Ensemble 4,880 ouvriers. Ce compte ne comprenant pas l'exploitation des minerais de fer et les forges, qui ont une certaine importance au Hartz.

La production des mines du Hartz est presque tous les ans la même, grâce à l'aménagement rationnel des chantiers, qui permet d'établir à l'avance le budget des dépenses et des recettes ; aussi, nous avons appris avec satisfaction que cet équilibre n'avait jamais été plus facile à maintenir. De très-belles zones métallifères, découvertes pendant ces dernières années, ont apporté une preuve de plus à la continuité des minerais en profondeur.

Il y a longtemps que nous avons cherché à démontrer la généralité de ce fait pour les minerais sulfurés, et les nouvelles découvertes obtenues au Rammelsberg, près Goslar, viennent encore à l'appui de nos arguments.

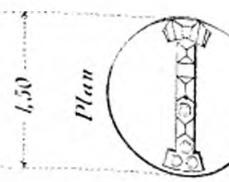
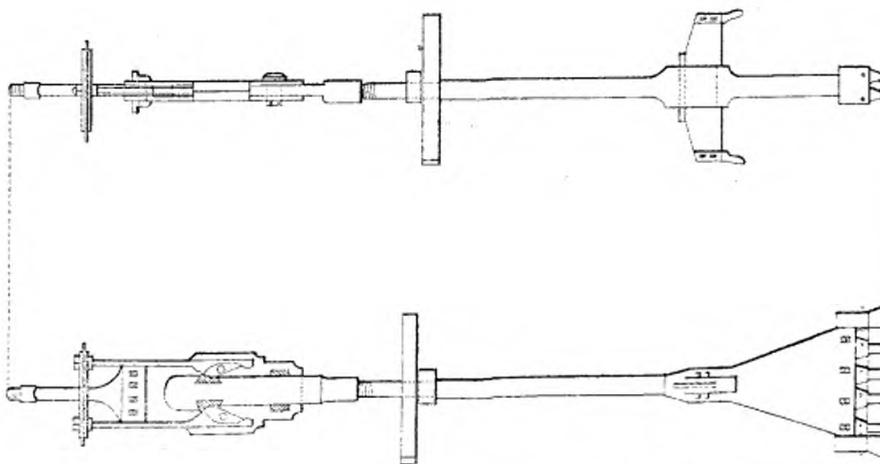
Le gîte du Rammelsberg pouvait être cité comme exemple d'un gîte lenticulaire, limité en profondeur aussi bien qu'en direction, malgré une puissance de 30 et 40 mètres. On a retrouvé en direction la suite de ce gîte, dans un autre plan de stratification des schistes argileux, de telle sorte que cette mine est aujourd'hui très-prospère. Sa production est actuellement de 400 tonnes de plomb, 250 tonnes de cuivre, 300 tonnes de zinc ou de sulfate de zinc, 1,000 kilogrammes d'argent et 4 à 5 kilog. d'or, le tout extrait du magmat métallifère le plus complexe et

le plus difficile à traiter. En produisant à l'Exposition la série de ces minéraux, puis des mattes, scories et produits obtenus par le traitement à Oker-Hütte, l'Administration des mines de Goslar a donné une preuve nouvelle de sa science métallurgique à laquelle nous sommes heureux de rendre un nouvel hommage.

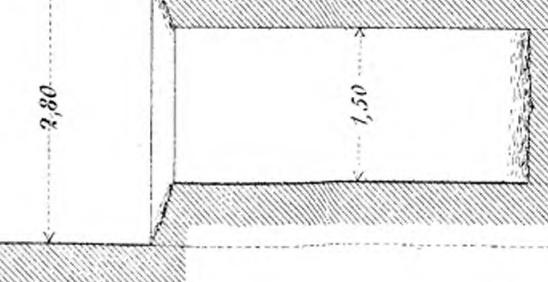
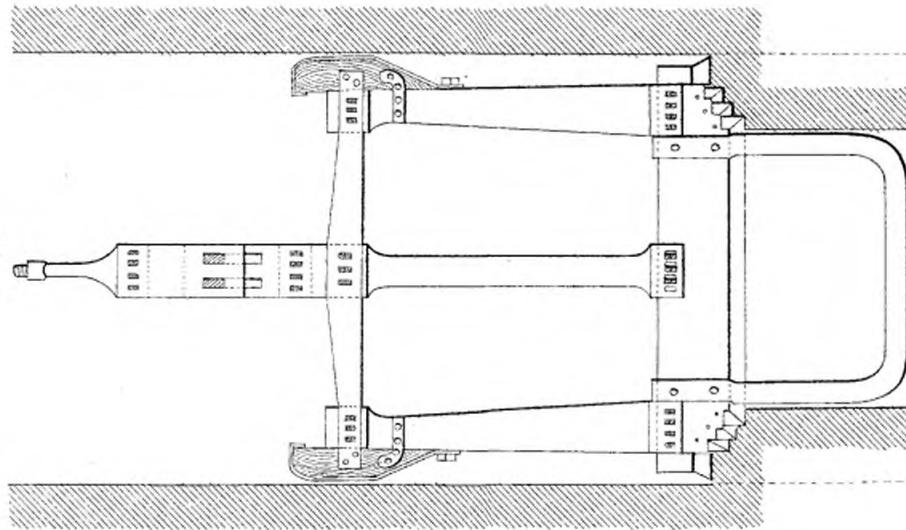


TREPANS D'UN DIAMÈTRE DE

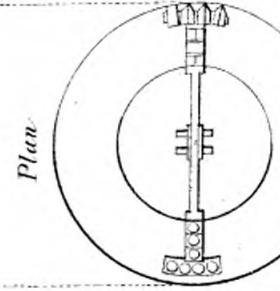
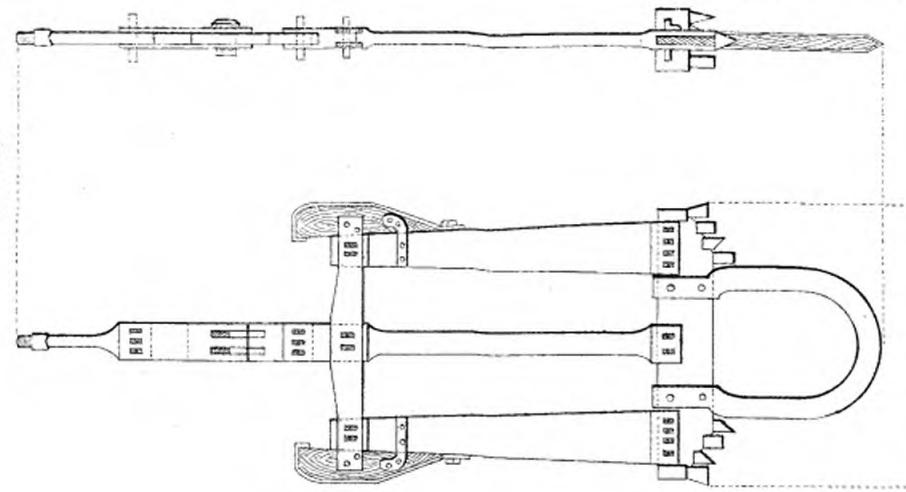
1<sup>m</sup> 50



4<sup>m</sup> 20

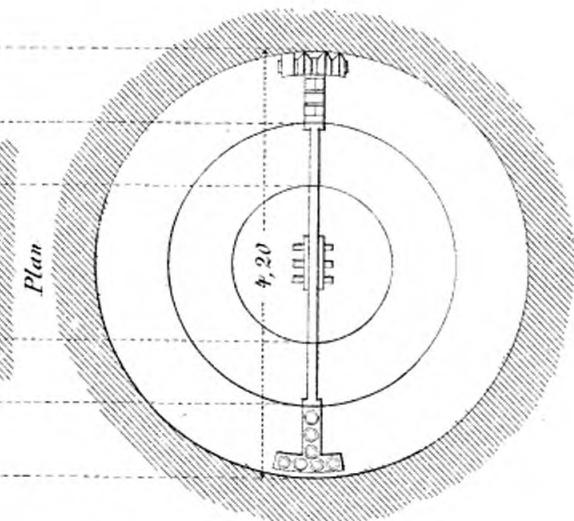


2<sup>m</sup> 80



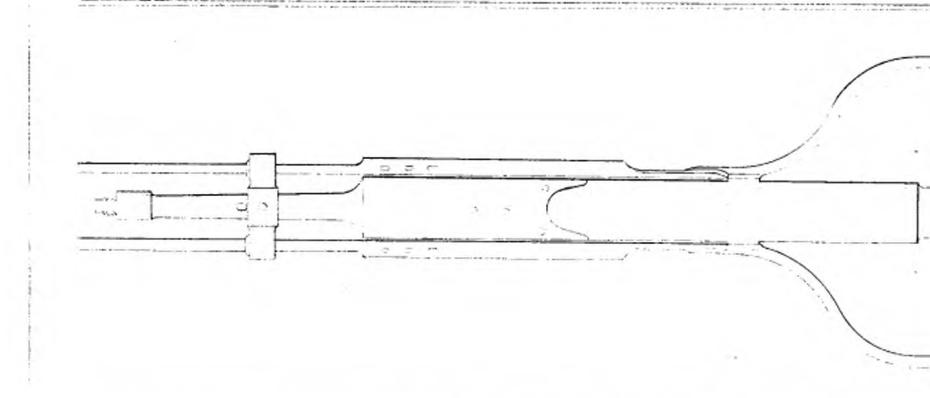
OUTILS DE SONDAGE AMÉLIORÉS  
POUR PUITS À GRANDE SECTION  
SYSTÈME KIND.

Echelle de 1/80.

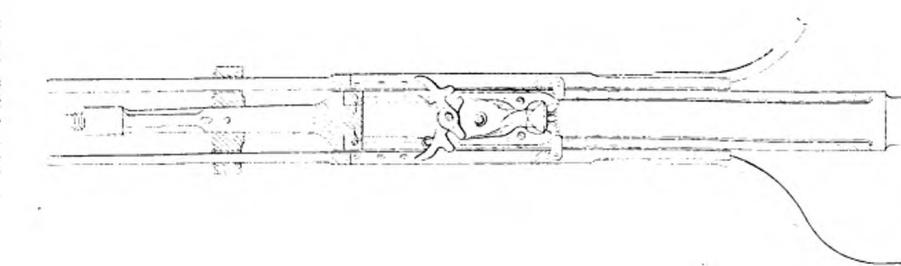




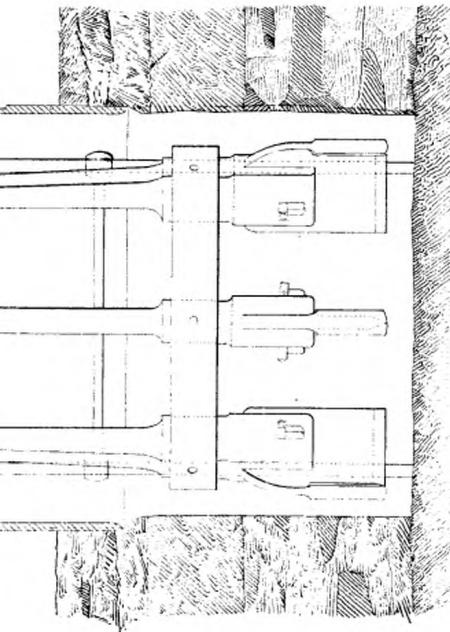
PUITS ARTESIEN  
de la place Heriot.



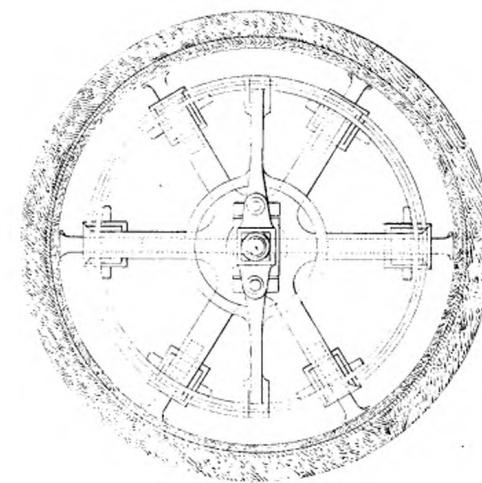
TRÉPANO à BRANCHES  
avec son appareil à châte libre  
pour forage de l'ordre de diamètre :



Imprimerie de G. Dumont, Liège.

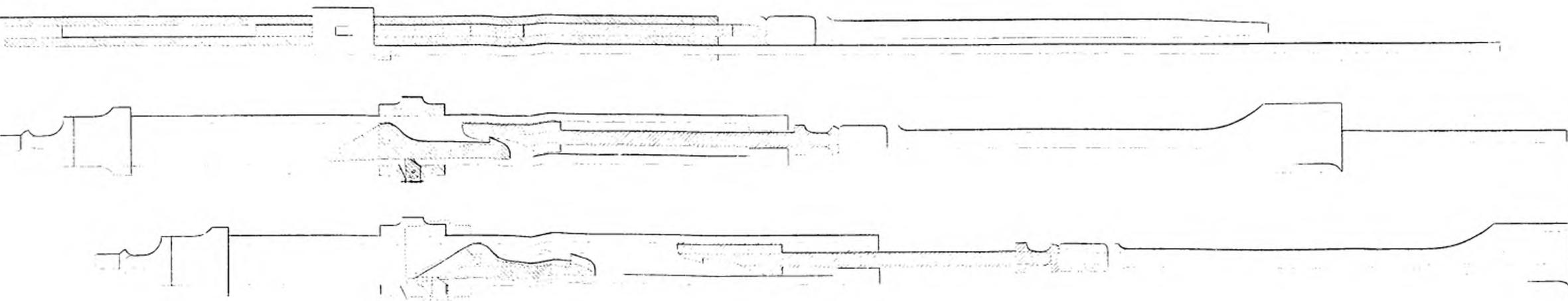


Outils de sondage  
Système  
degoussée et Laurent.



OUTILS À CHUTE LIBRE.

*Echelle de 1 mètre pour toutes.*

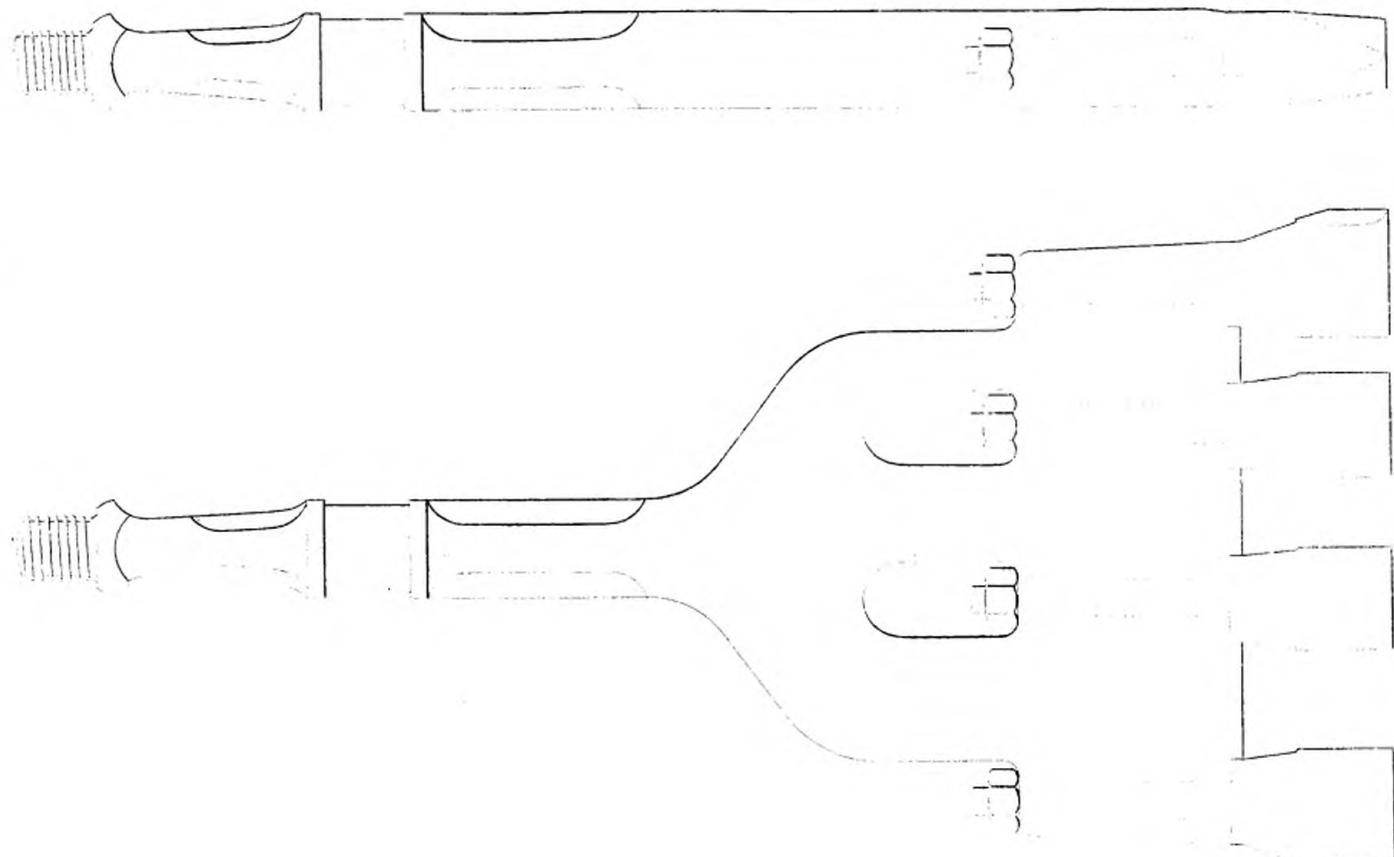


OUTILS DE FORAGE.

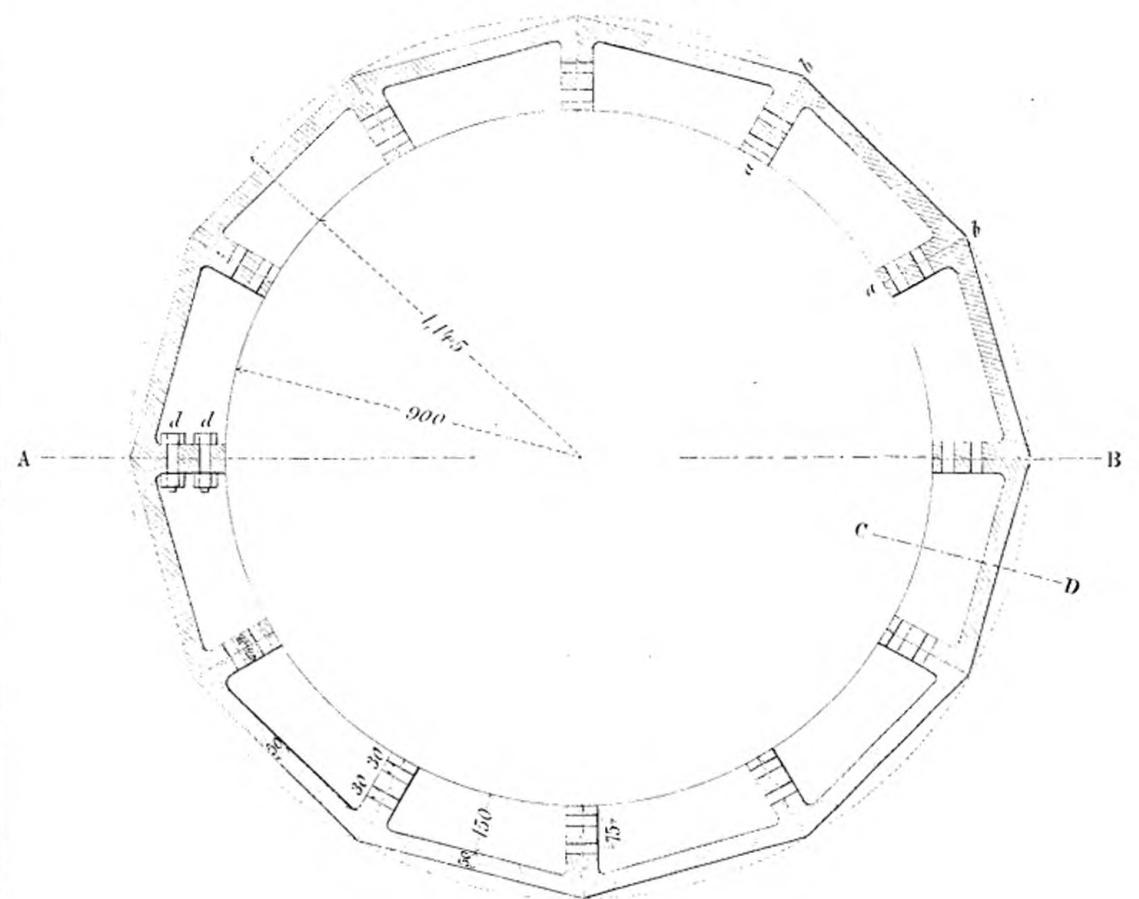
SYSTEME SAINT-JUST DRU.

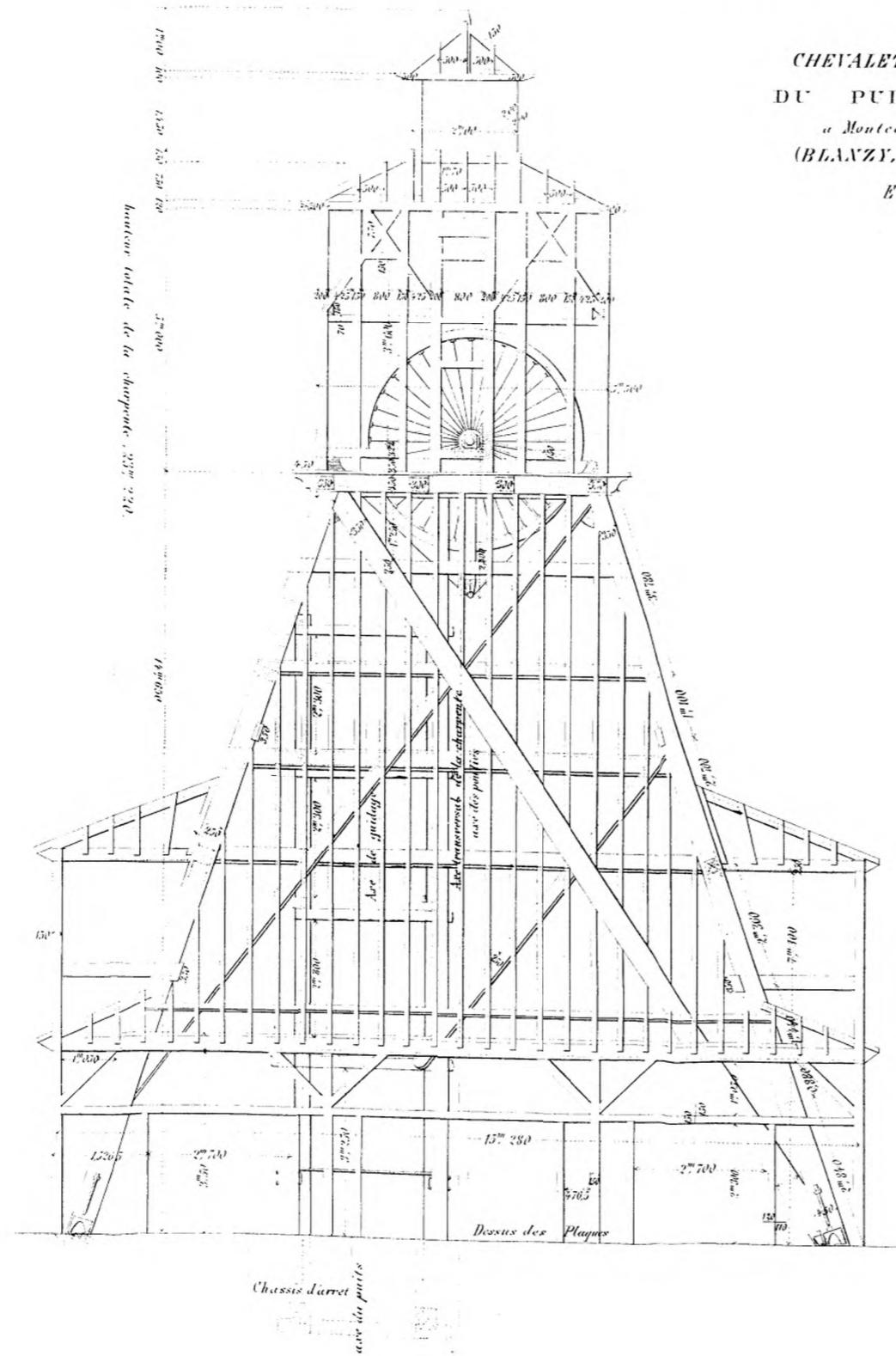
TRÉPAN DE 1<sup>m</sup> 200.

*Echelle de 0,066 pour 1 mètre.*



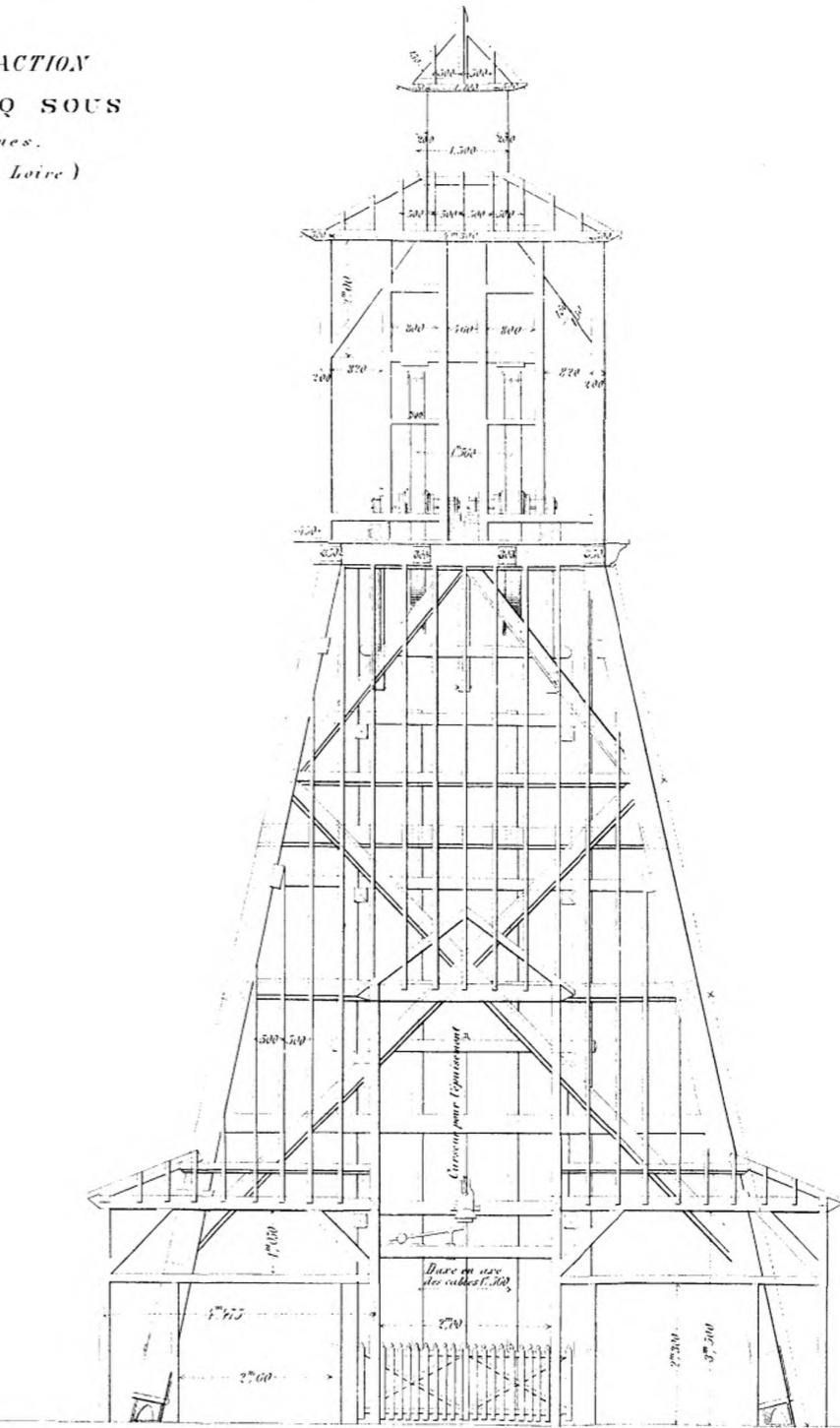
TROUSSES en FONTE servant de base au enveloppe  
du PUIT D'AÉRAGE.  
COUPE HORIZONTALE PAR FG





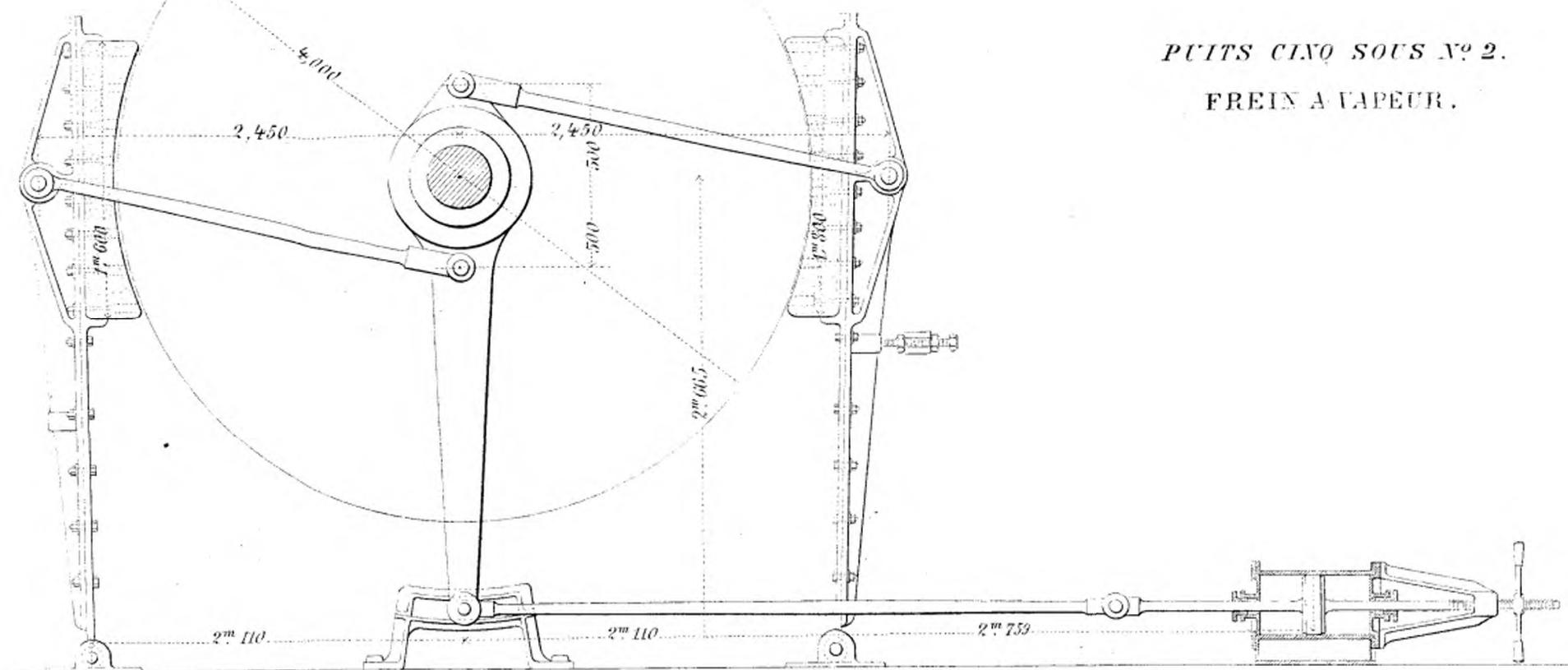
CHEVALET D'EXTRACTION  
DU PUITS CINQ SOUS  
*a Montceau les mines.  
(BLANZY, Saône et Loire)*

Echelle 1/100

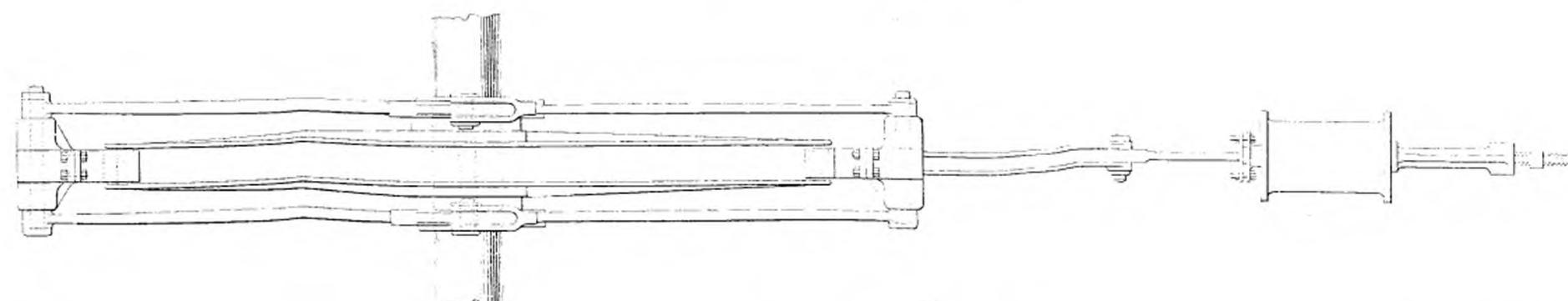
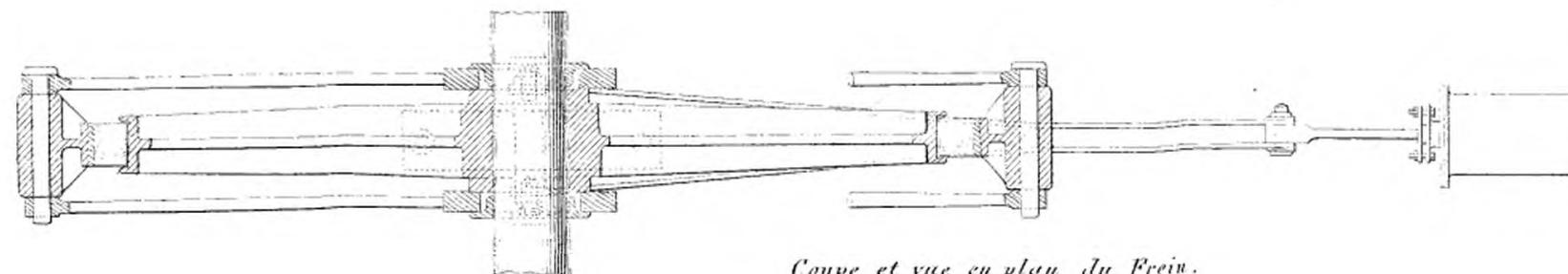


PUITS CINQ SOUS N° 2.

FREIN A VAPEUR.



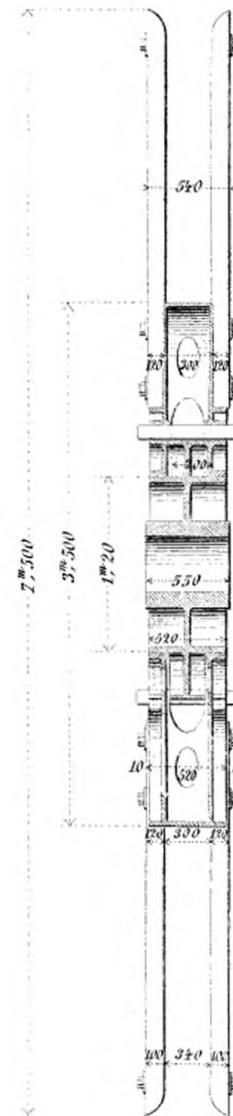
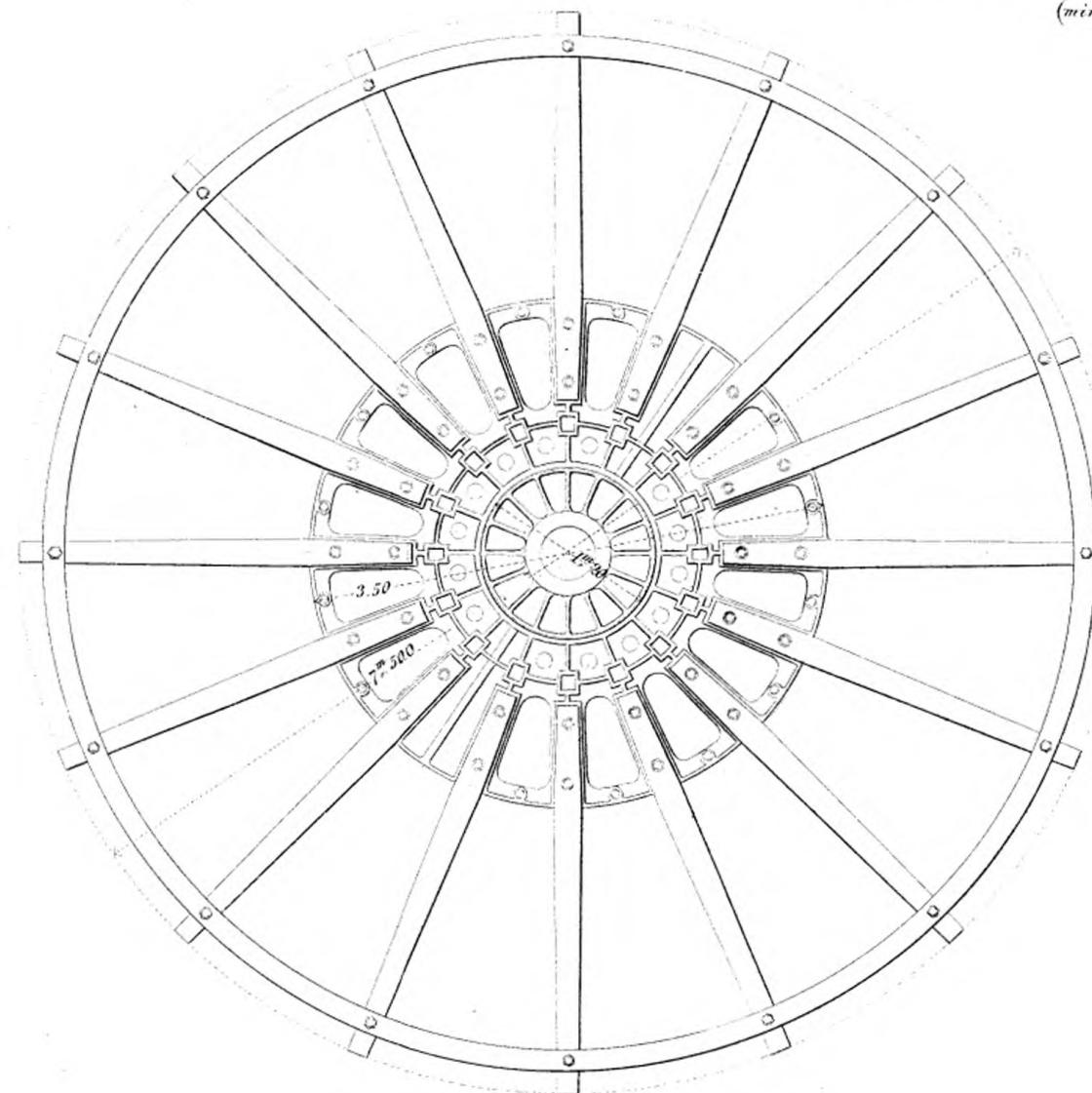
Coupe et vue en plan du Frein.



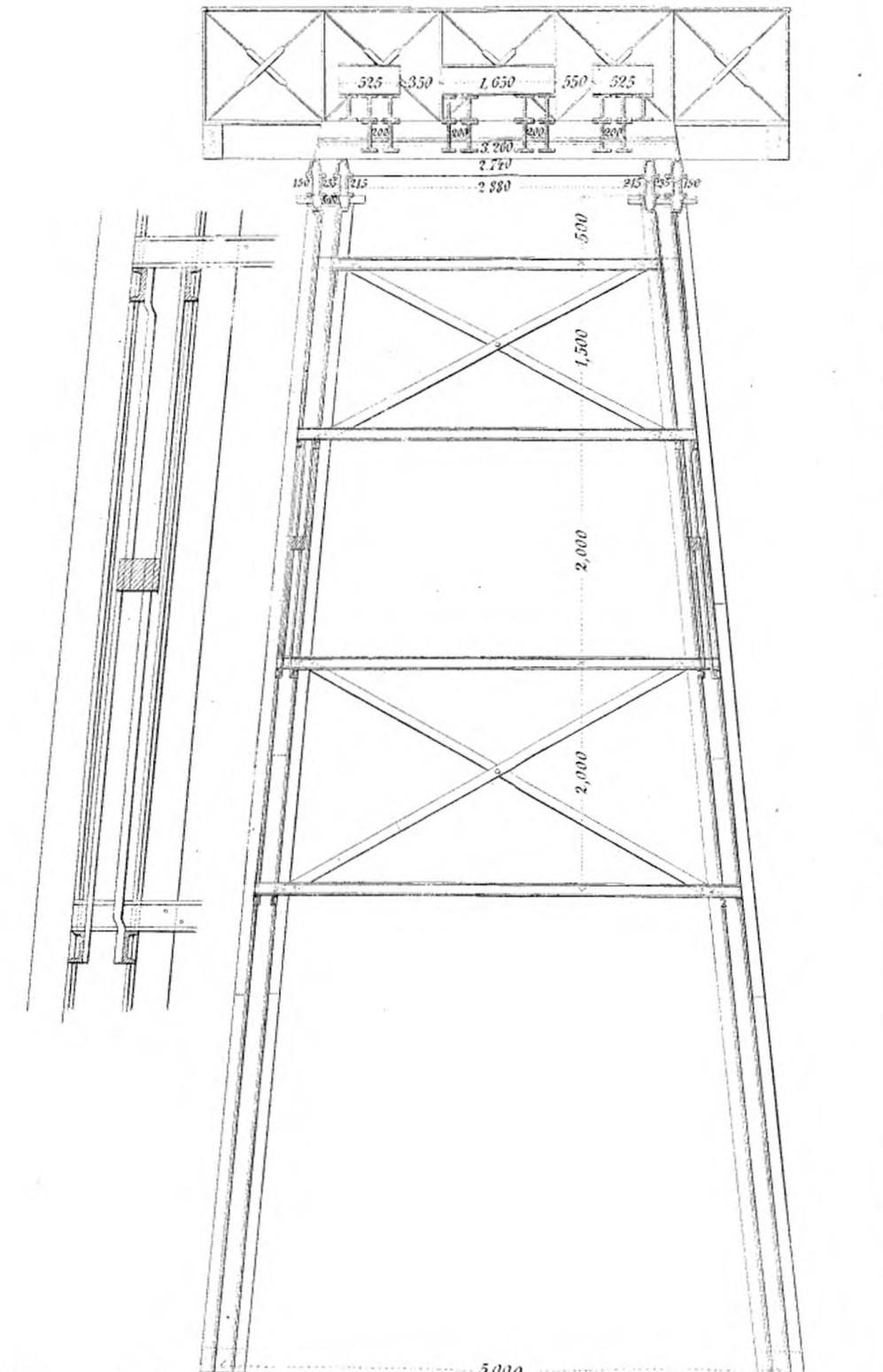
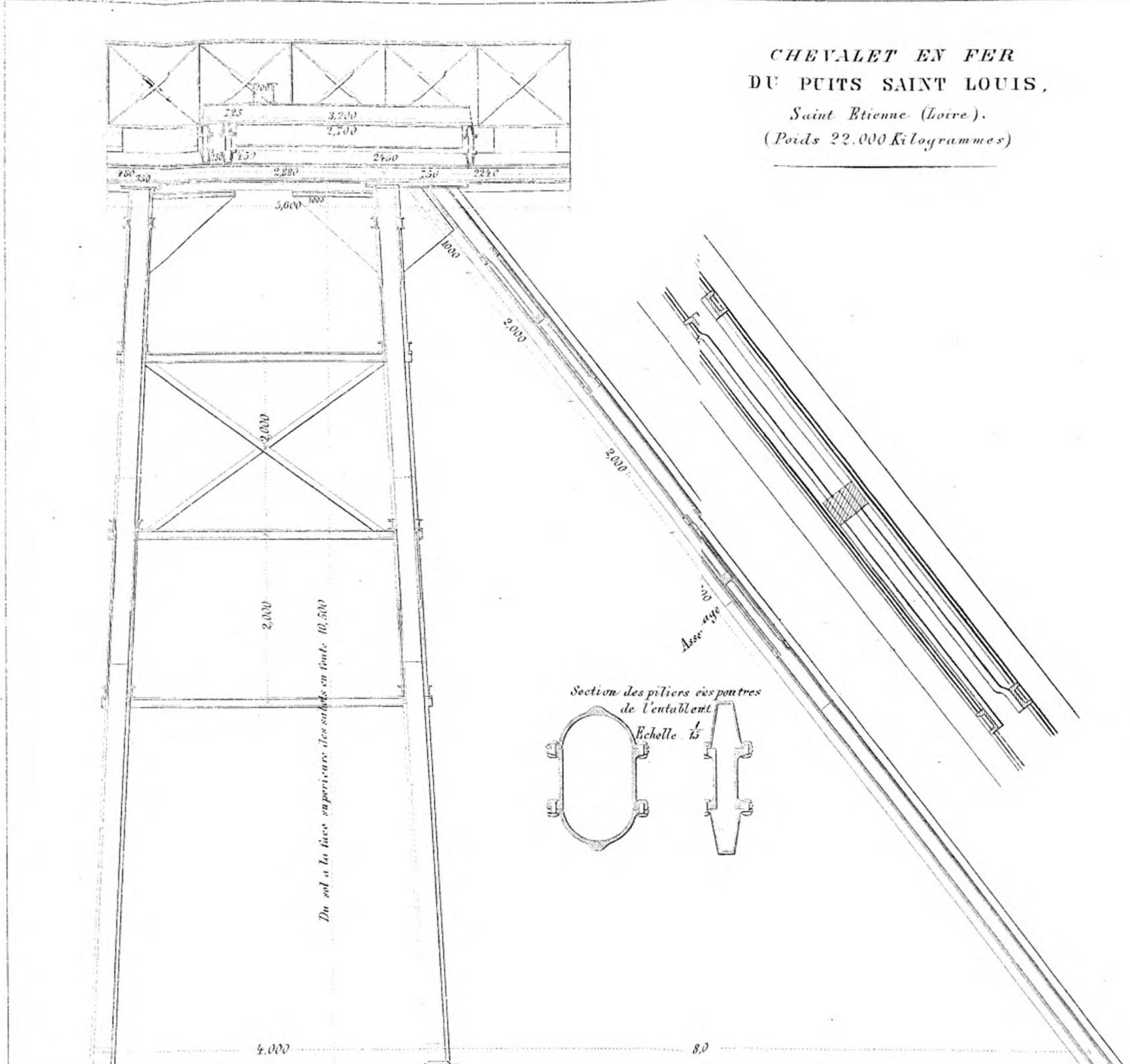
*PUITS CINQ SOUS N° 2*

## BOBINE FOLLE SERVANT A REGLER LES CABLES.

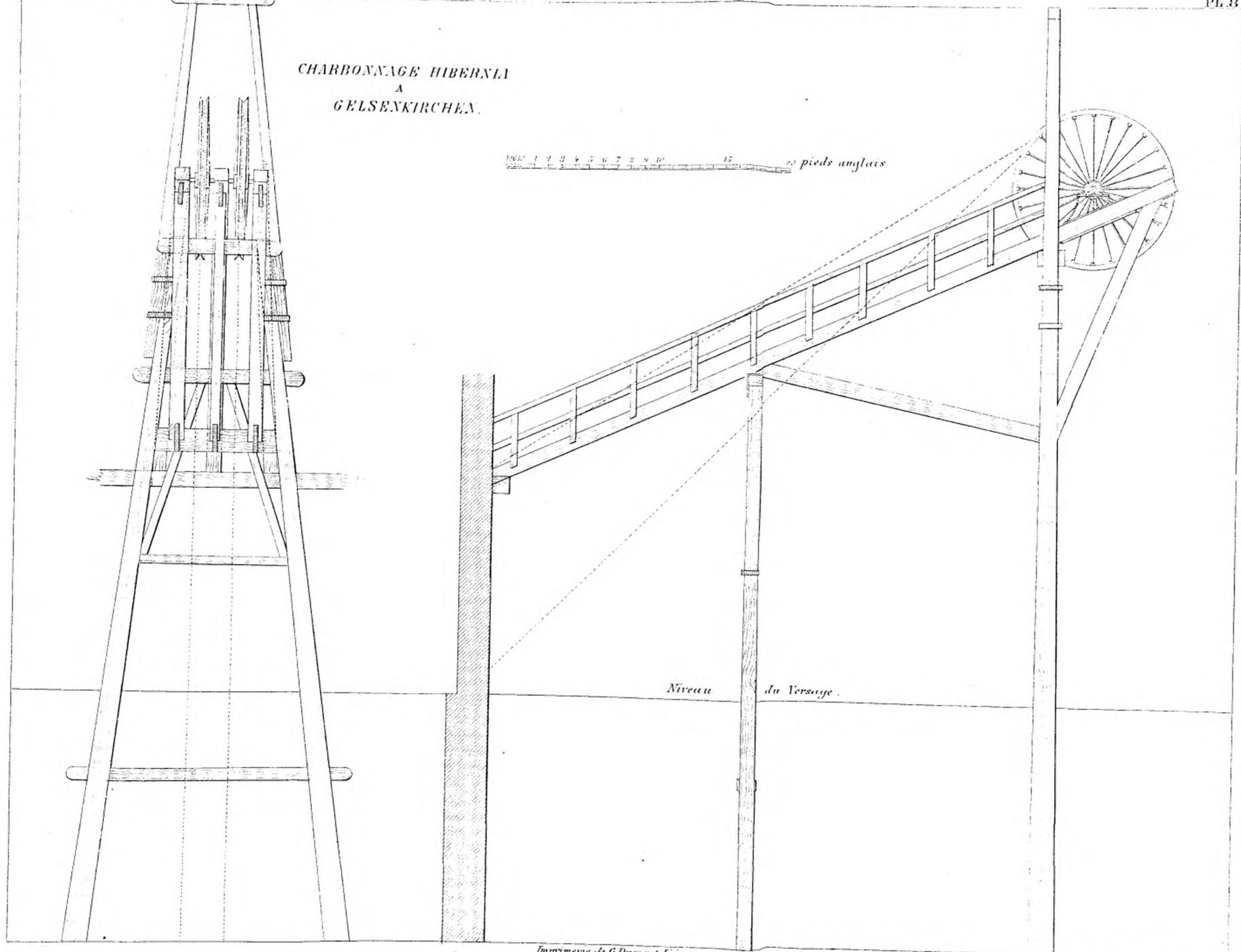
(mines de BLANZY,



CHEVALET EN FER  
DU PUITS SAINT LOUIS,  
Saint Etienne (Loire).  
(Poids 22.000 Kilogrammes)



CHARBONNAGE HIBERNIA  
A  
GELSENKIRCHEN.

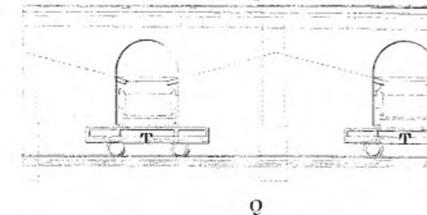


## DÉPOTS A TIROIRS

pour l'emmagasinage, la conservation et le chargement  
des charbons sur les rivages.

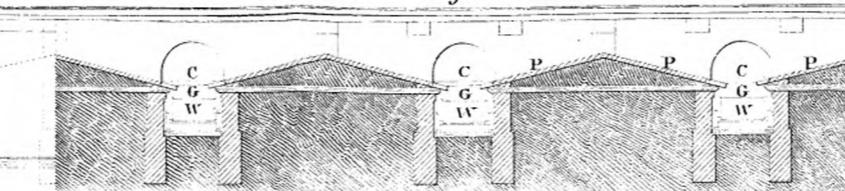
## COUPES LONGITUDINALES ET TRANSVERSALES D'UN RIVAGE.

Fig. 1.



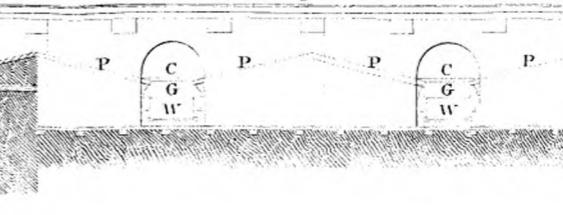
Q

Fig. 1.



P

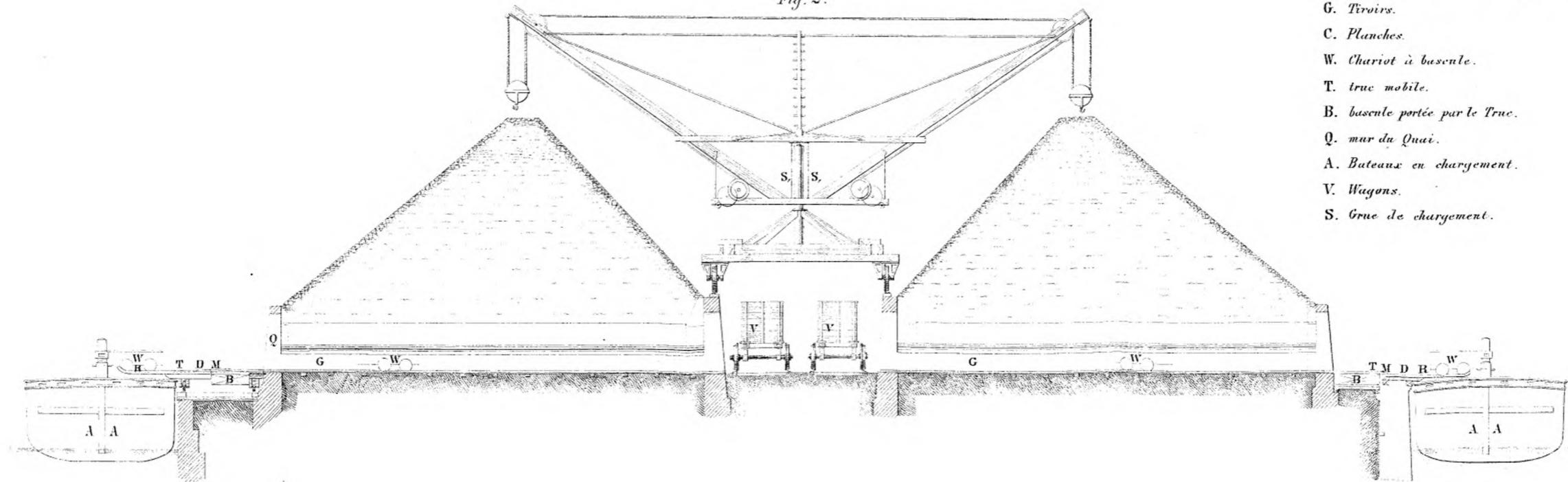
Fig. 3.



## LÉGENDE.

- P. plans inclinés, aire du magasin.
- G. Tiroirs.
- C. Planches.
- W. chariot à bascule.
- T. truc mobile.
- B. bascule portée par le Truc.
- Q. mur du Quai.
- A. Bateaux en chargement.
- V. Wagons.
- S. Grue de chargement.

Fig. 2.



MACHINE ROTATIVE DE

M. M. PILLNER ET HILL.

Fig. 1.

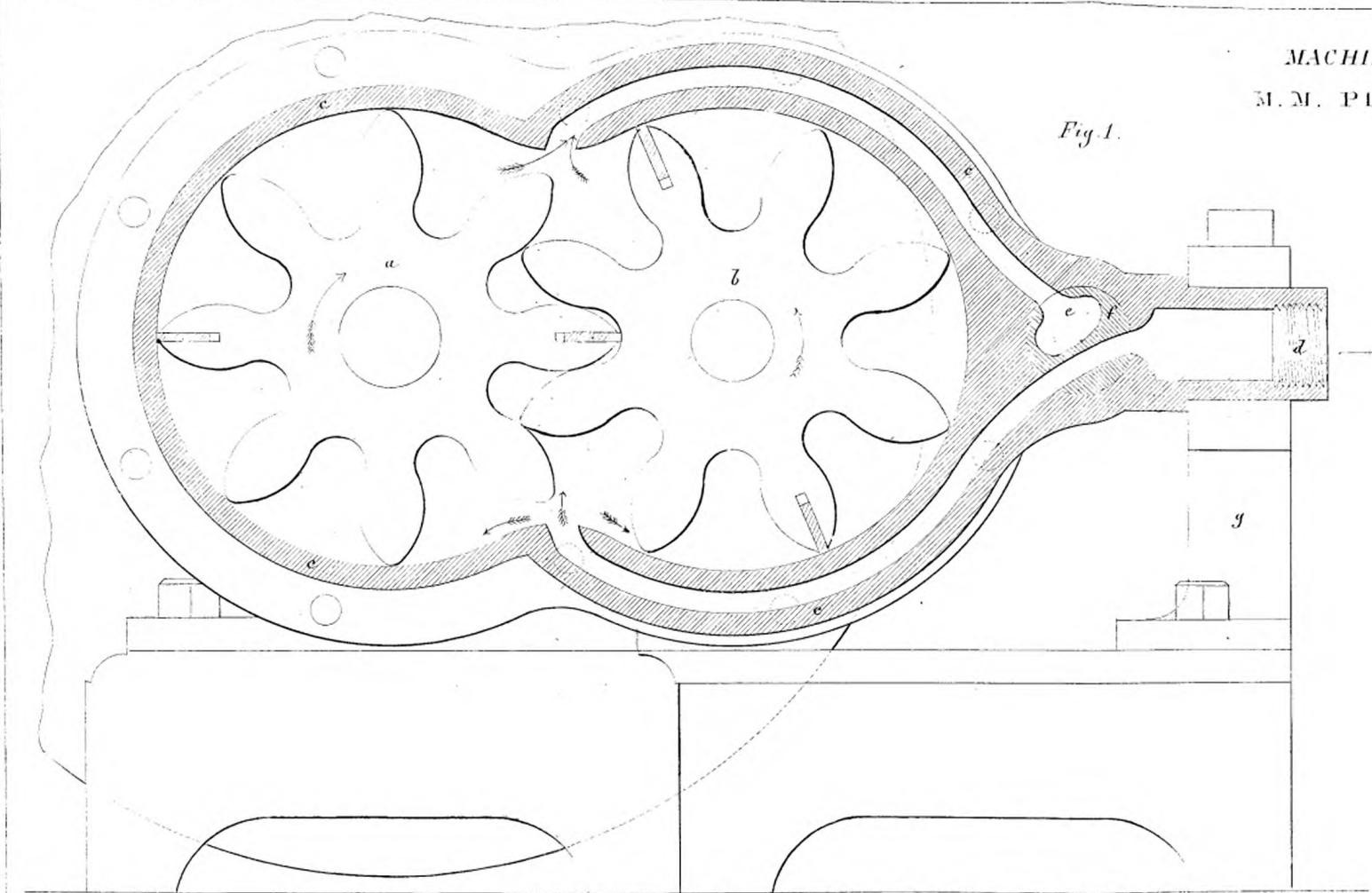
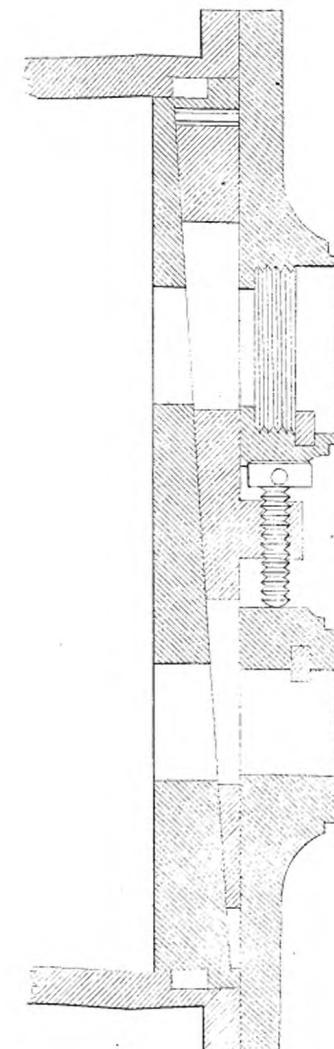
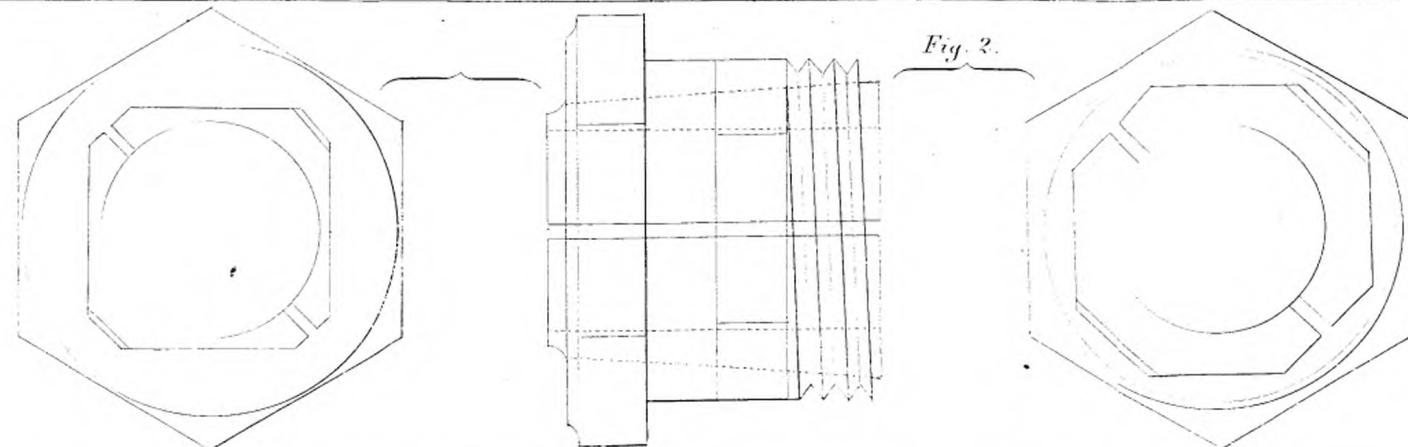
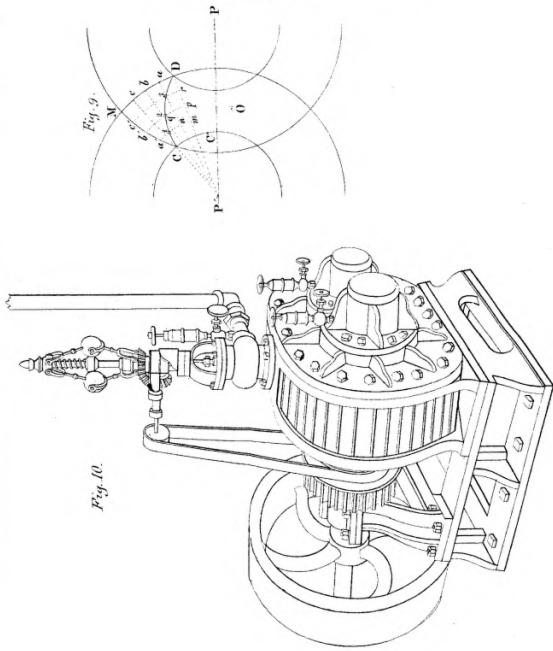
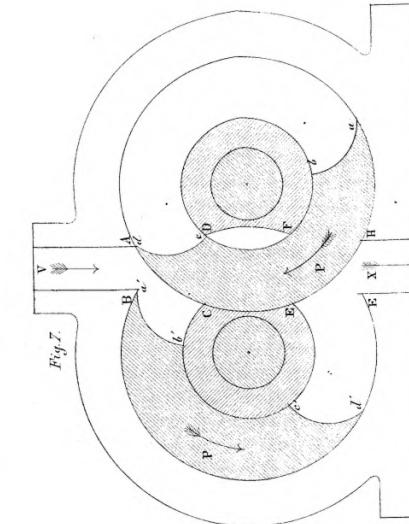
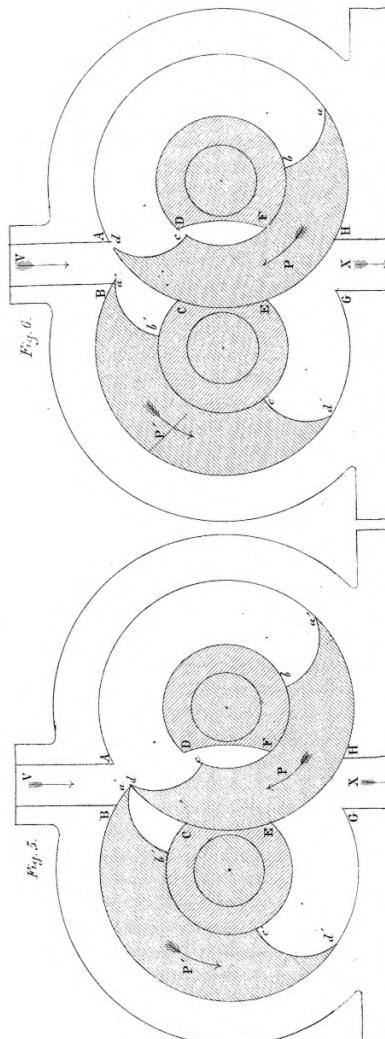
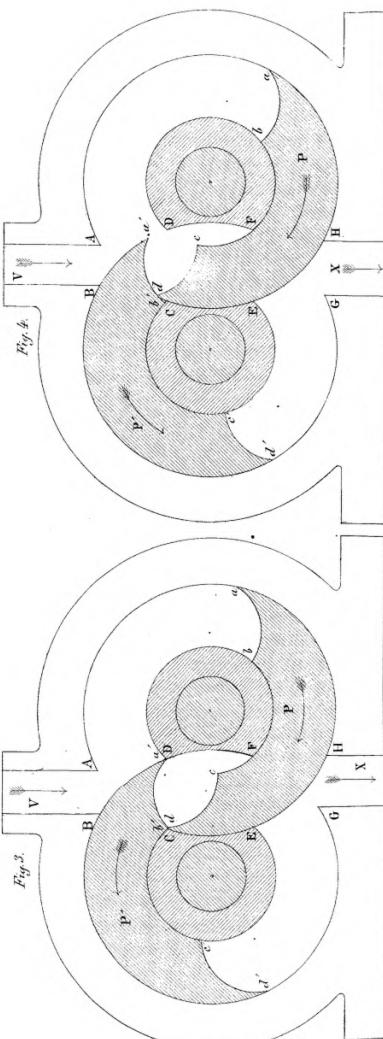
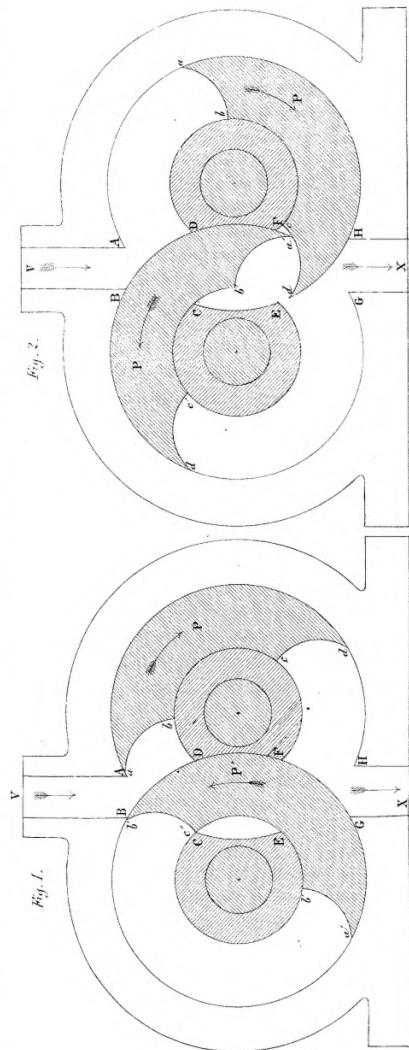


Fig. 2.





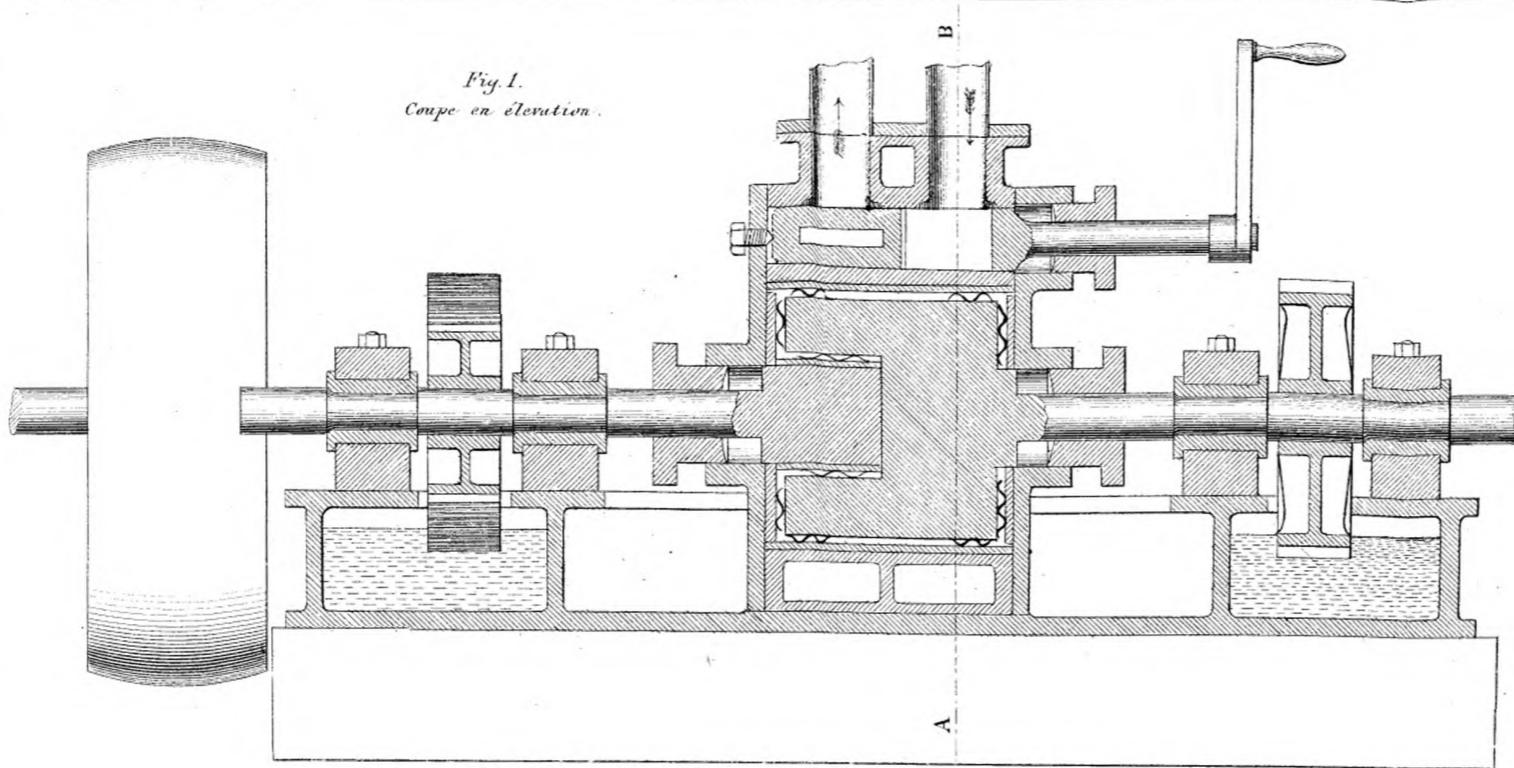


Fig. 1.  
Coupé en élévation.

Fig. 2.  
Coupé suivant  
la ligne AB Fig. 1.

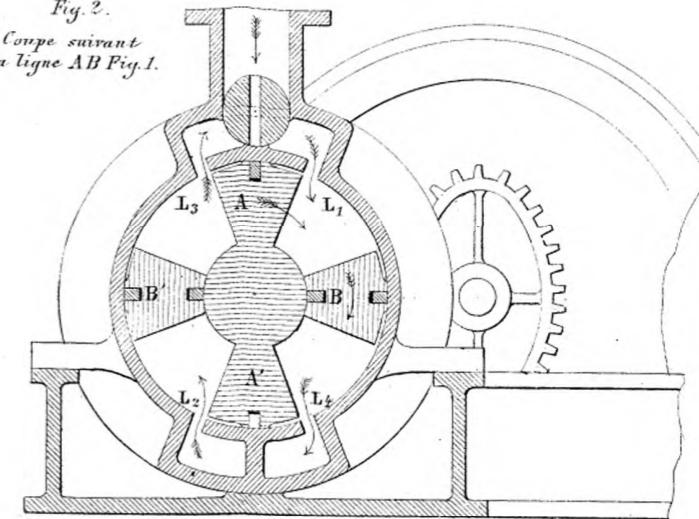


Fig. 3. vue de profil.

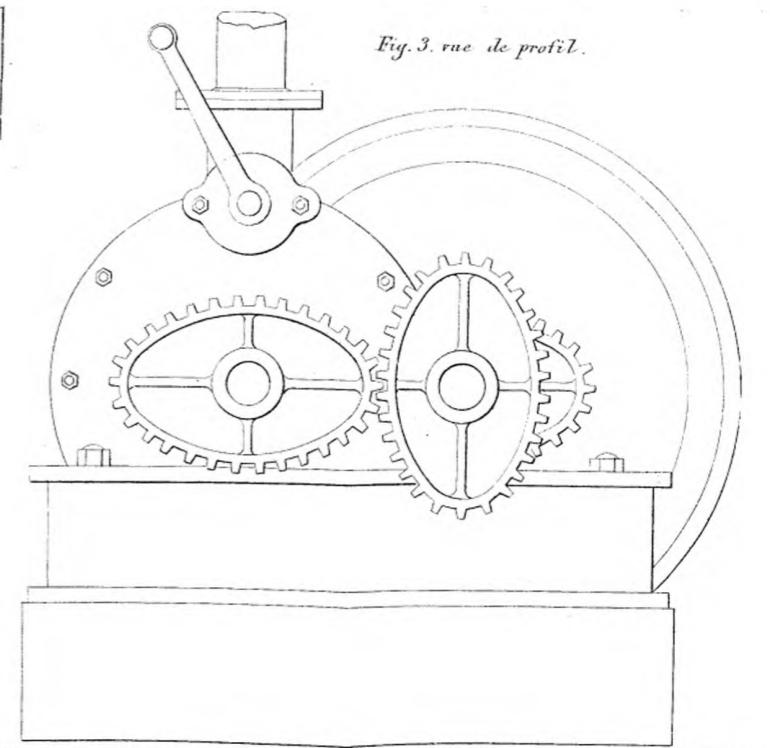
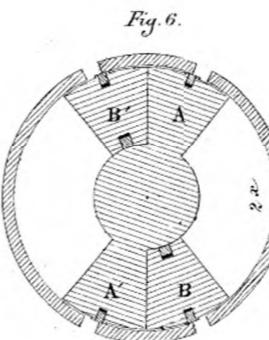
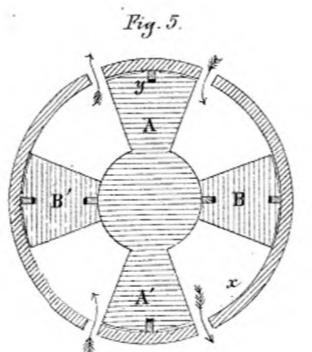
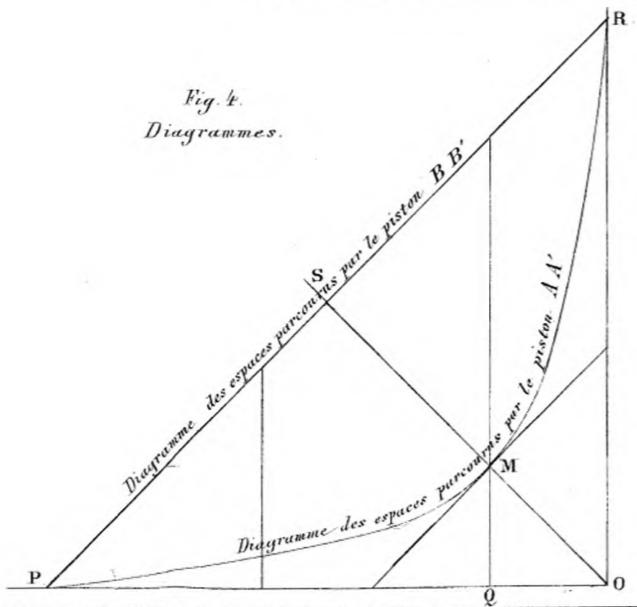


Fig. 4.  
Diagrammes.



MACHINE ROTATIVE A DETENTE  
DE MR<sup>E</sup> EDOUARD SCHEUTZ.

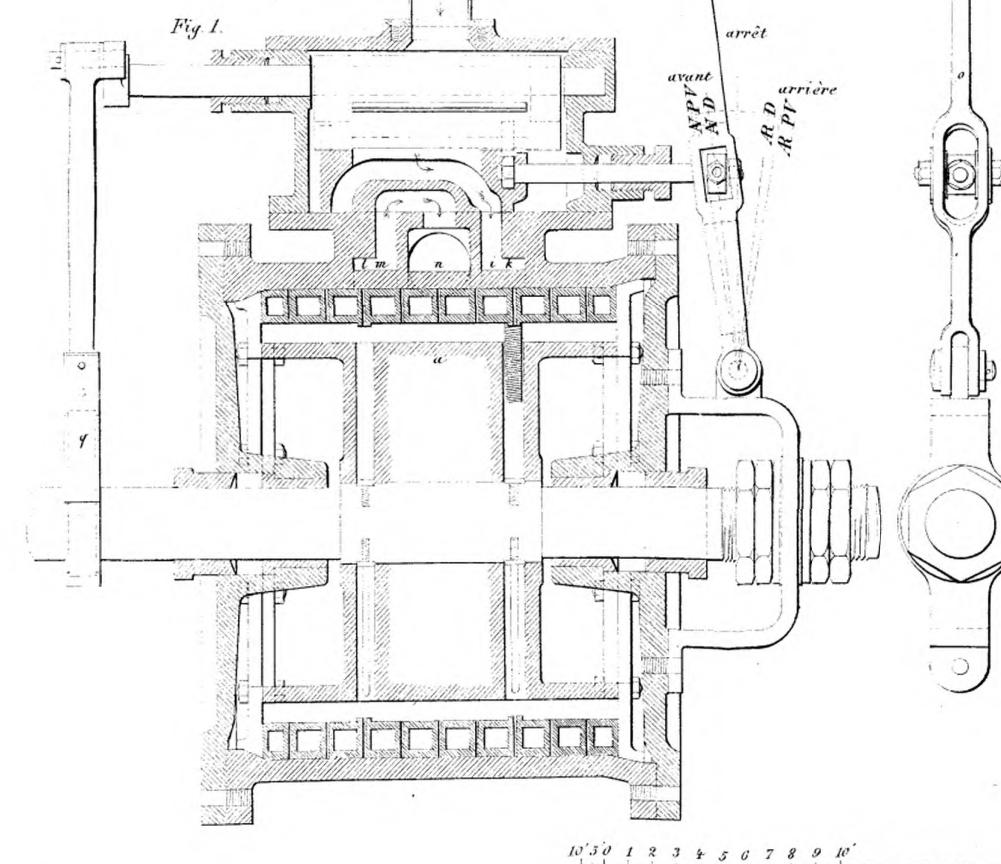
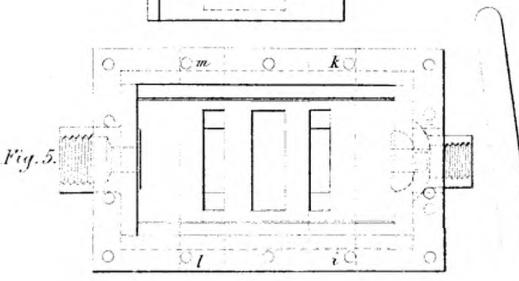
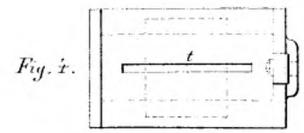


Fig. 3.

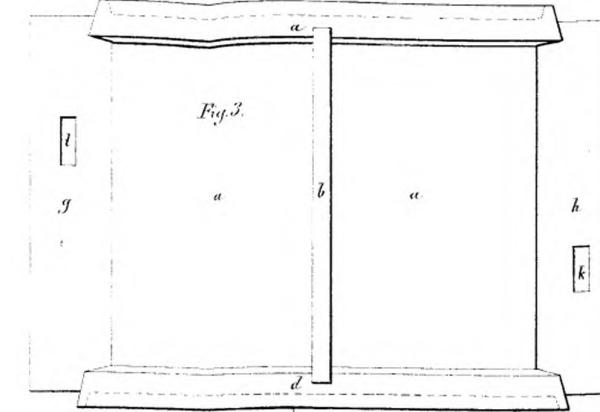


Fig. 6.

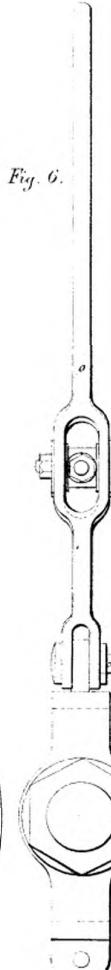
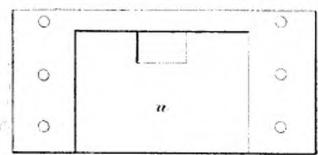
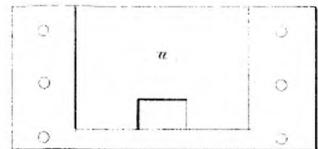
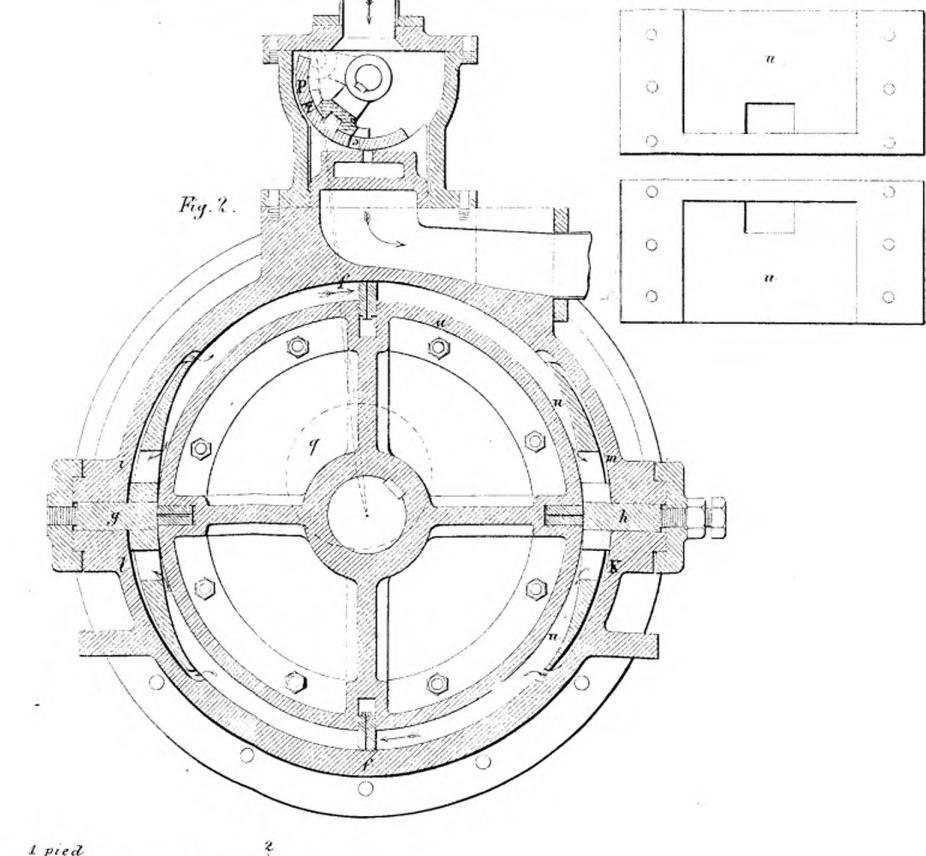
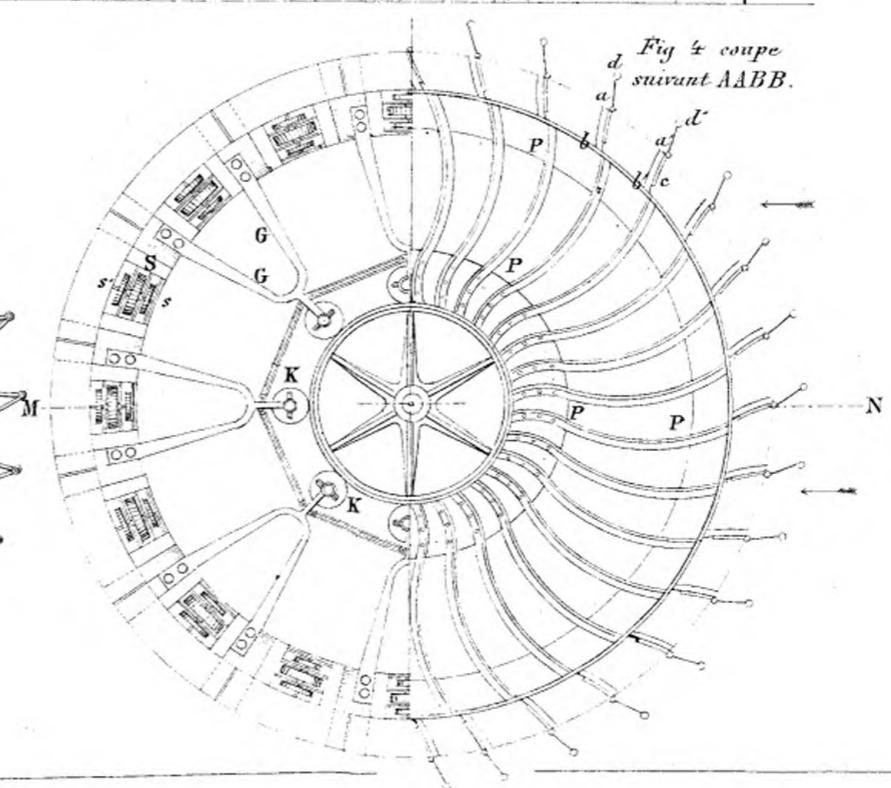
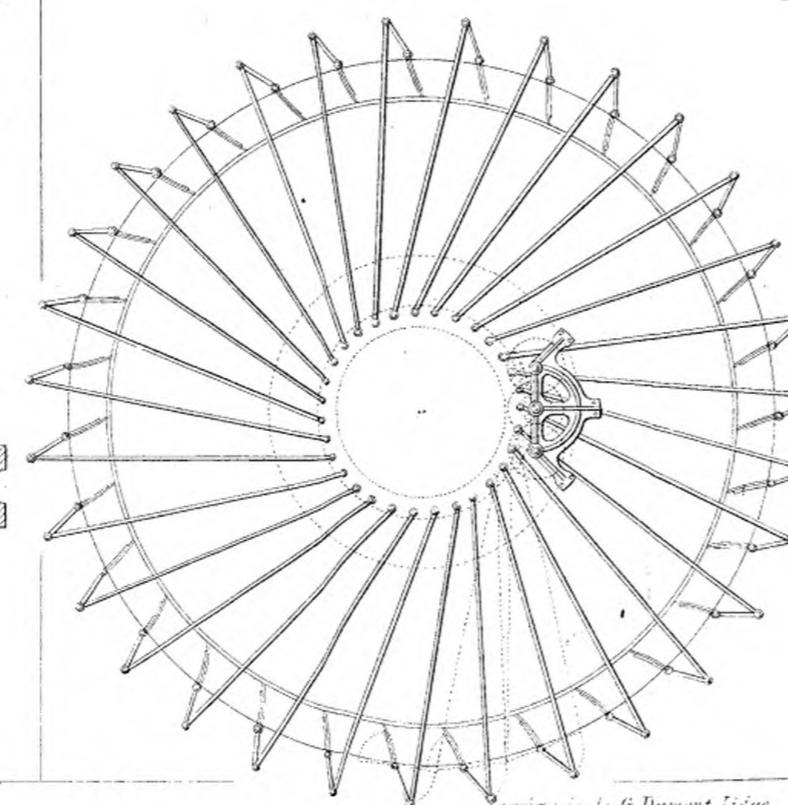
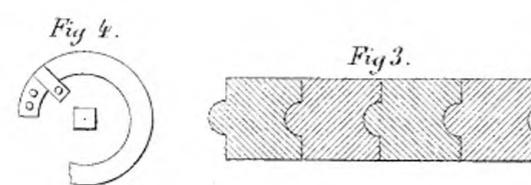
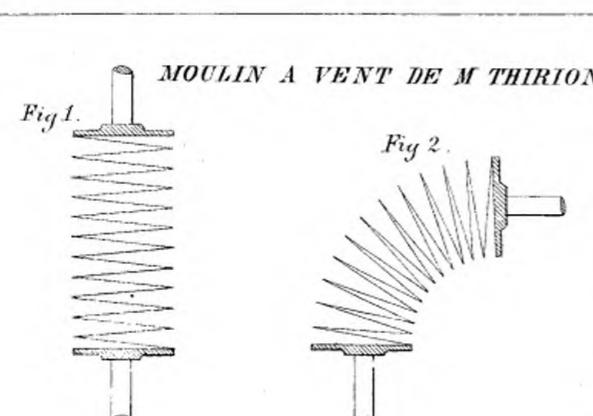
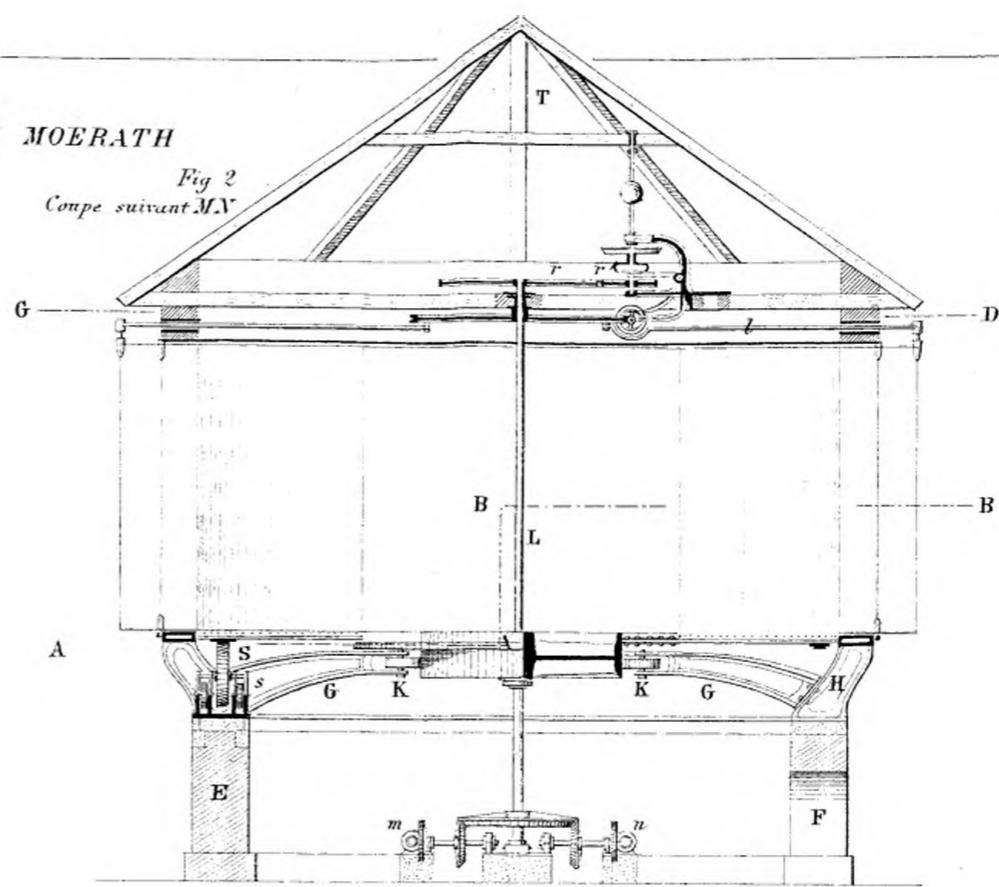
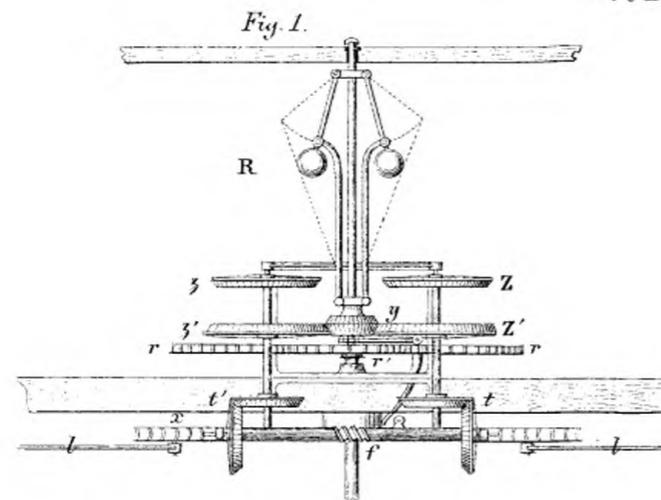


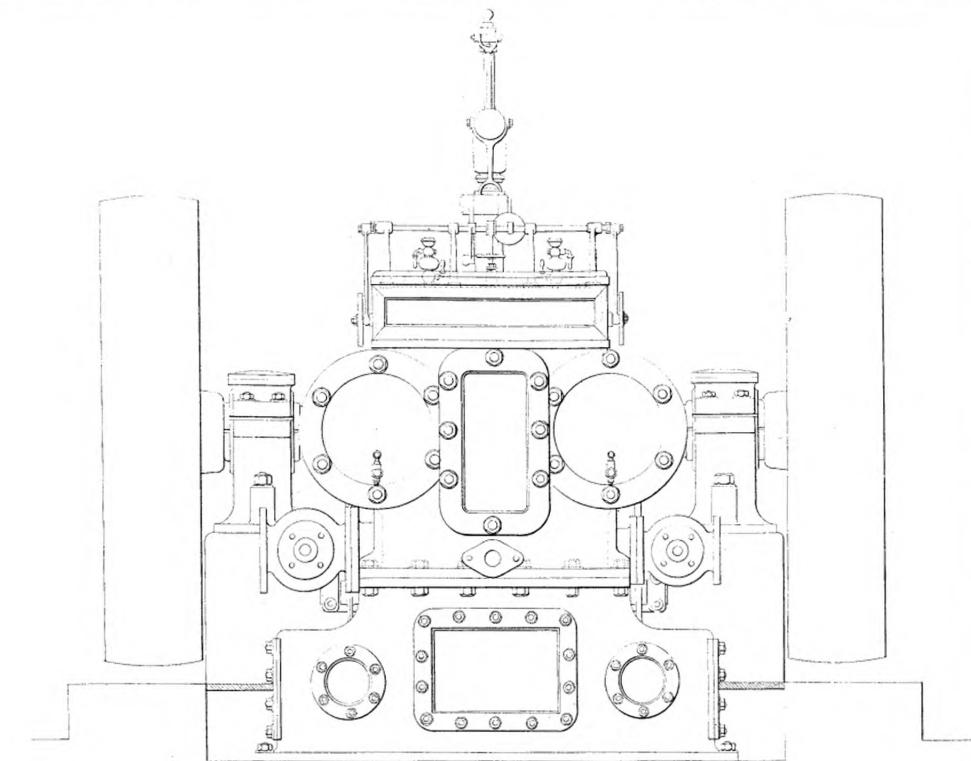
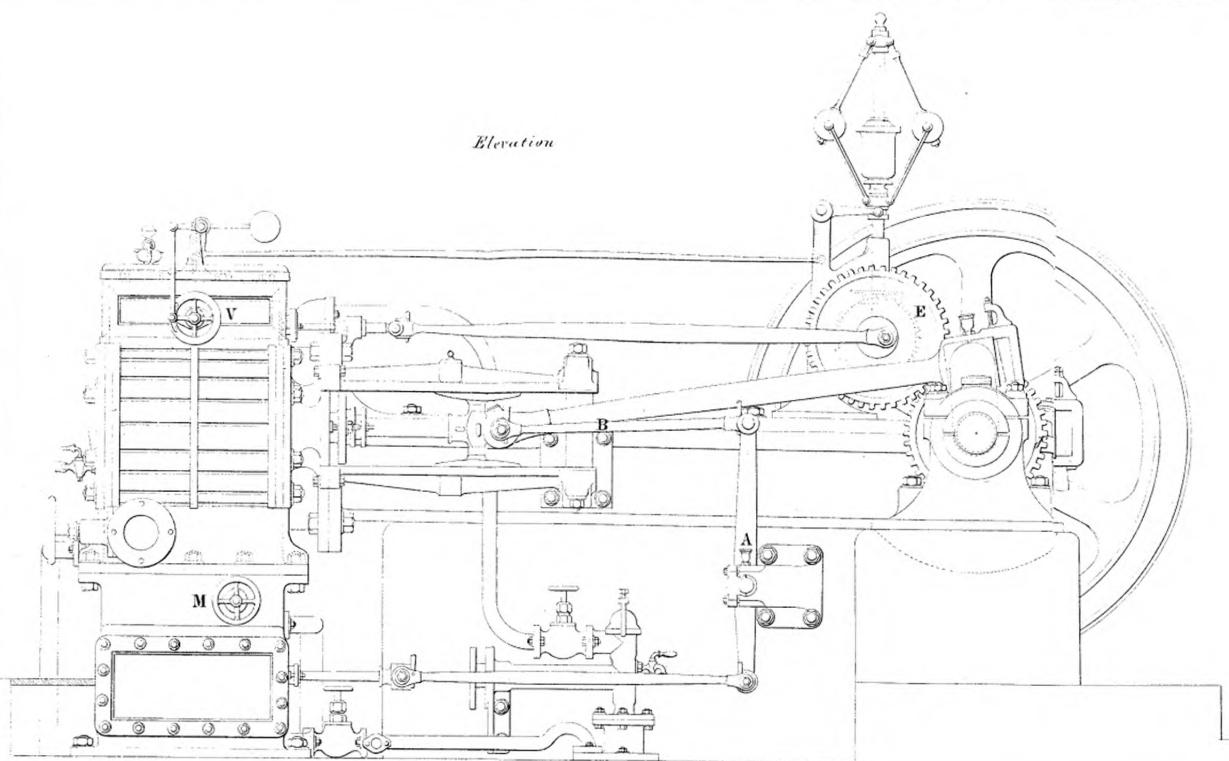
Fig. 7.



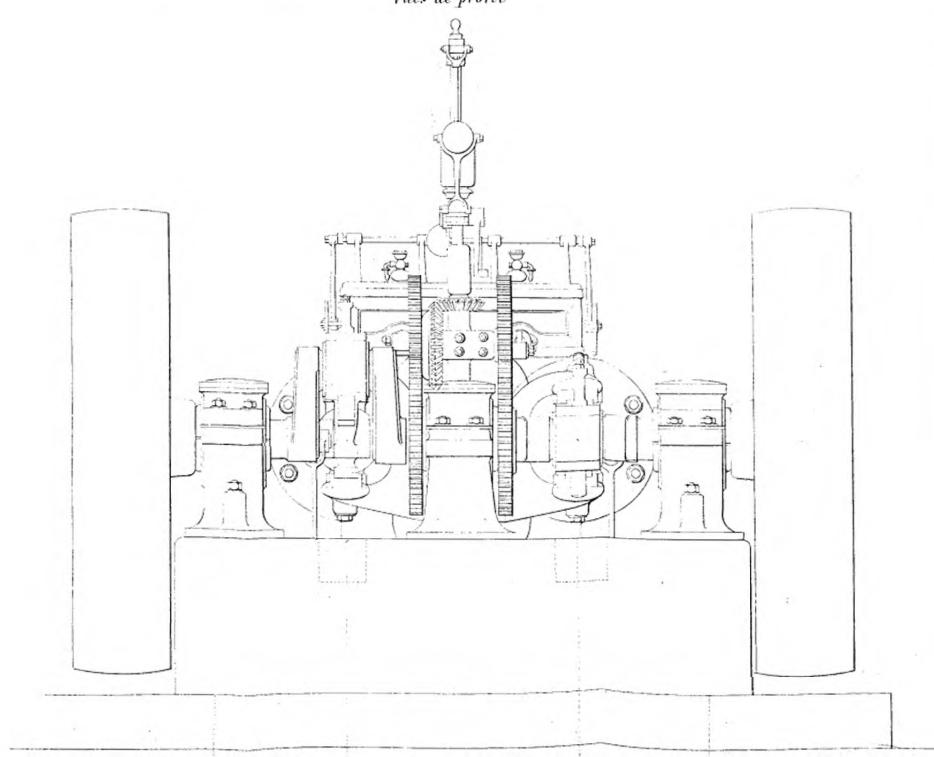
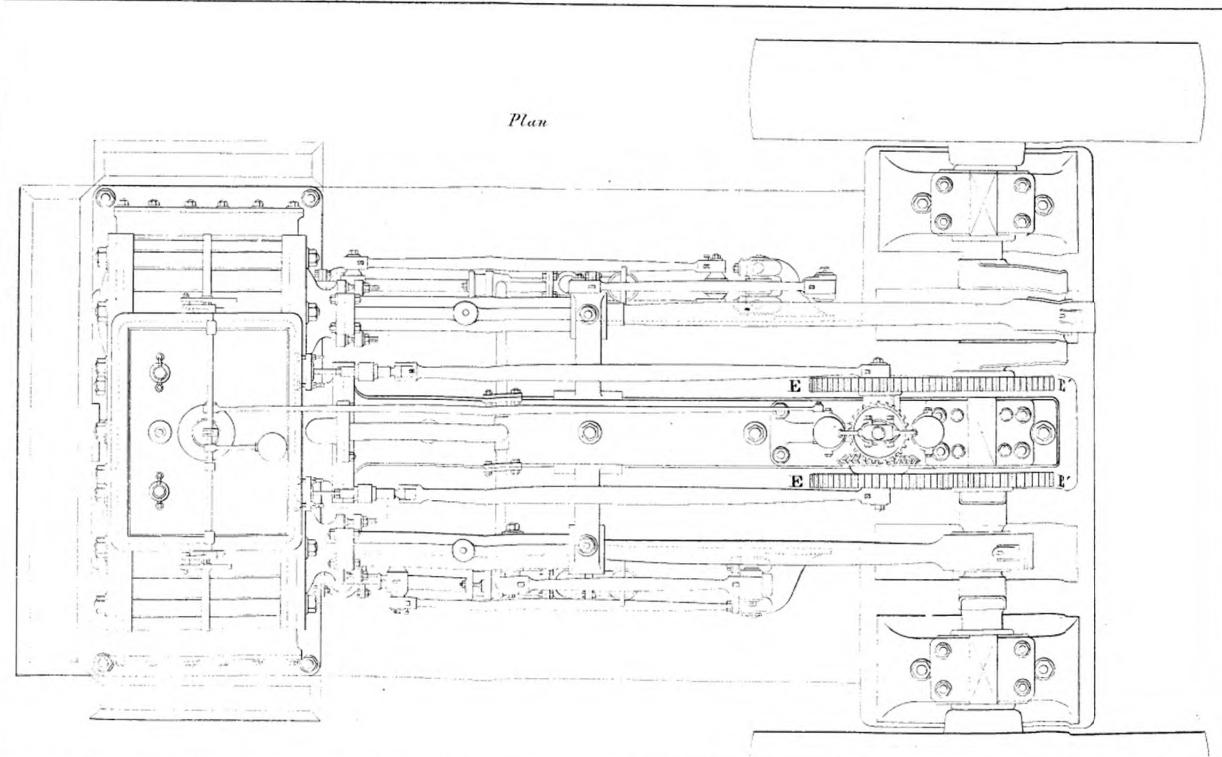
ROUE A VENT SYSTEME MOERATH



*Elevation*

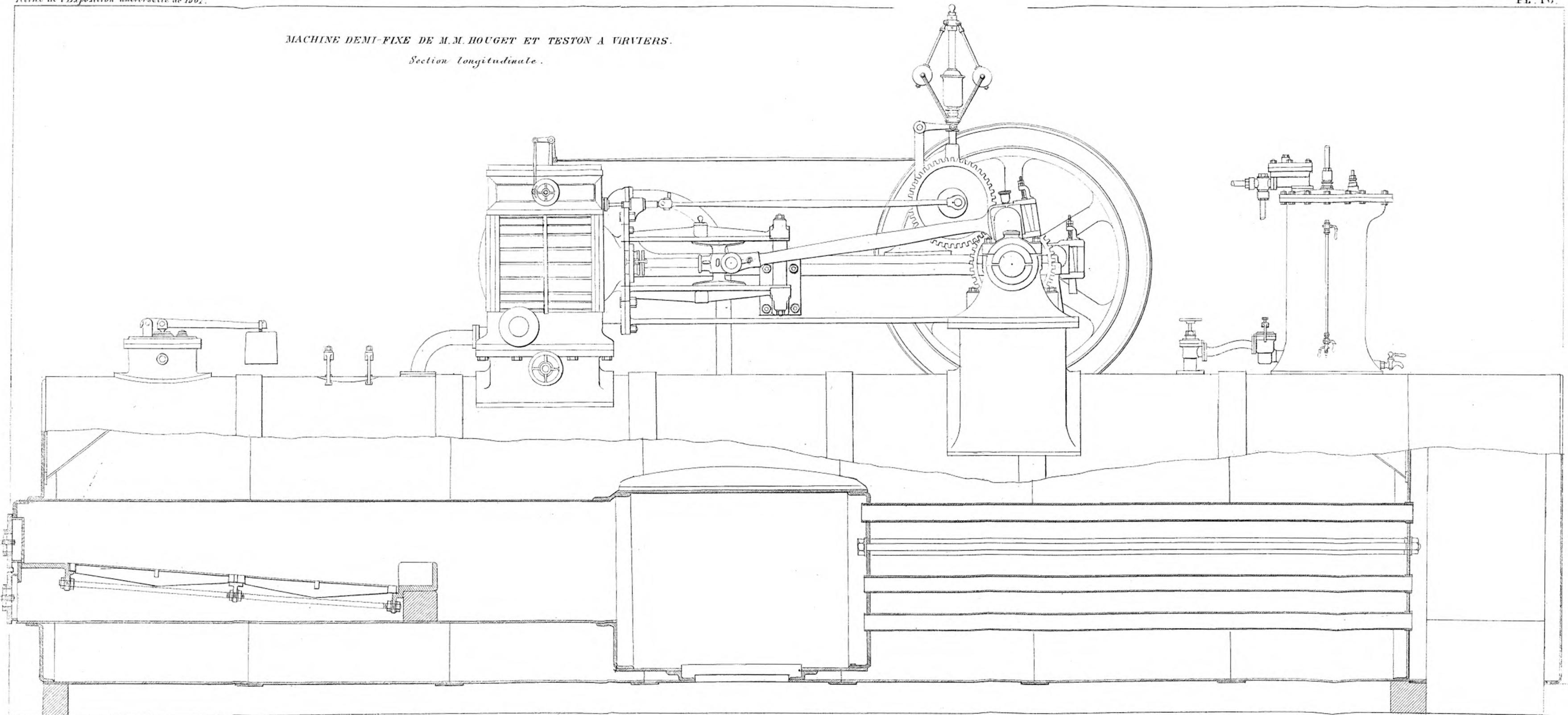


*Vues de profil*



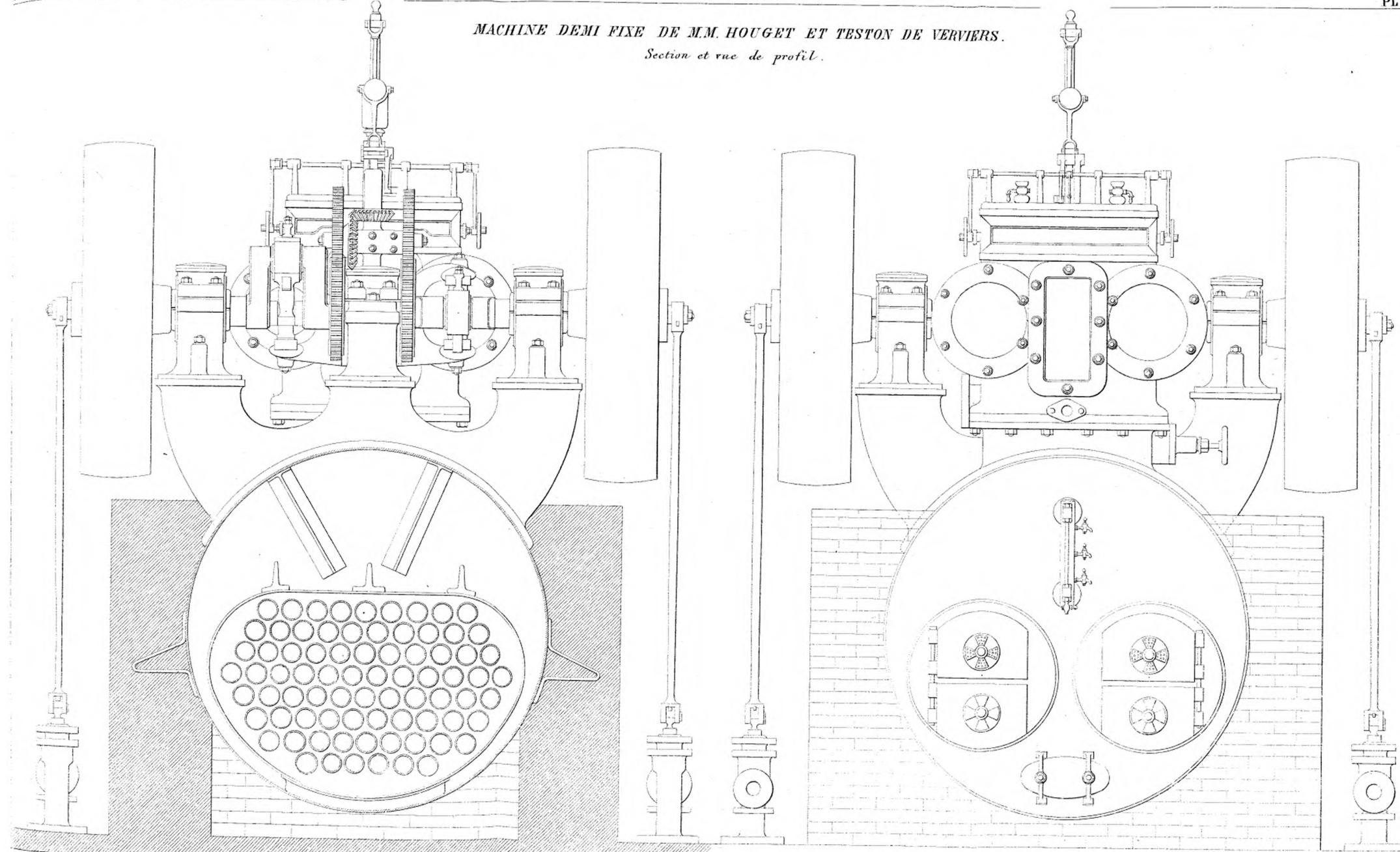
MACHINE DEMI-FIXE DE M.M. HOUGET ET TESTON A VIRVIEUX.

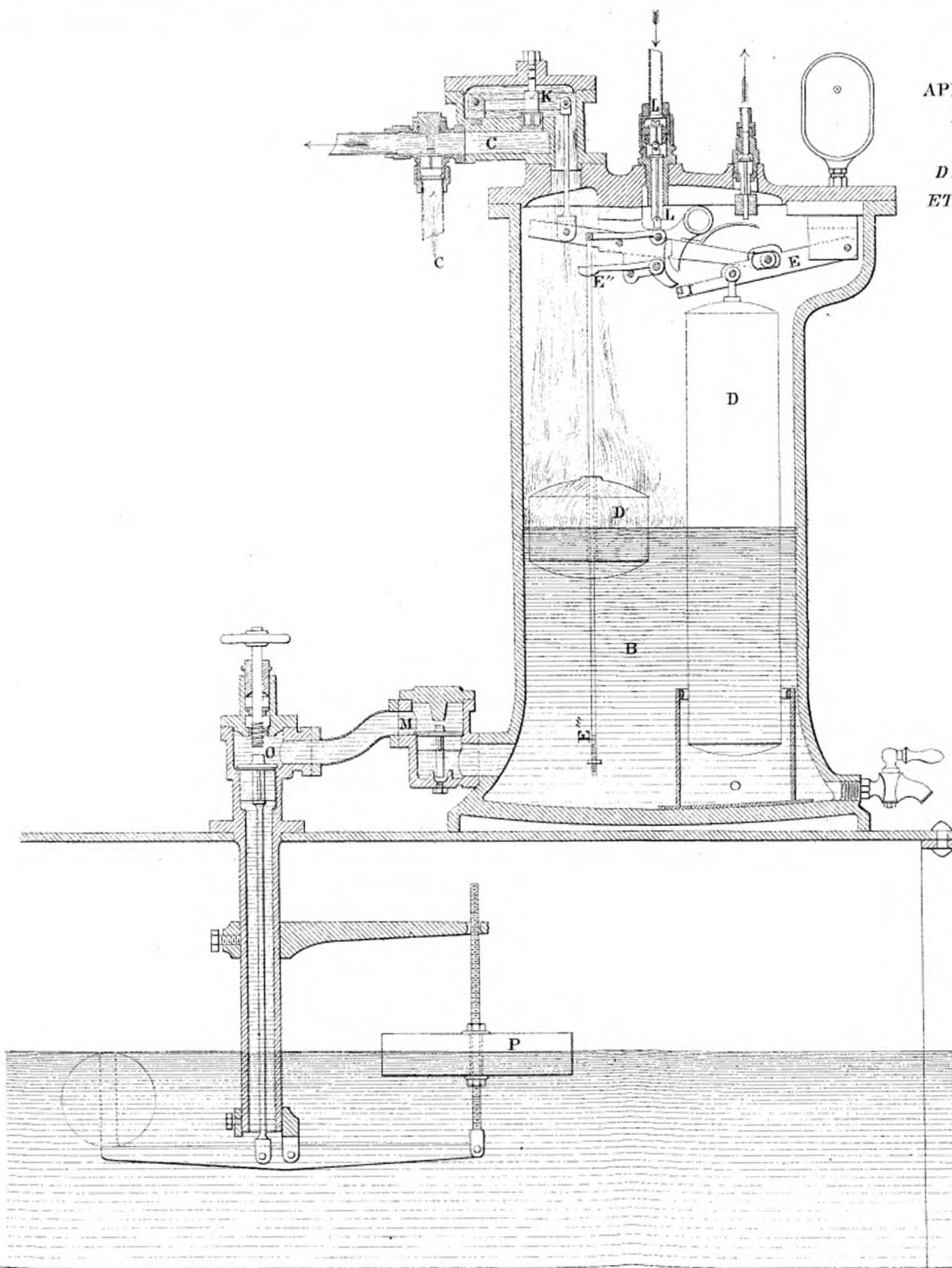
*Section longitudinale.*



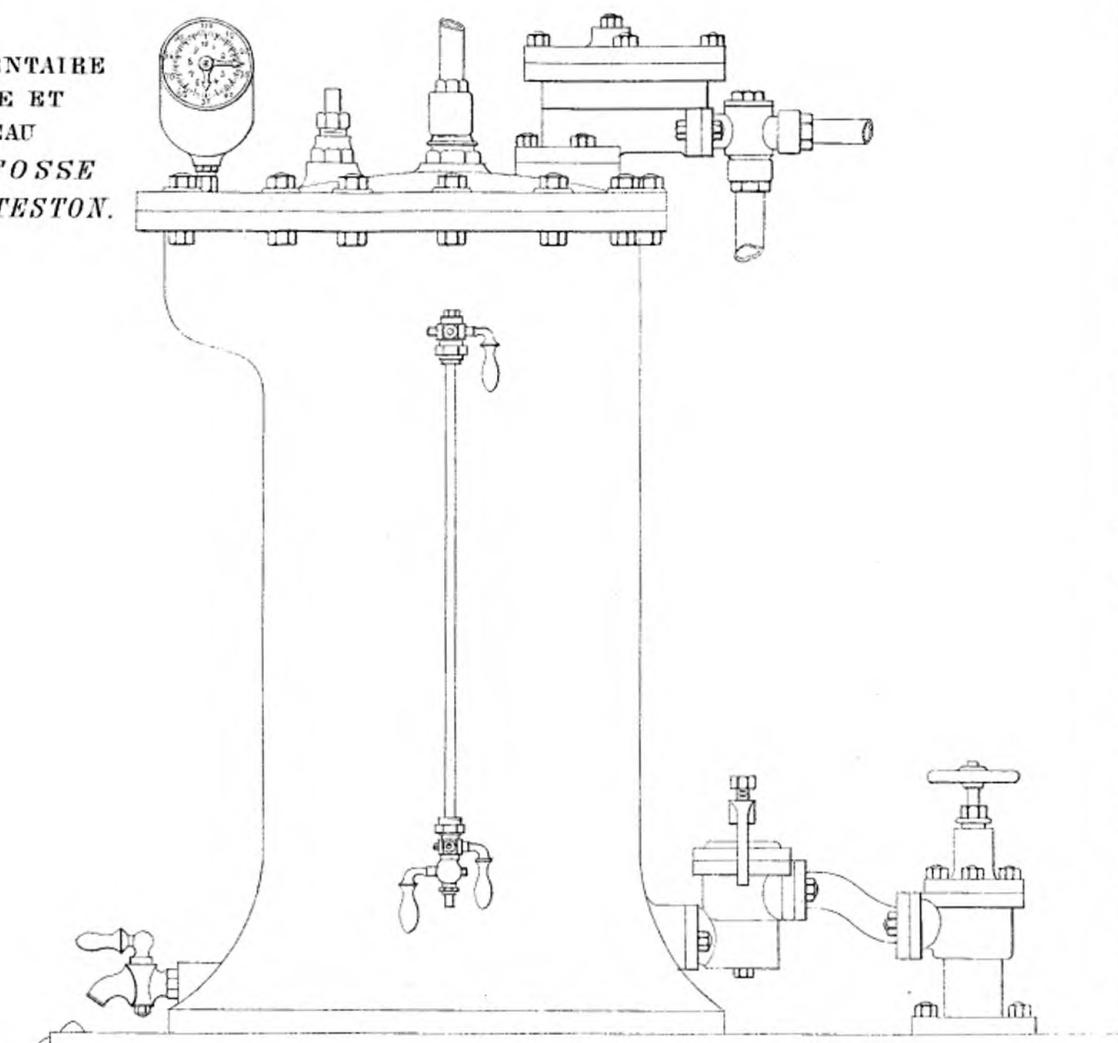
MACHINE DEMI FIXE DE MM. HOUGET ET TESTON DE VERVIERS.

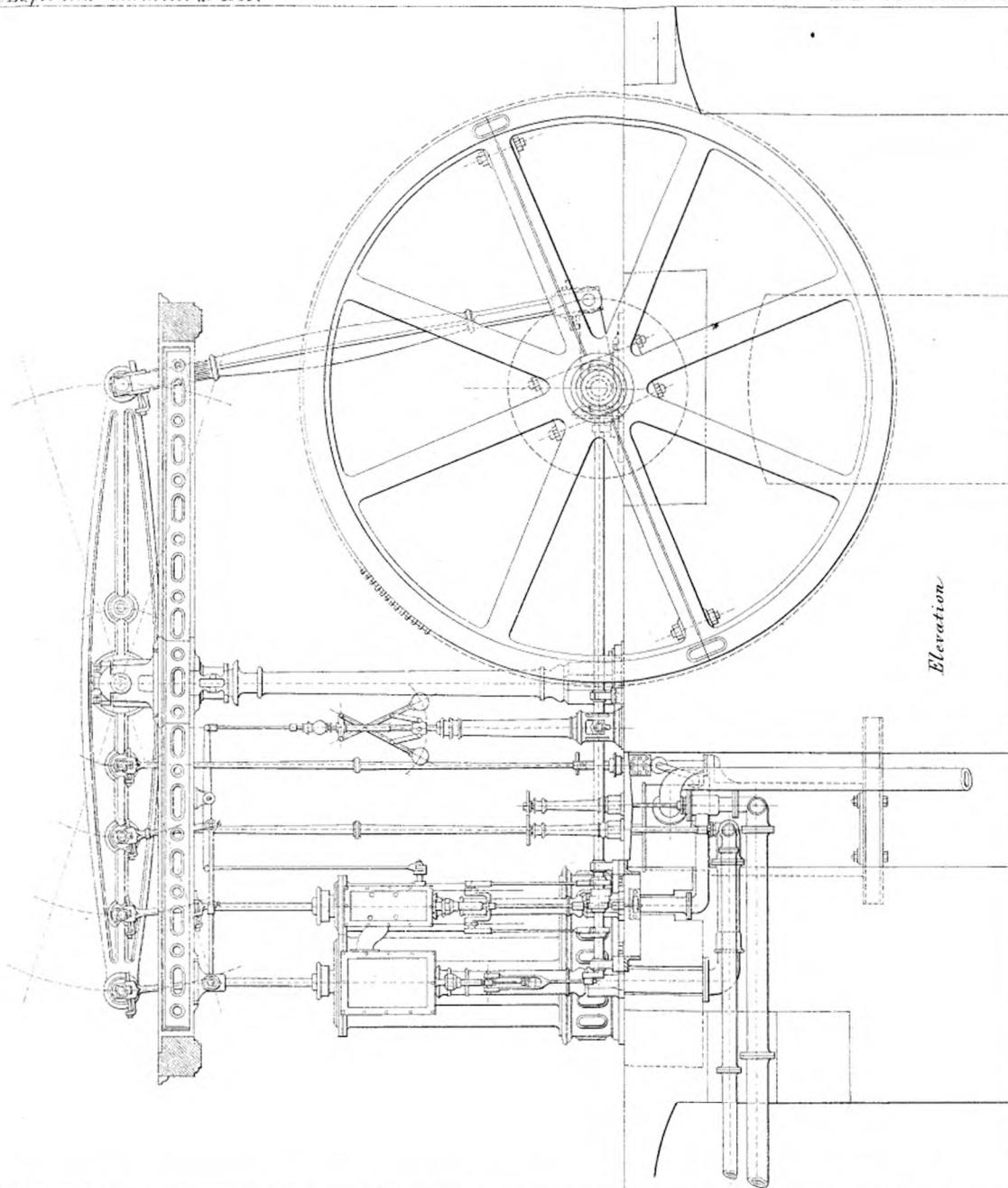
Section et vue de profil.



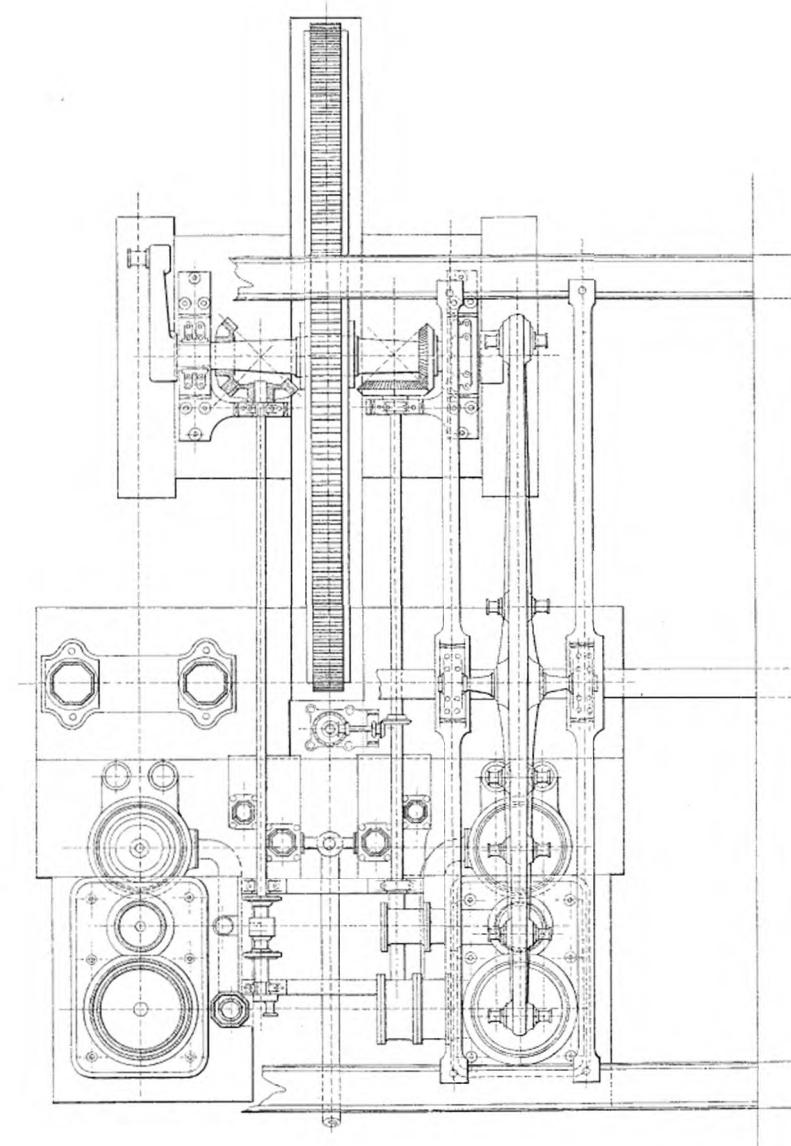


APPAREIL ALIMENTAIRE  
AUTOMATIQUE ET  
COMPTEUR D'EAU  
DE M. M. ROUFOSSÉ  
ET HOUGET ET TESTON.





*Elevation*



*Plan*

Fig. 4.  
Grand cylindre et sa distribution.

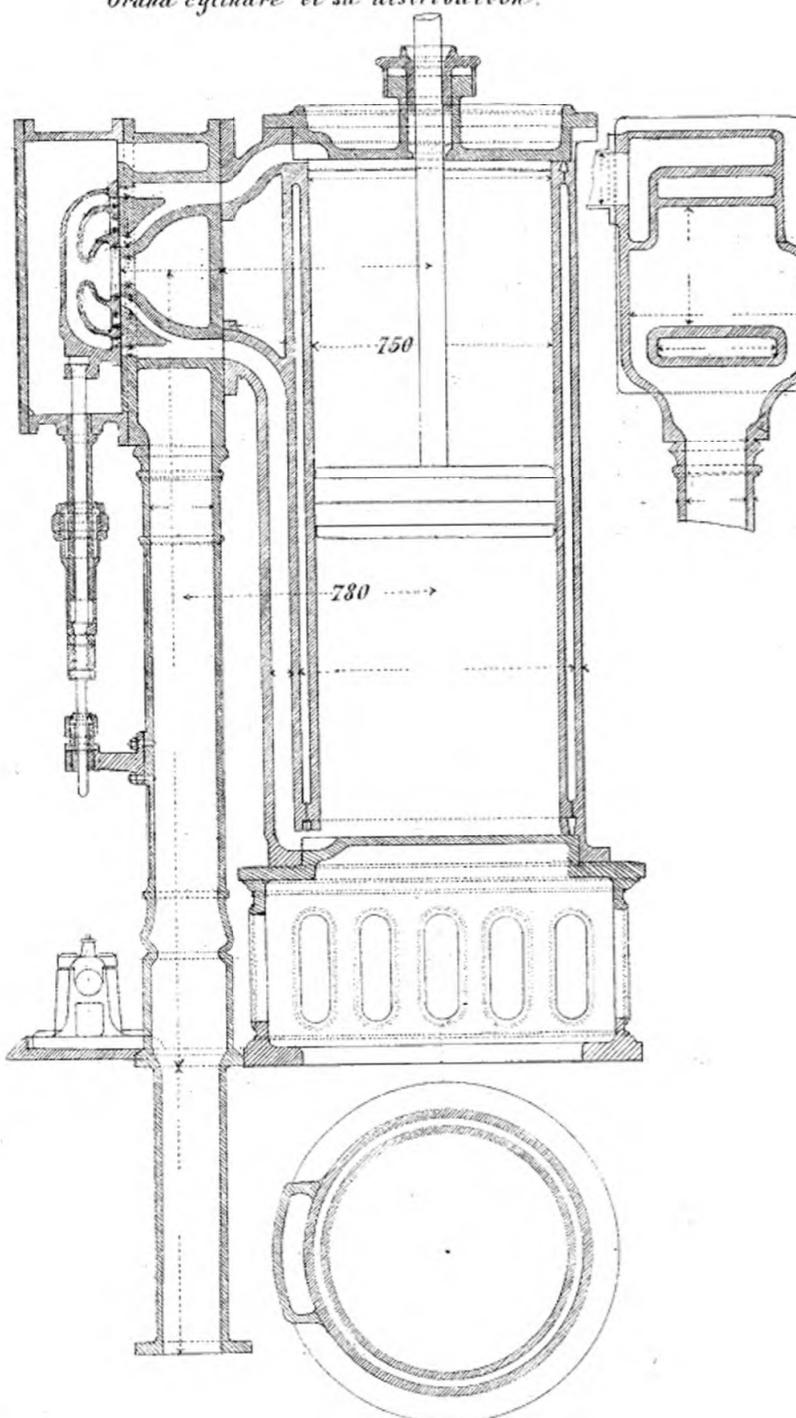


Fig. 5.  
Petit cylindre et sa distribution.

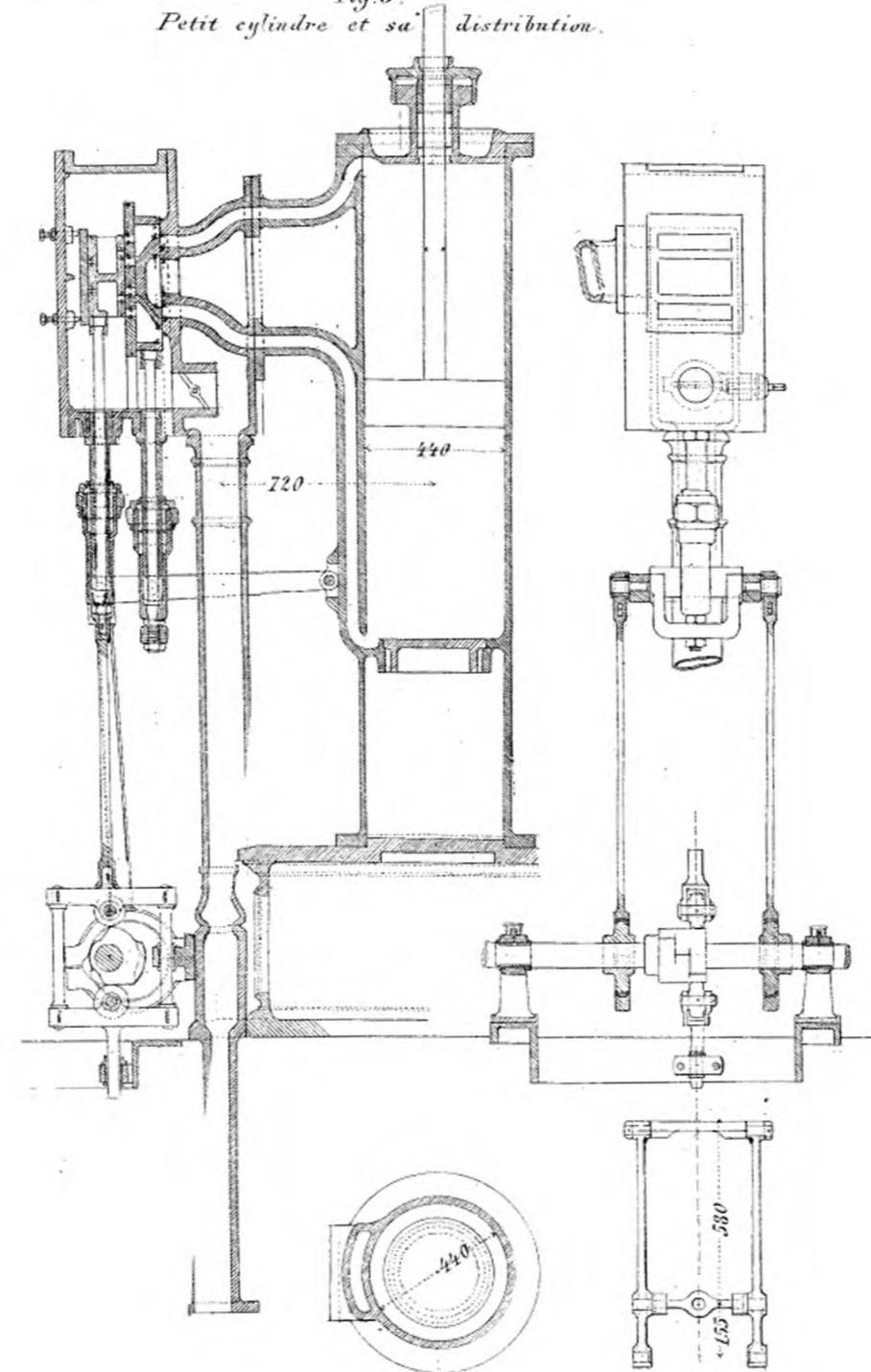
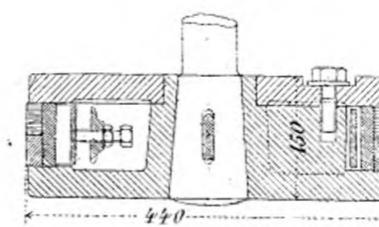
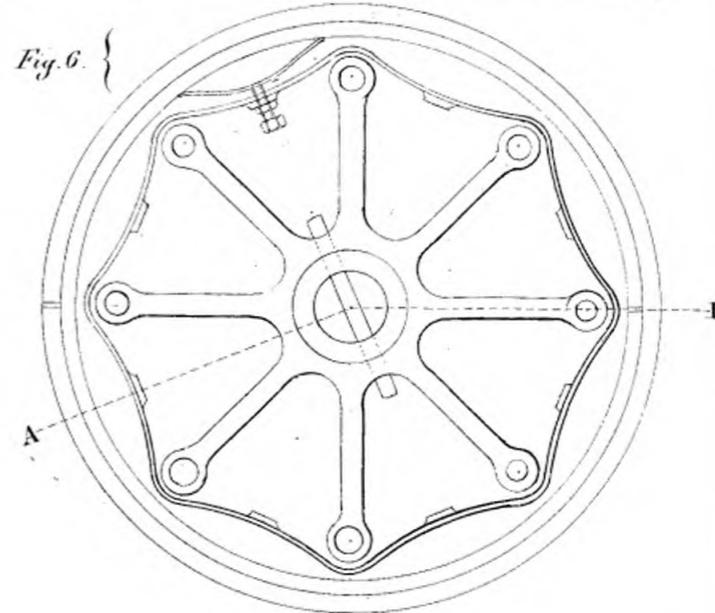
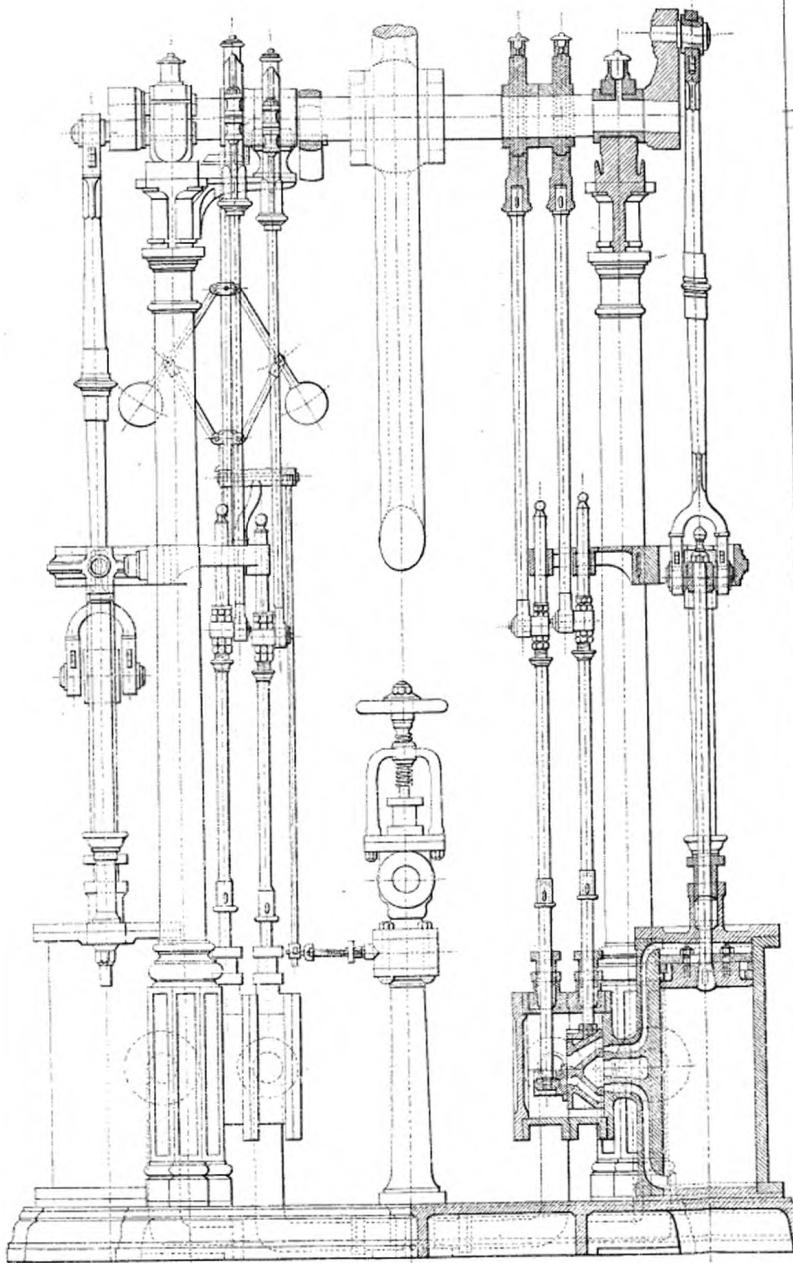


Fig. 6. {



MACHINE DE M<sup>E</sup> LAROCHAYMOND

## DIAGRAMMES PRIS A LA MACHINE DE M.M. CARRETT ET MARSHALL.

N<sup>o</sup> 1 Bas du grand cylindre  
Pression moyenne 0<sup>8</sup> 66 par e.q.

N<sup>o</sup> 4 Haut du grand cylindre  
Pression moyenne 0<sup>8</sup> 73 par e.q.

N<sup>o</sup> 2. Bas du petit cylindre  
Pression moyenne 2<sup>8</sup> 16 par e.q.

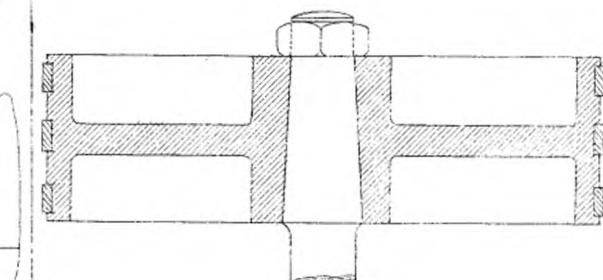
N<sup>o</sup> 3 haut du petit cylindre  
Pression moyenne 2<sup>8</sup> 0 8 par e.q.

Les tracés à basse pression  
sont à une échelle double des  
diagrammes à haute pression.

N<sup>o</sup> 1 et N<sup>o</sup> 2.

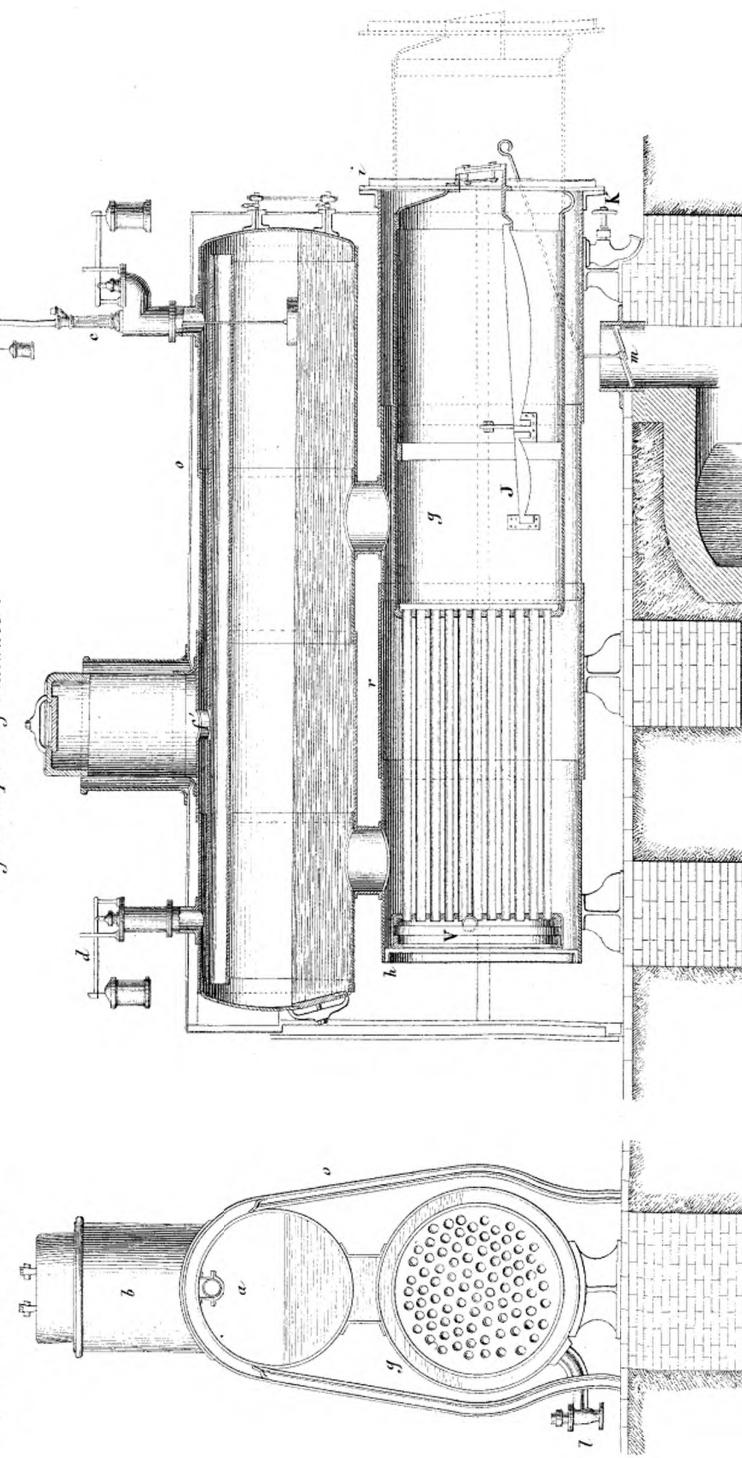
N<sup>o</sup> 3 et N<sup>o</sup> 4.

Diagrammes pris a la machine d'Allen.

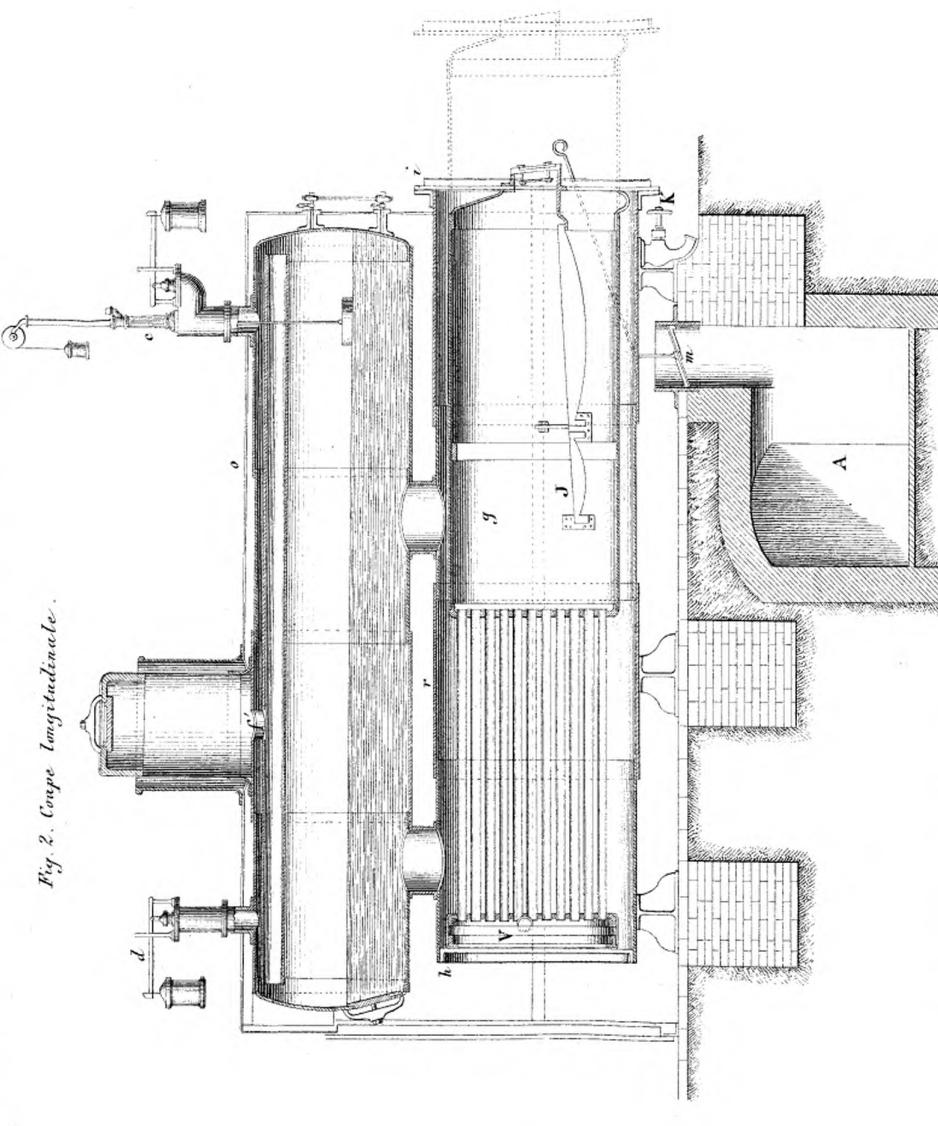
MACHINE DE M<sup>E</sup> LE GAVRIAN  
PISTON SUEDOIS.

CHAUDIERE A FOYER ET PUISSEAU TUBULAIRE MOBILES DE M<sup>RS</sup> FARCOT ET FILS.

*Fig. 1. Coupe transversale.*

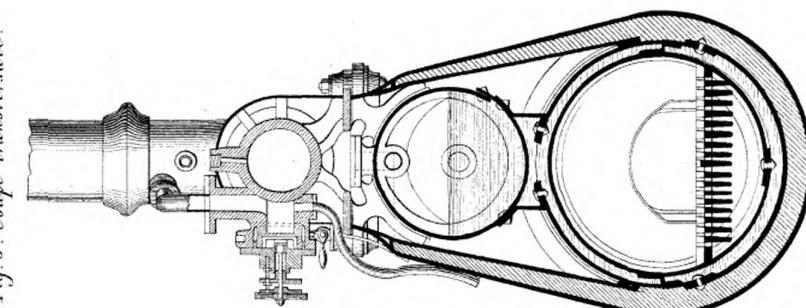


*Fig. 2. Coupe longitudinale.*

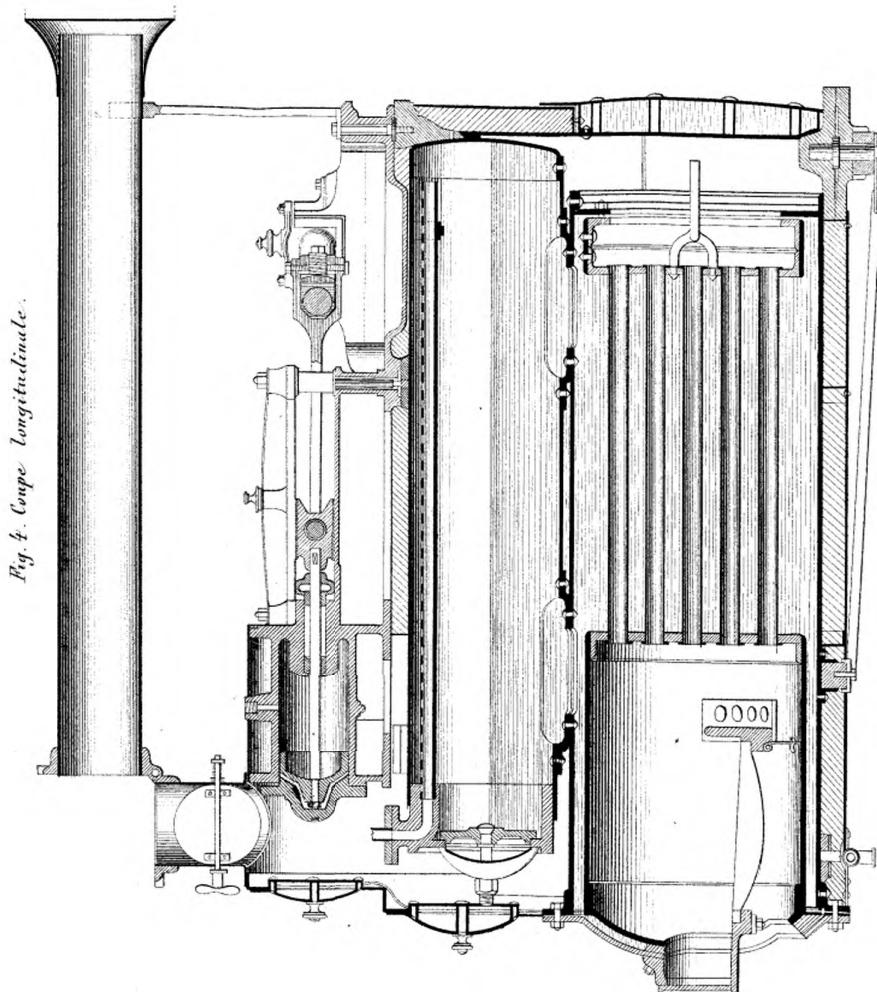


LOCOMOBILE DE M<sup>RS</sup> FARCOT ET FILS.

*Fig. 3. Coupe transversale.*



*Fig. 4. Coupe longitudinale.*



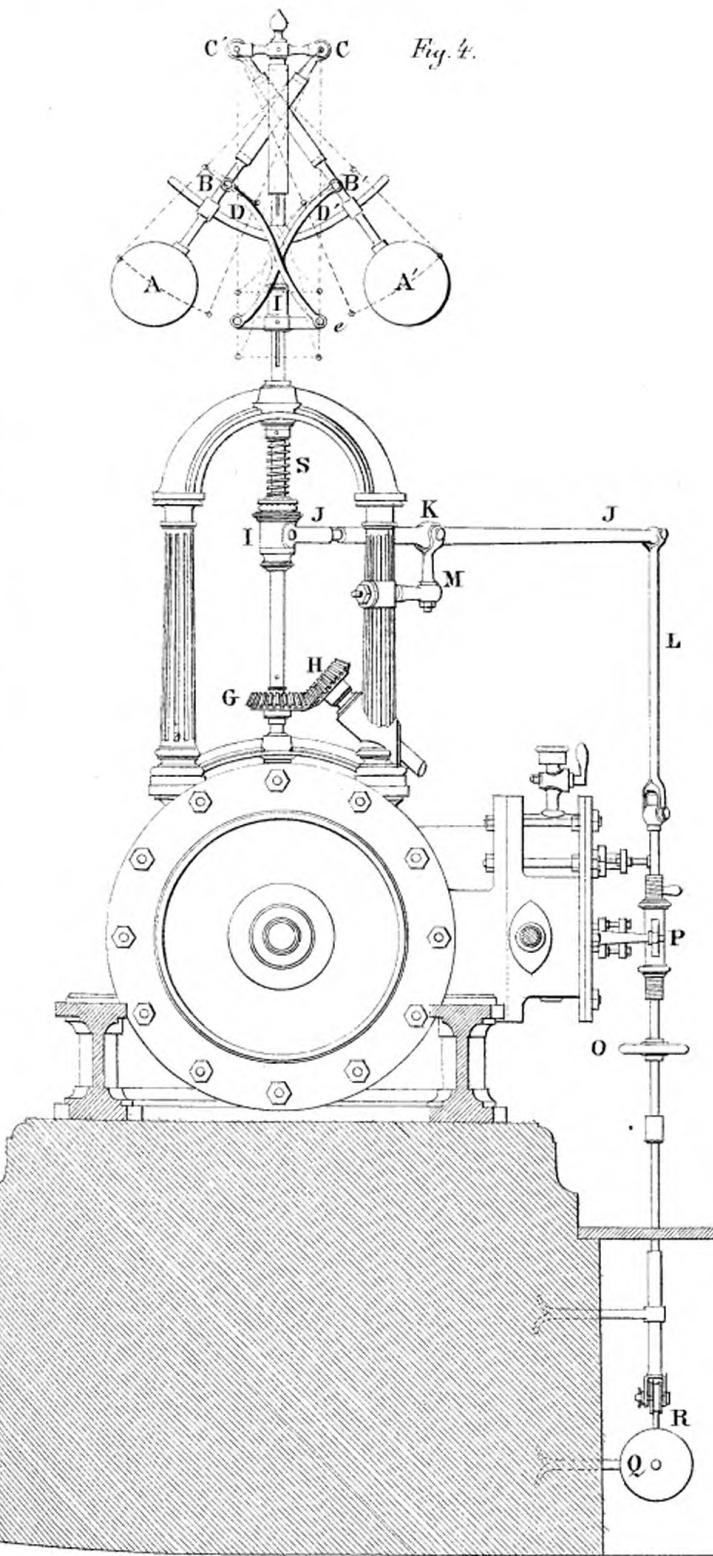


Fig. 4.

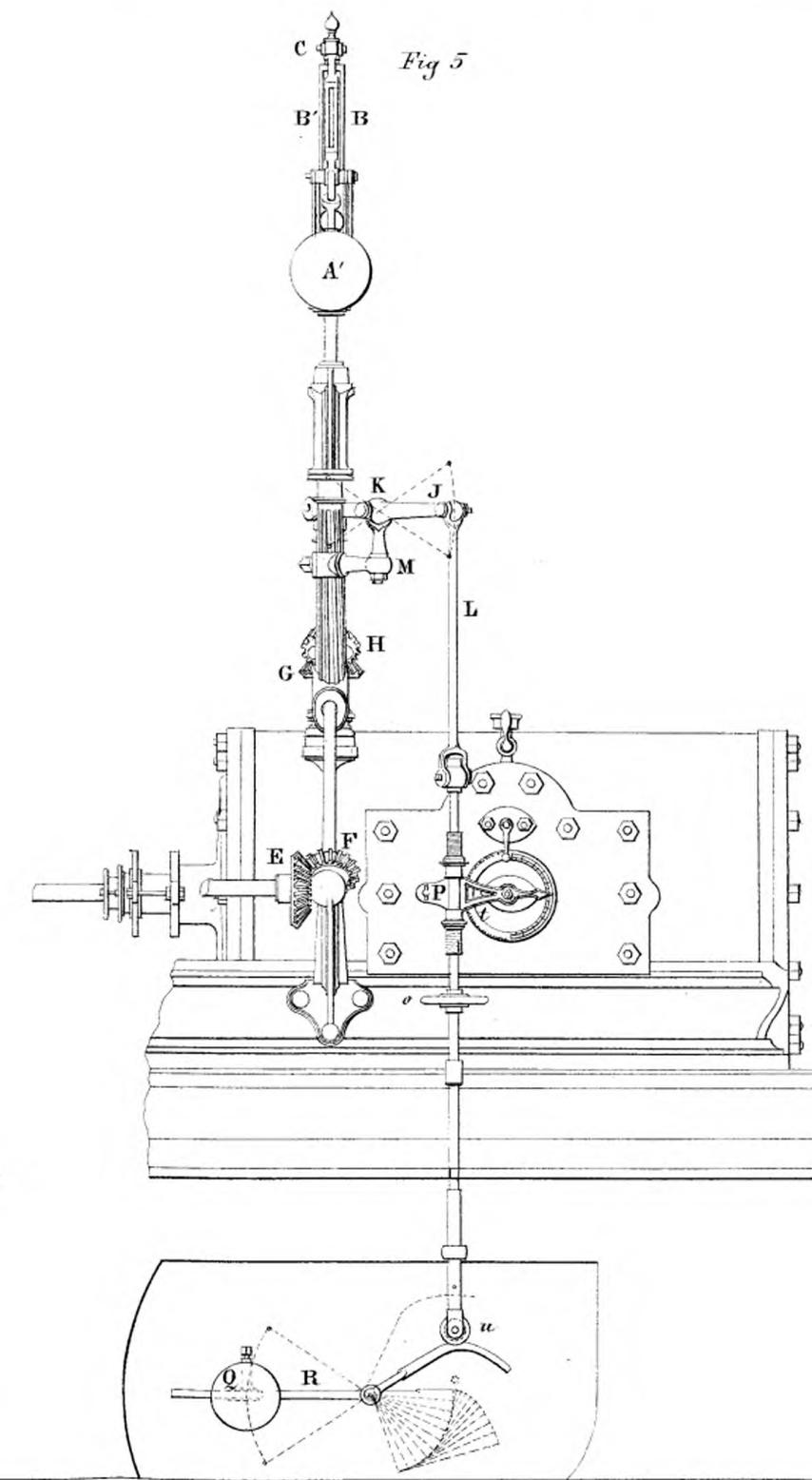
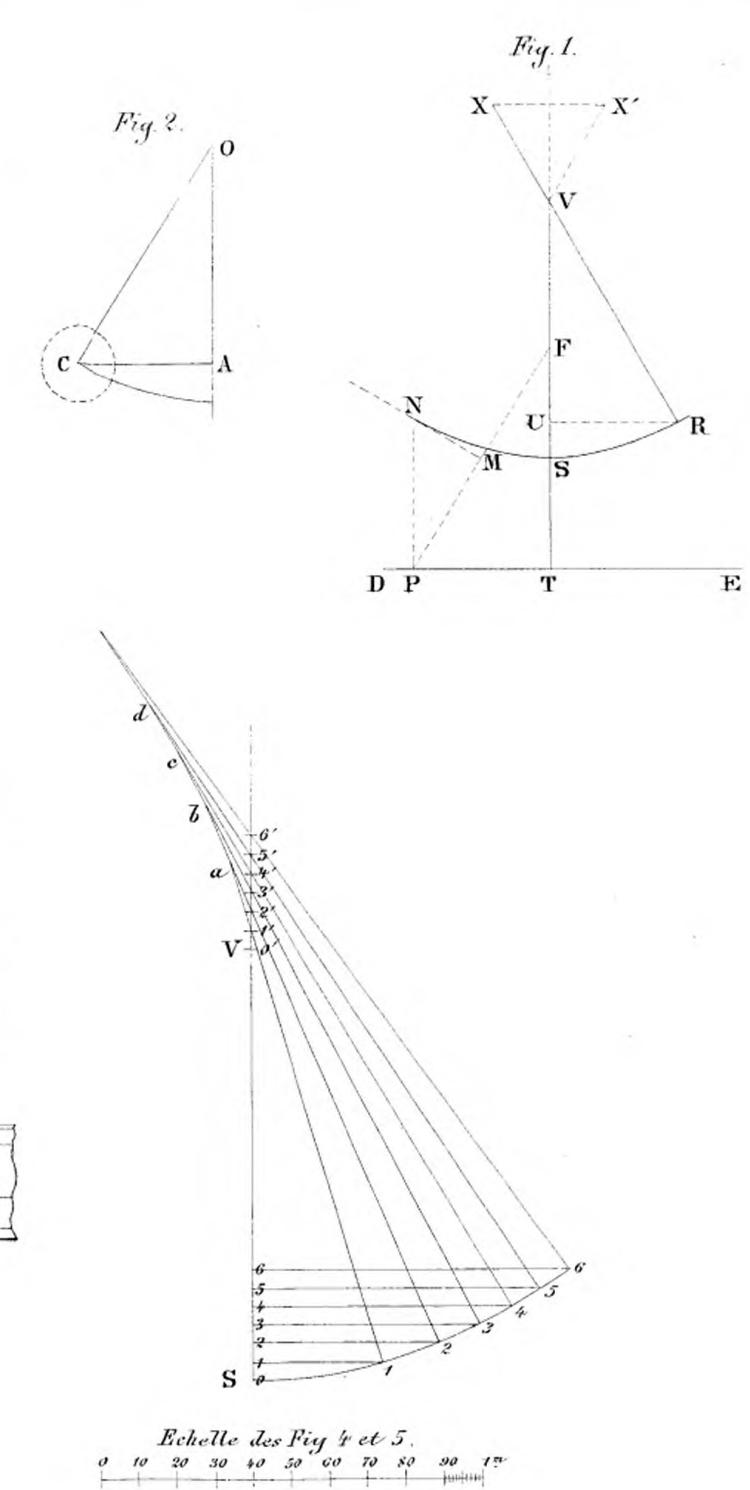


Fig. 5



Echelle des Fig. 4 et 5.

BATTEUSE LOCOMOBILE DE M. RENAUD.

Fig. 1.

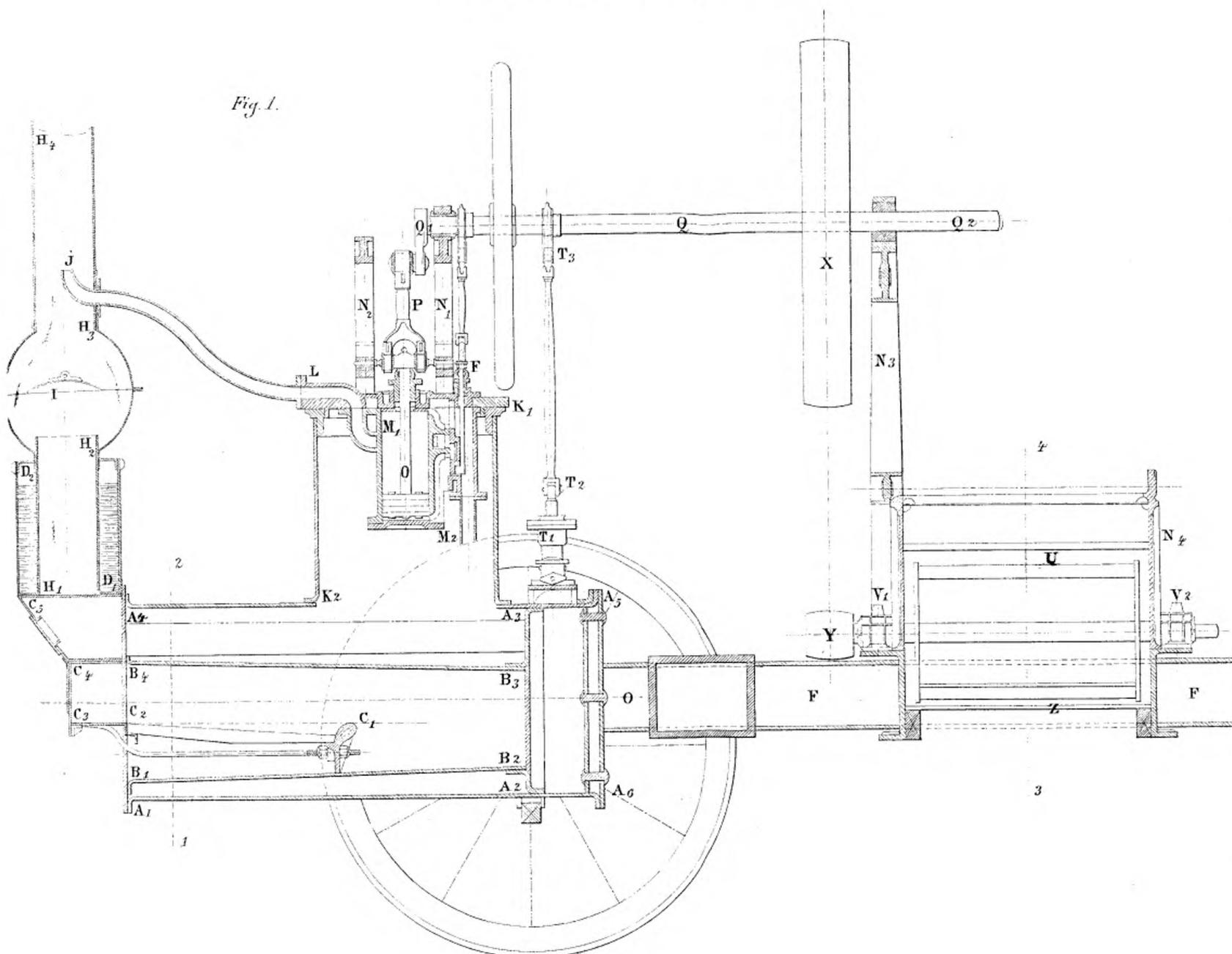


Fig. 2.  
Coupe suivit 1-2 Fig. 1.

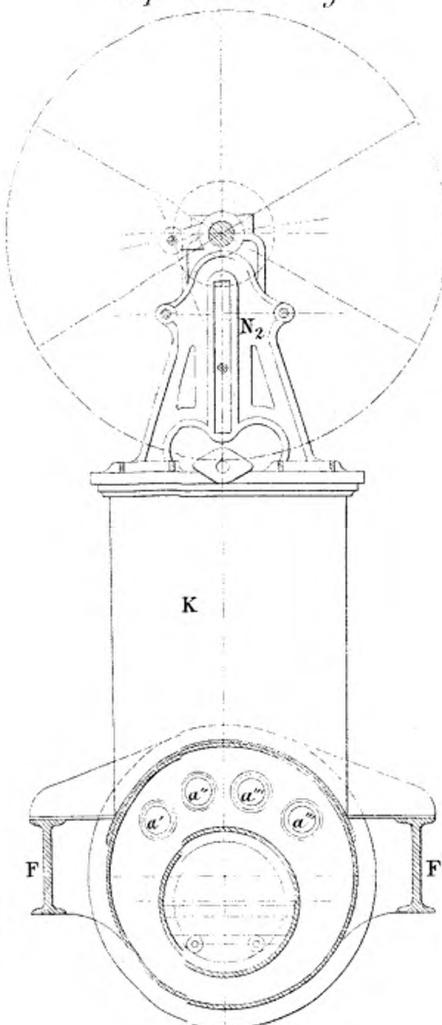
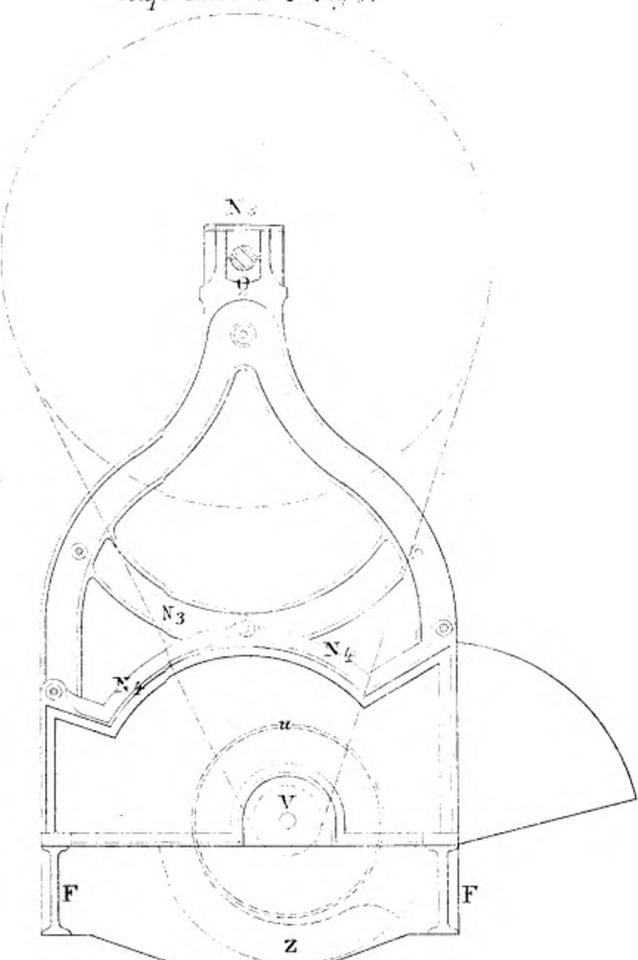
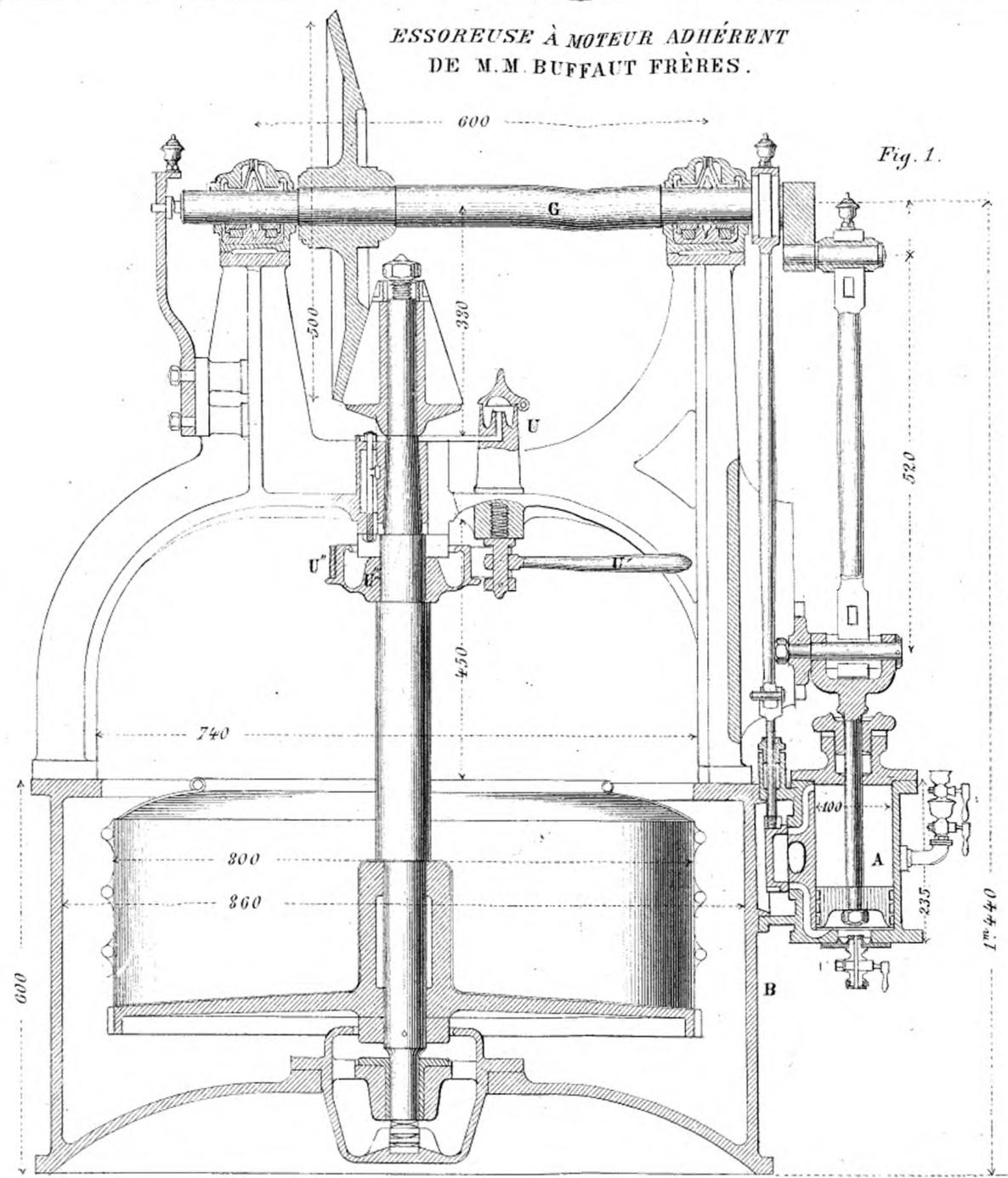


Fig. 3.  
Coupe suivit 3-4 Fig. 1.



*ESSOREUSE À MOTEUR ADHÉRENT  
DE M.M. BUFFAUT FRÈRES.*



*ESSOREUSE DE M. HANREZ.*

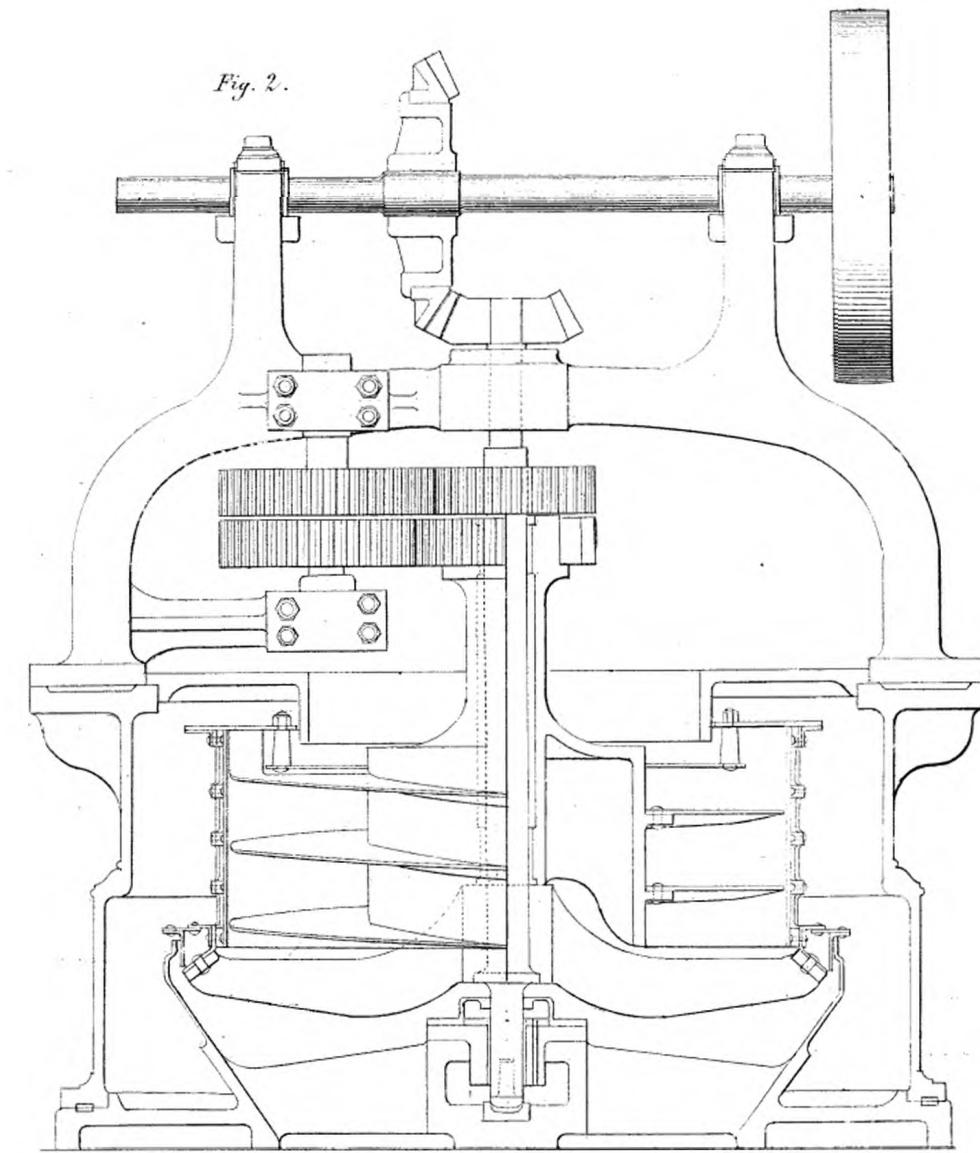


Fig. 1. CHAG EY  
Cie des forges d'Audincourt.

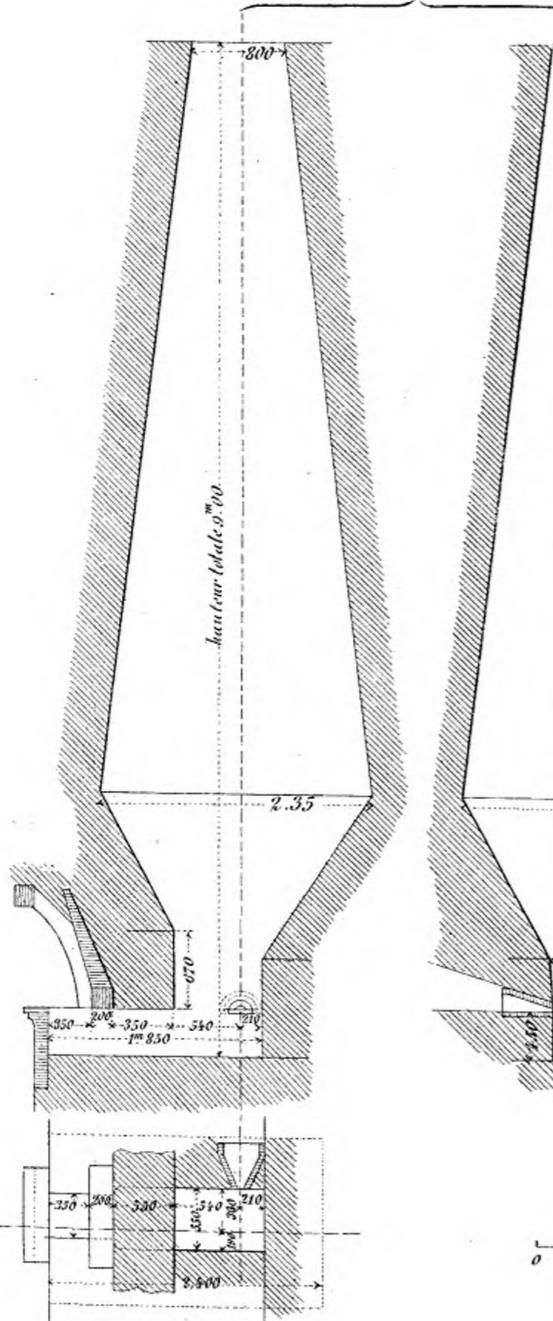


Fig. 2. PESMES et VALAY.  
Cie des forges de Franche Comté.

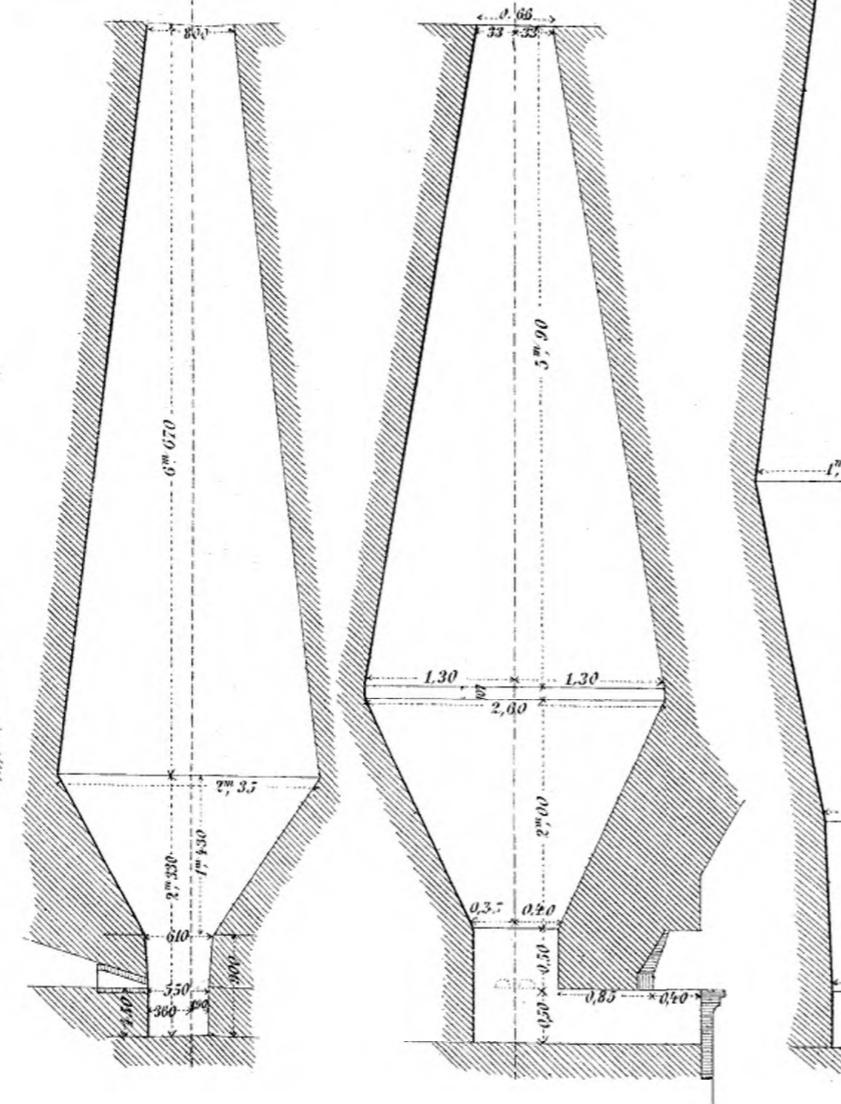


Fig. 3. ALLEVARD

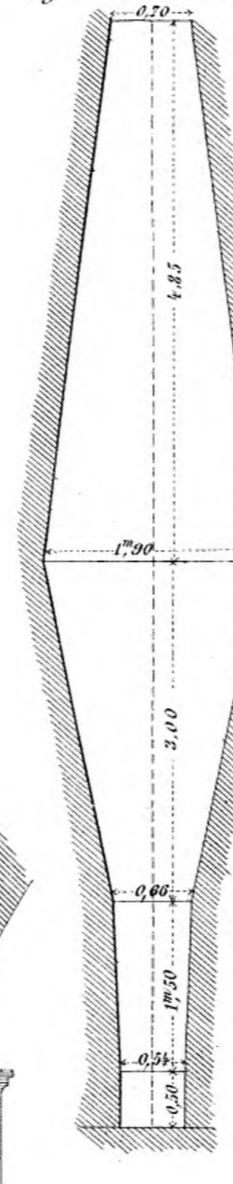


Fig. 4. TOGA

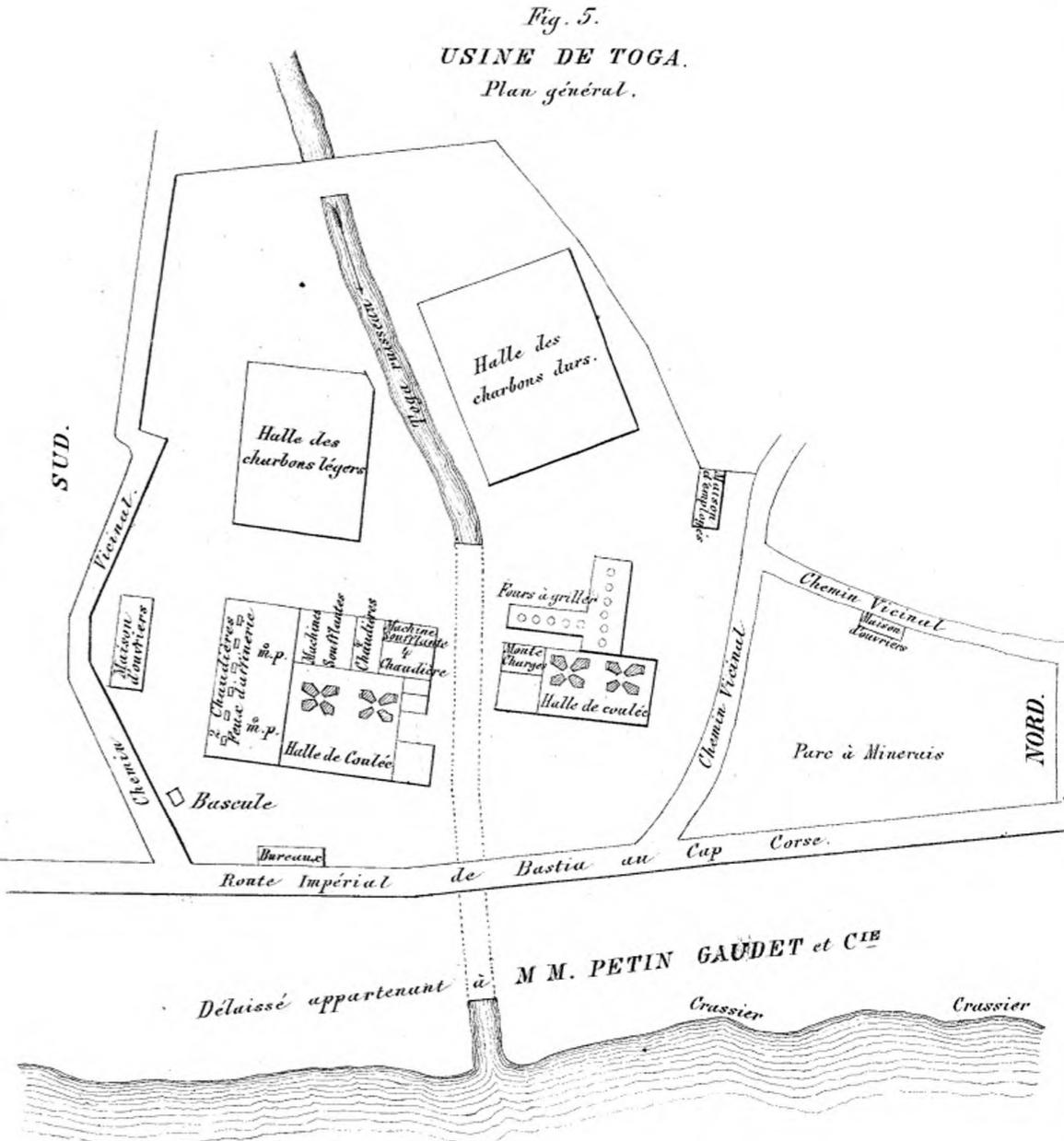
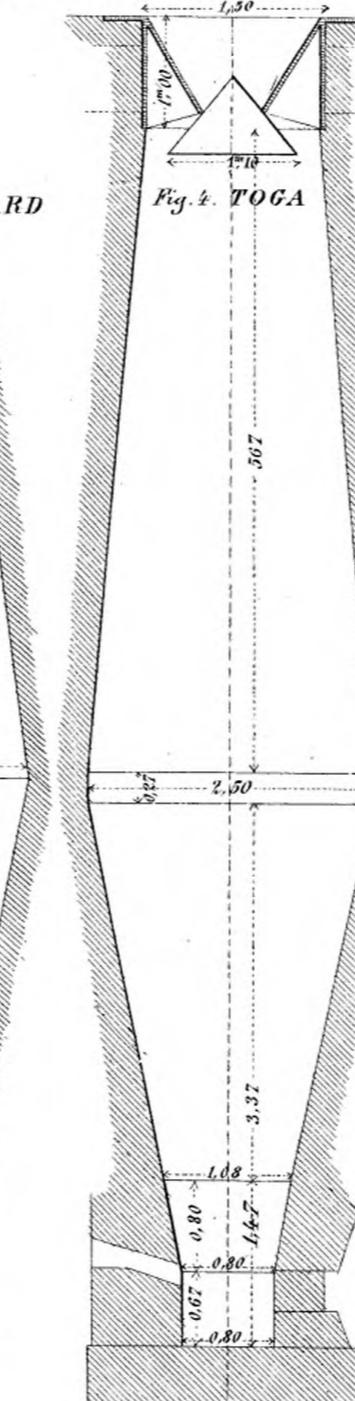
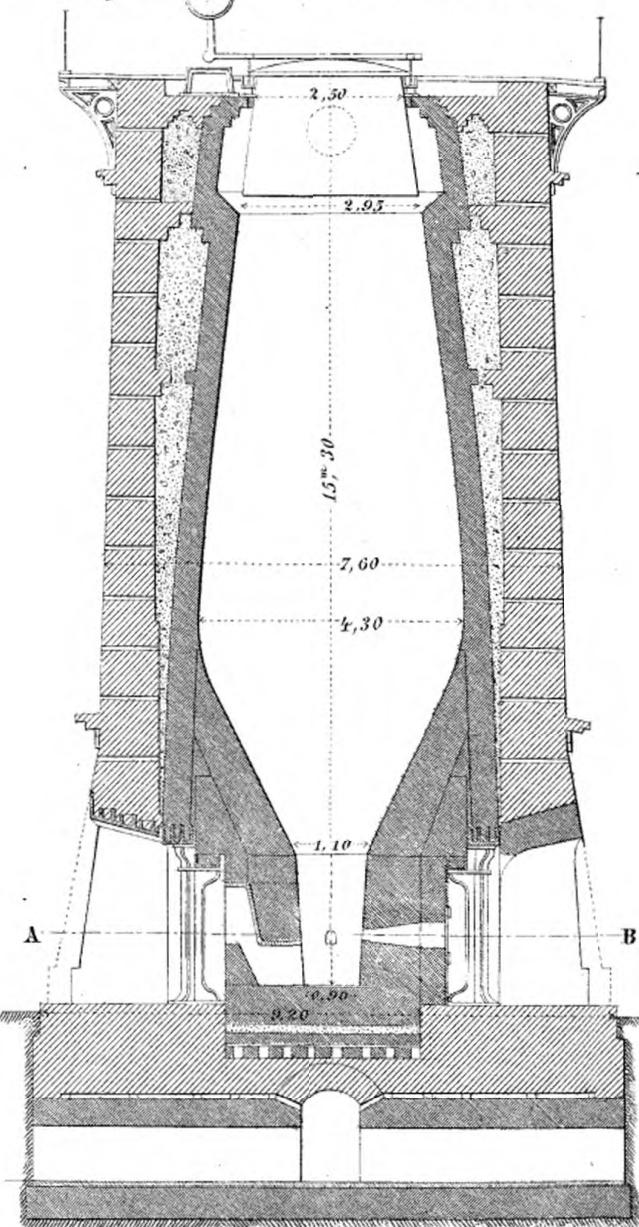


Fig. 5.  
USINE DE TOGA.  
Plan général.

Echelle du plan général.

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 m.

Fig. 1. ARS SUR MOSELLE.



Coupe horizontale AB.

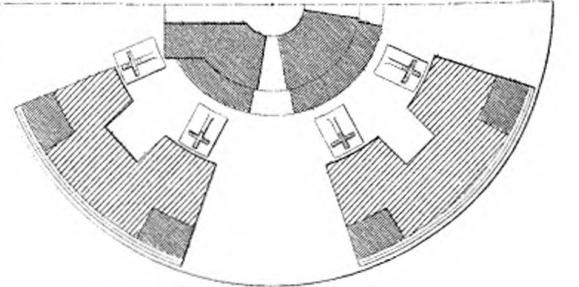


Fig. 2. CREUSOT

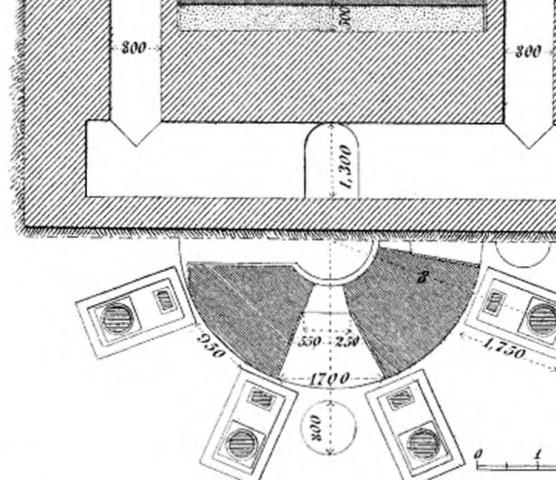
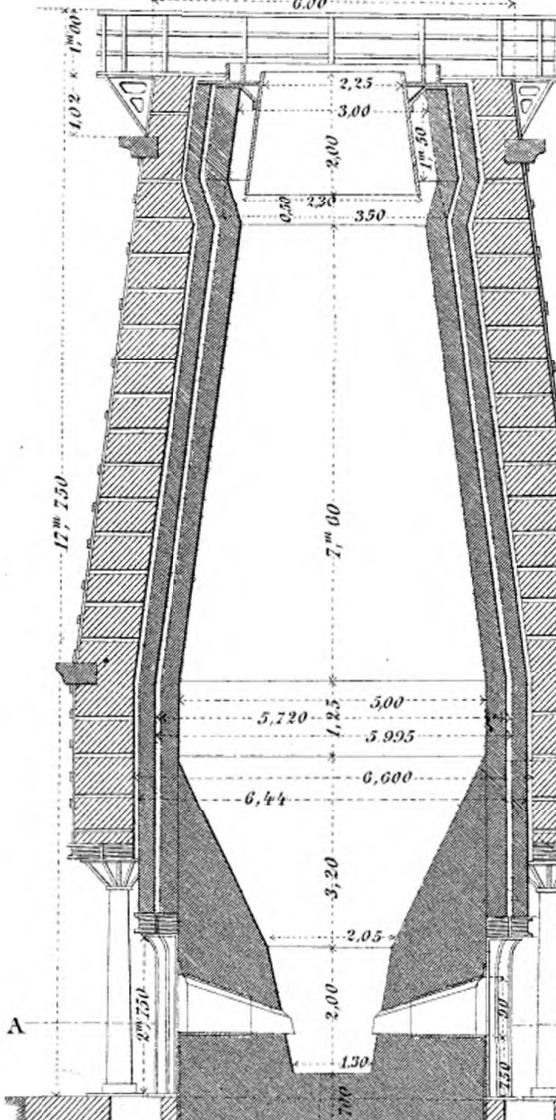


Fig. 3 S<sup>t</sup> LOUIS.

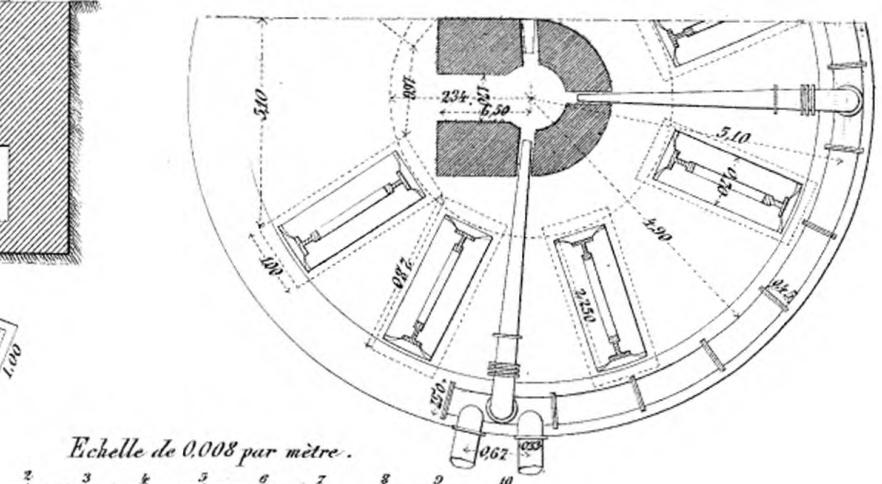
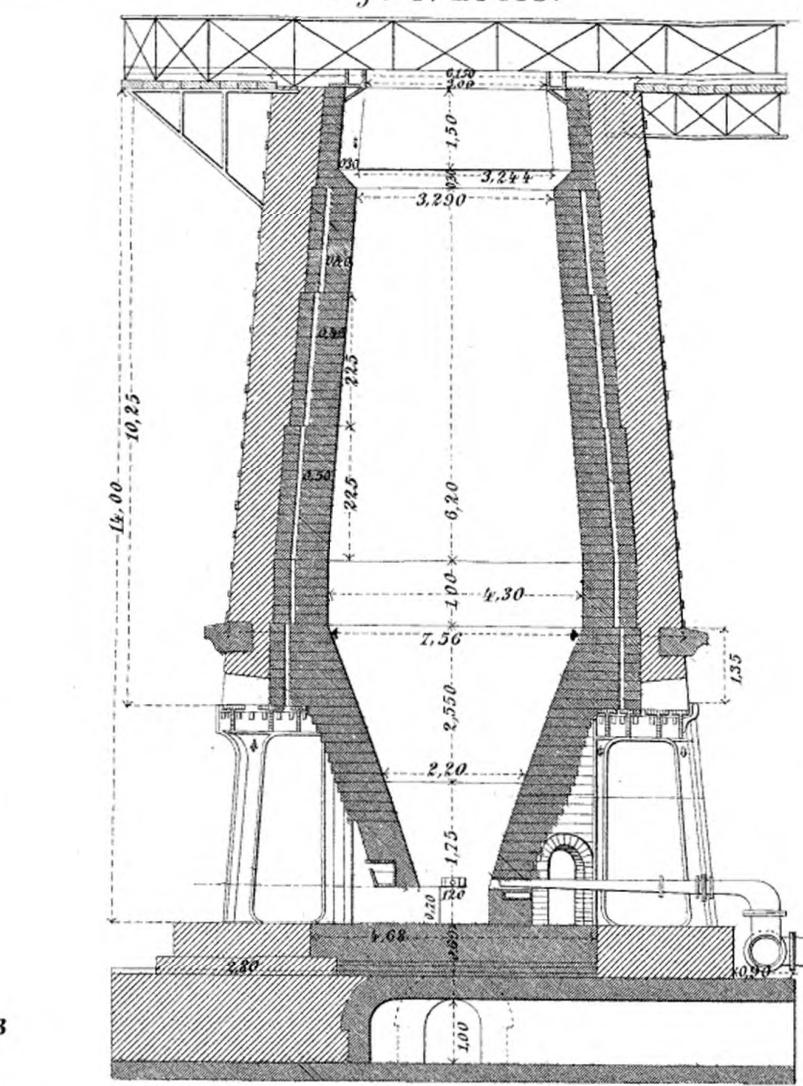
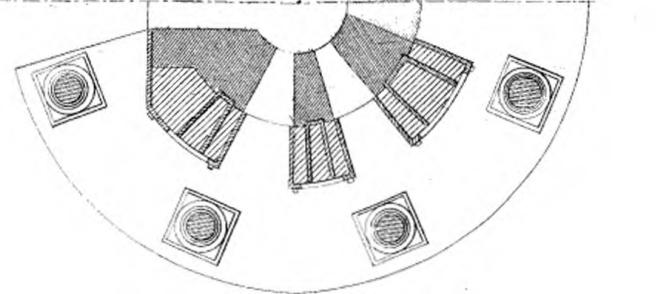
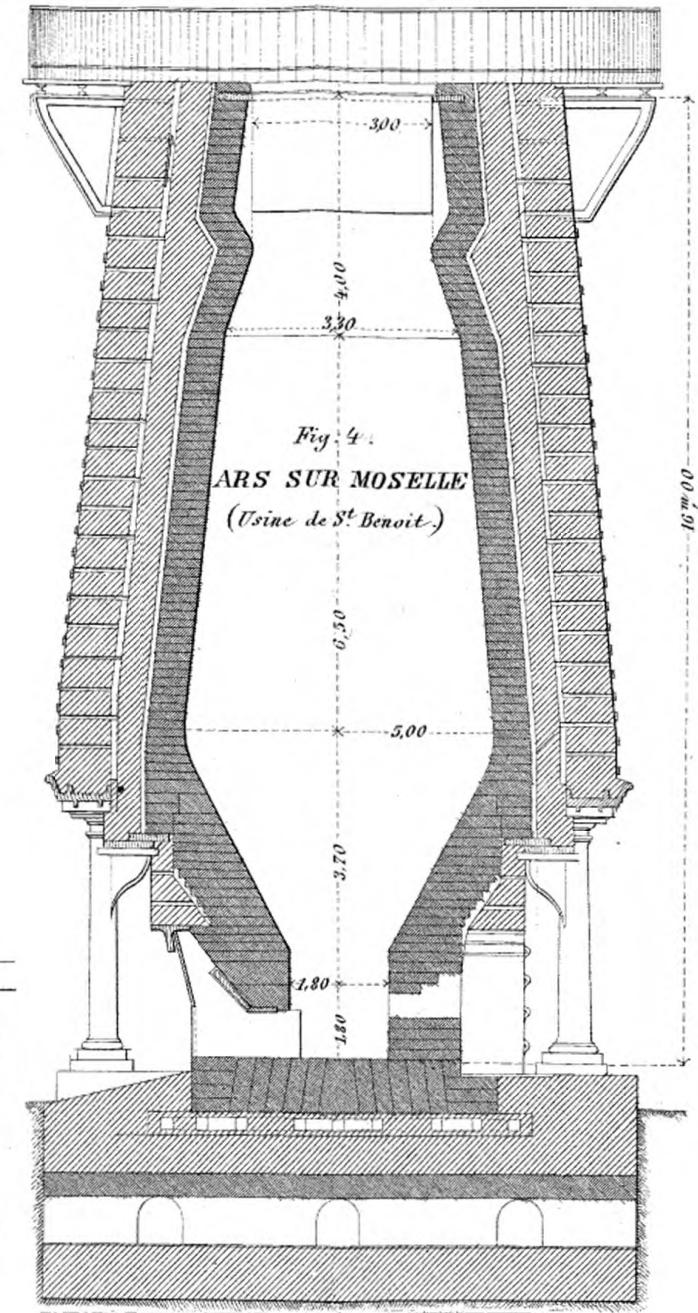


Fig. 4.

ARS SUR MOSELLE  
(Usine de St Benoit.)



Echelle de 0,008 par mètre.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

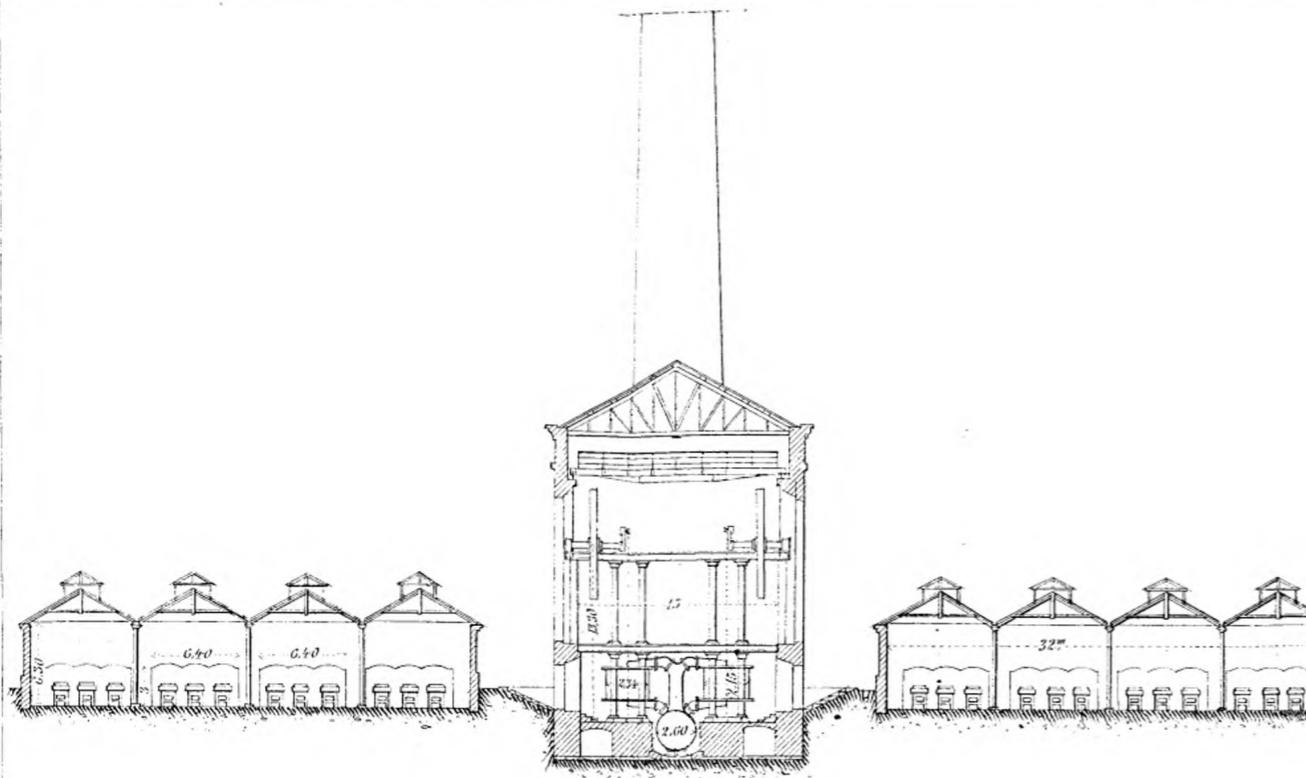
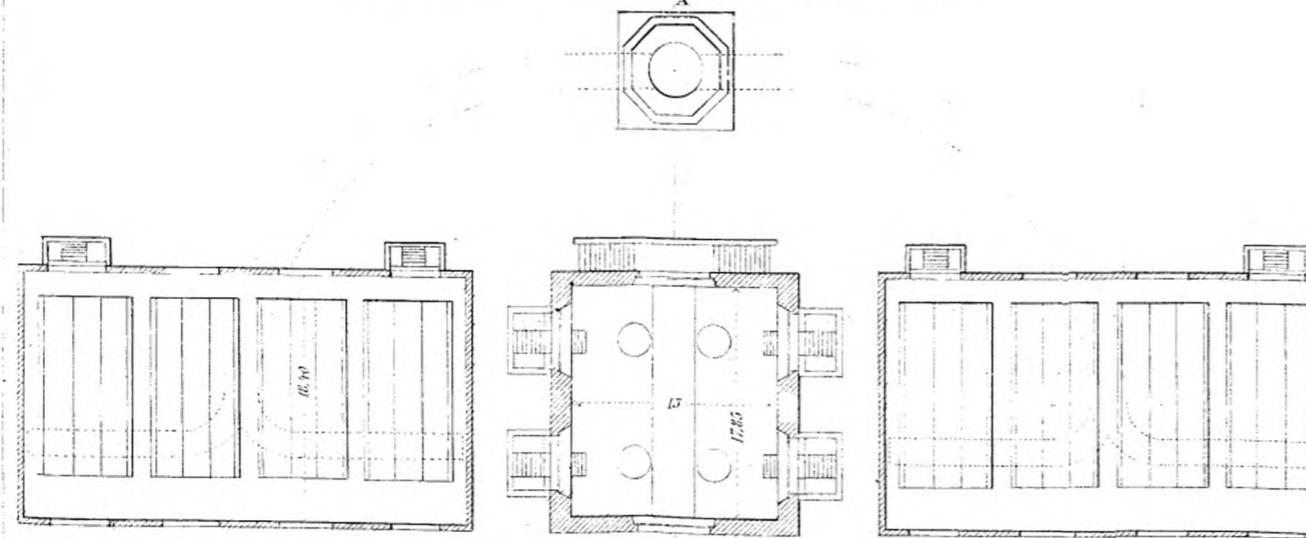
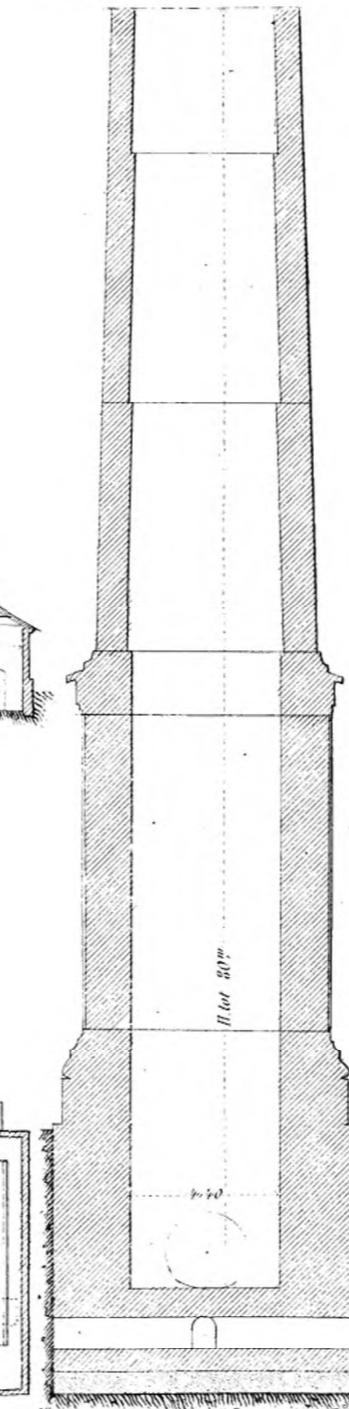
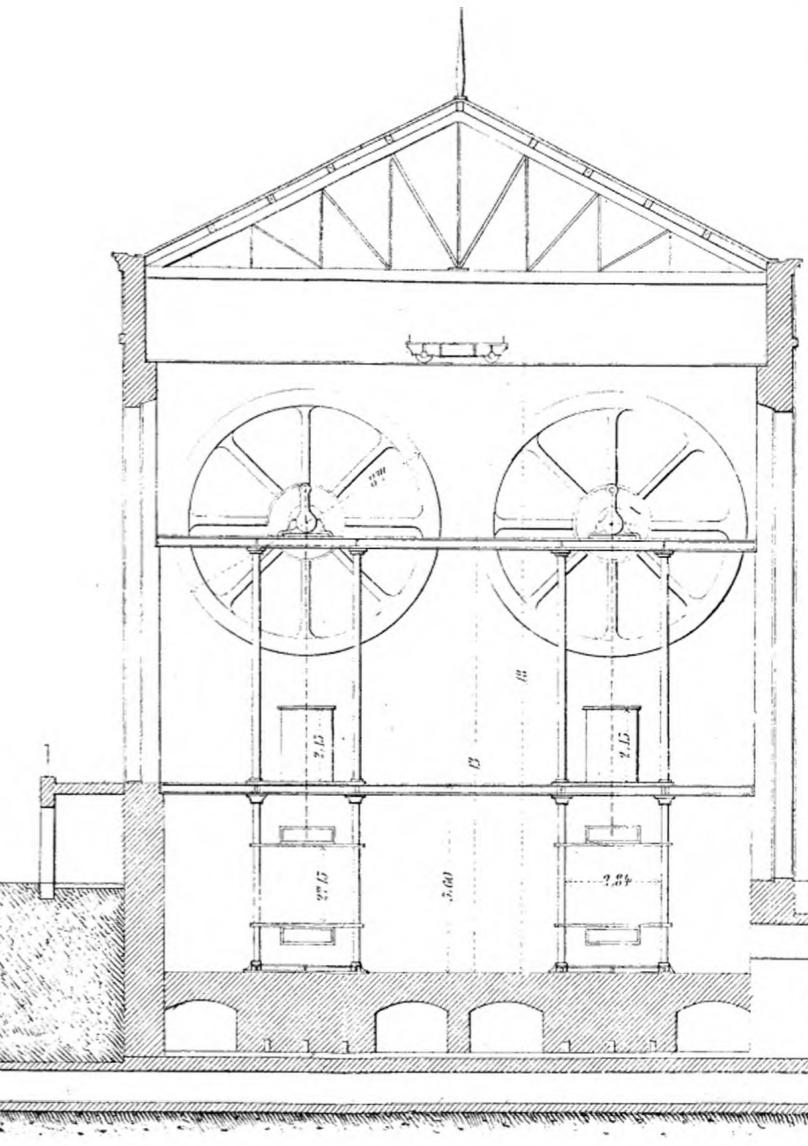
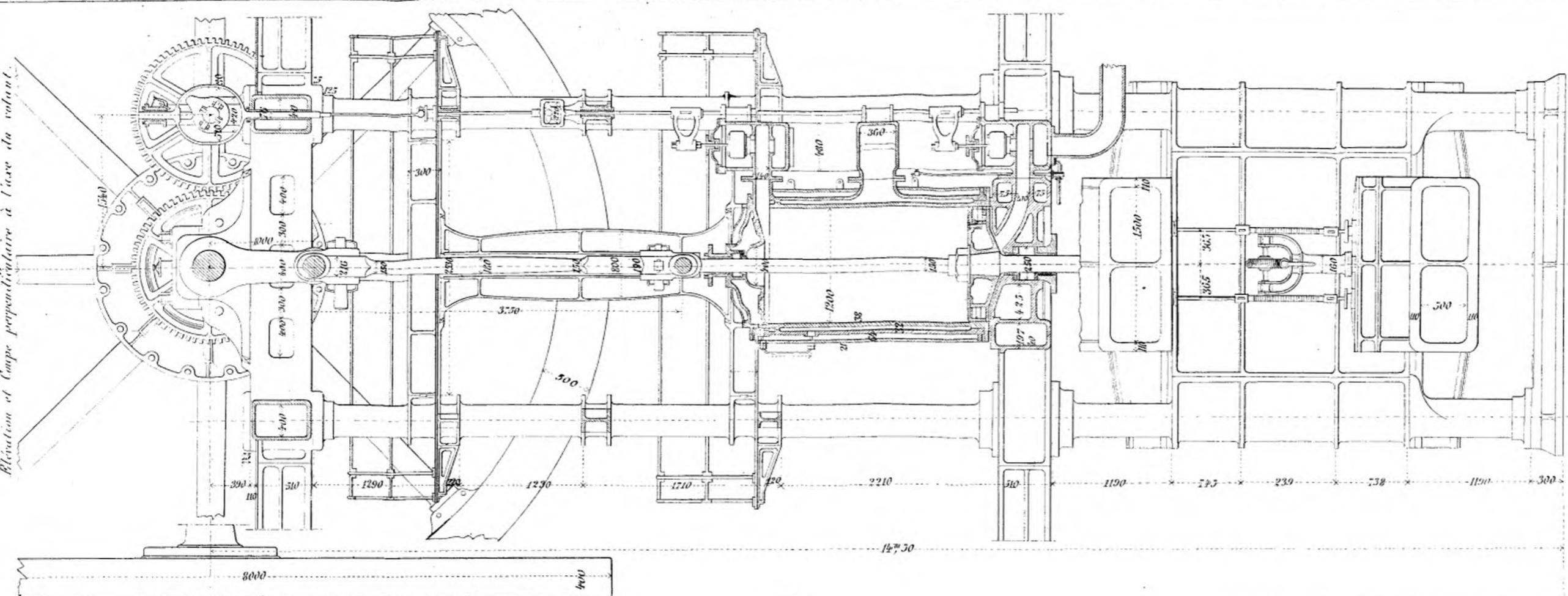


Fig. 1 et 2 Installation générale des machines et chaudières.

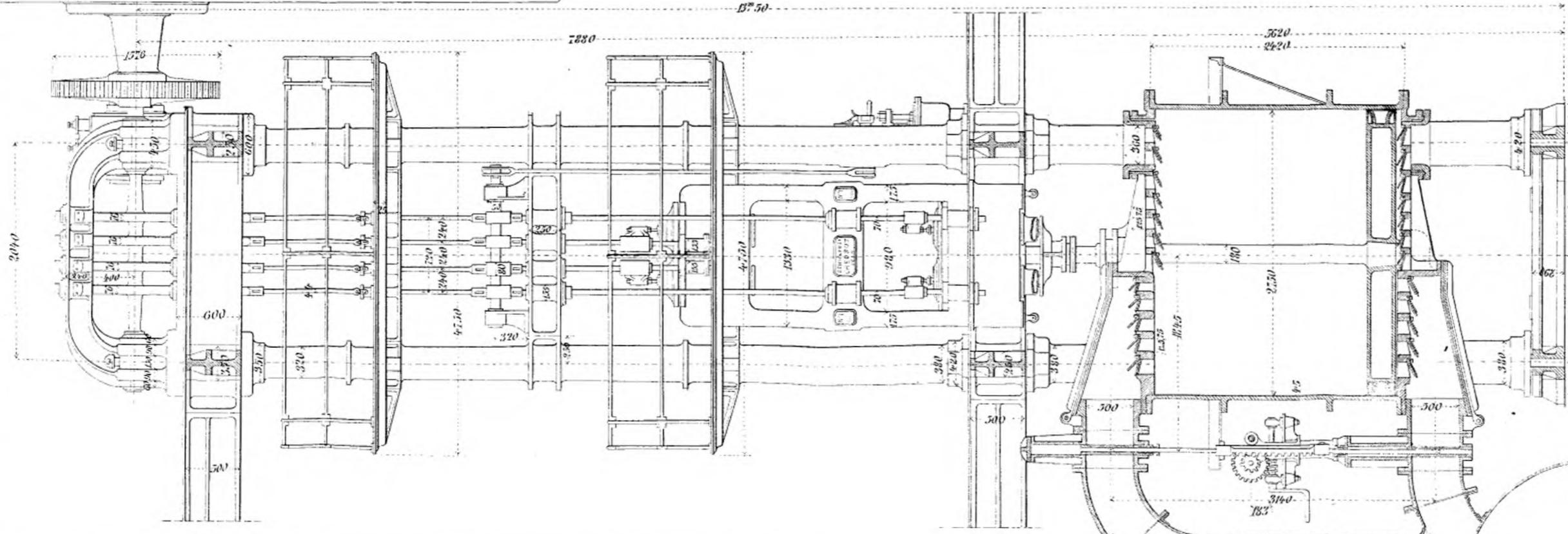
Echelle de 1/500  
BFig. 3 Coupe transversale suivant AB  
de la cheminée et du bâtiment des machines

Echelle de 1/200.

The diagram shows a vertical air duct. The elevation view on the left is a trapezoid with a wider top and a narrower bottom. The cross-section view on the right is a rectangle with a slightly irregular top edge.



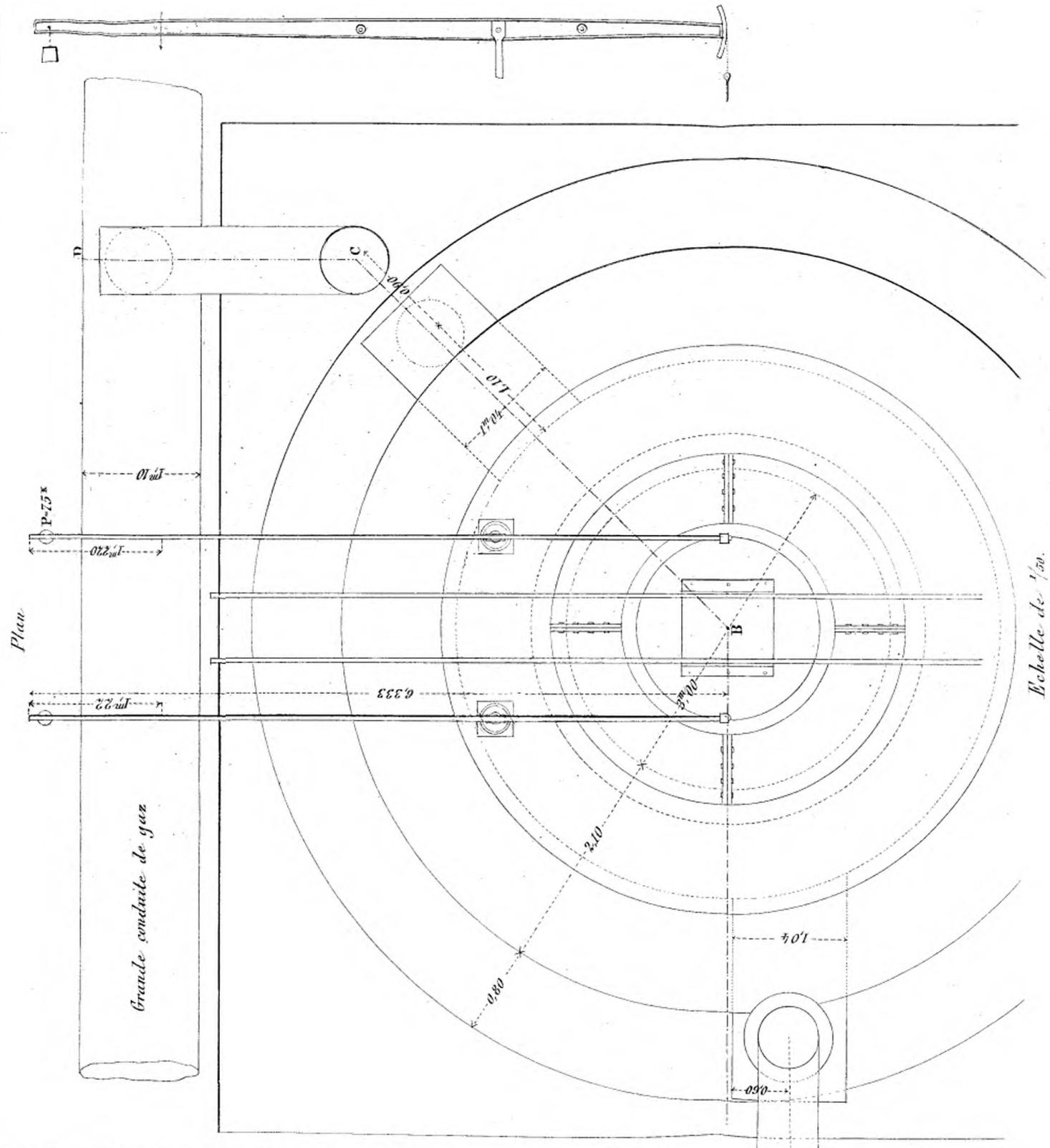
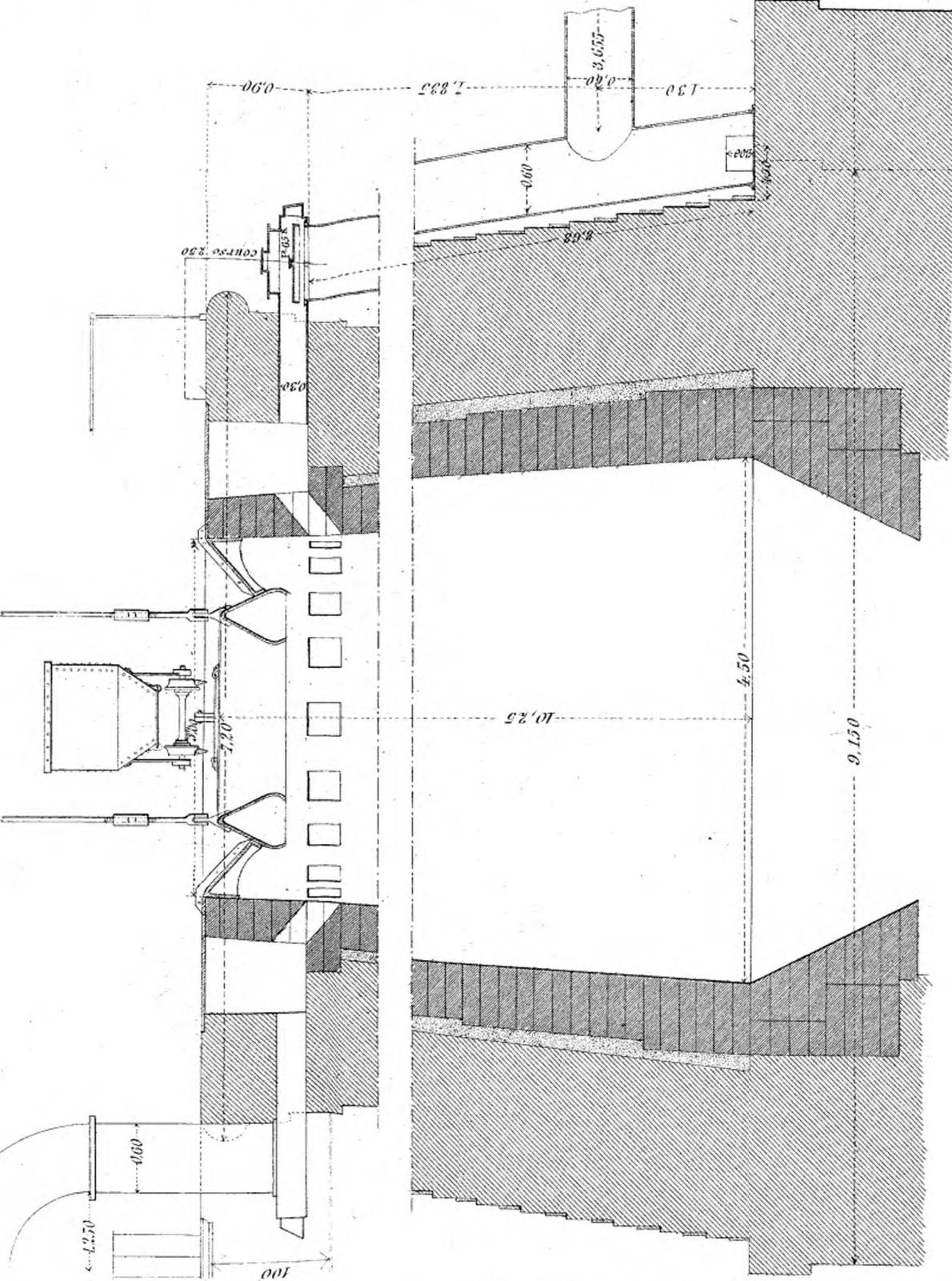
*Fig. I.*  
Parallèle à l'axe du volant.



Diamètre du cylindre à vapeur	1200
Diamètre du cylindre à vent	9550
Coupe des pistons	9100
Volume décriv par le piston à vent par course	M <sup>m</sup> 86
Nombre de tours par minute	15

Bichelle de la Motte

APPAREIL DE L'USINE DAUBIN (FRANCE).



QUER-PROFIL  
AUS DEM LAUTENTHALSGLUCKER GANGZUGE  
im Niveau der d. Feldortstrecke.

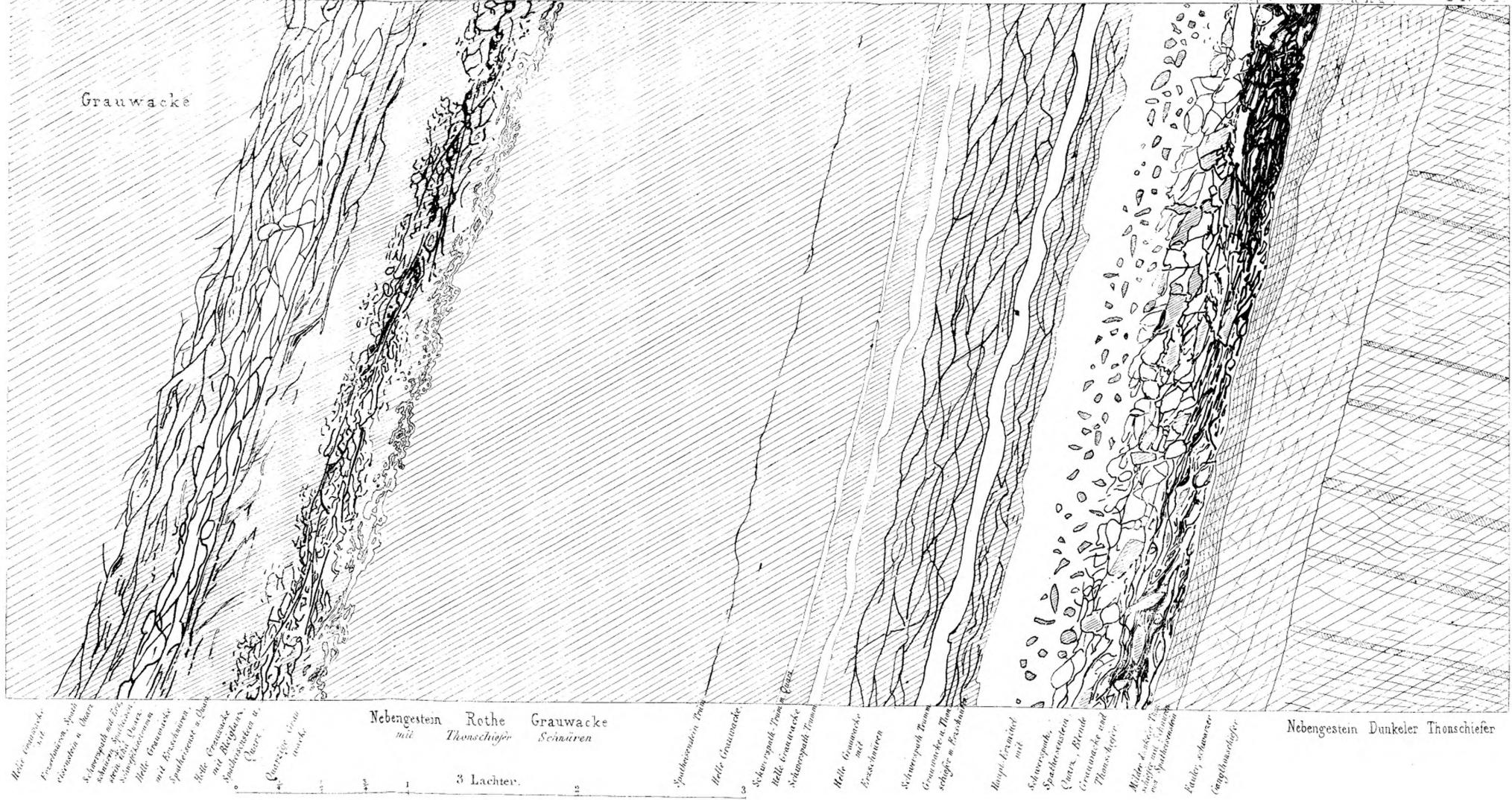


QUE R - PROFIL  
VON DEM HAUPTGANGE UND DEM HANGENDEN TRUMM DER GRUBE HÜLFE GOTTES  
IM NIVEAU DER 6. STRECKEN-FÖRSTE.

### Hängendes Trümmer.

## Hulfe Geitesser

Pl. 34



## QUER- PROFIL

## DES ZELLERFELDER HAUPTGANGES

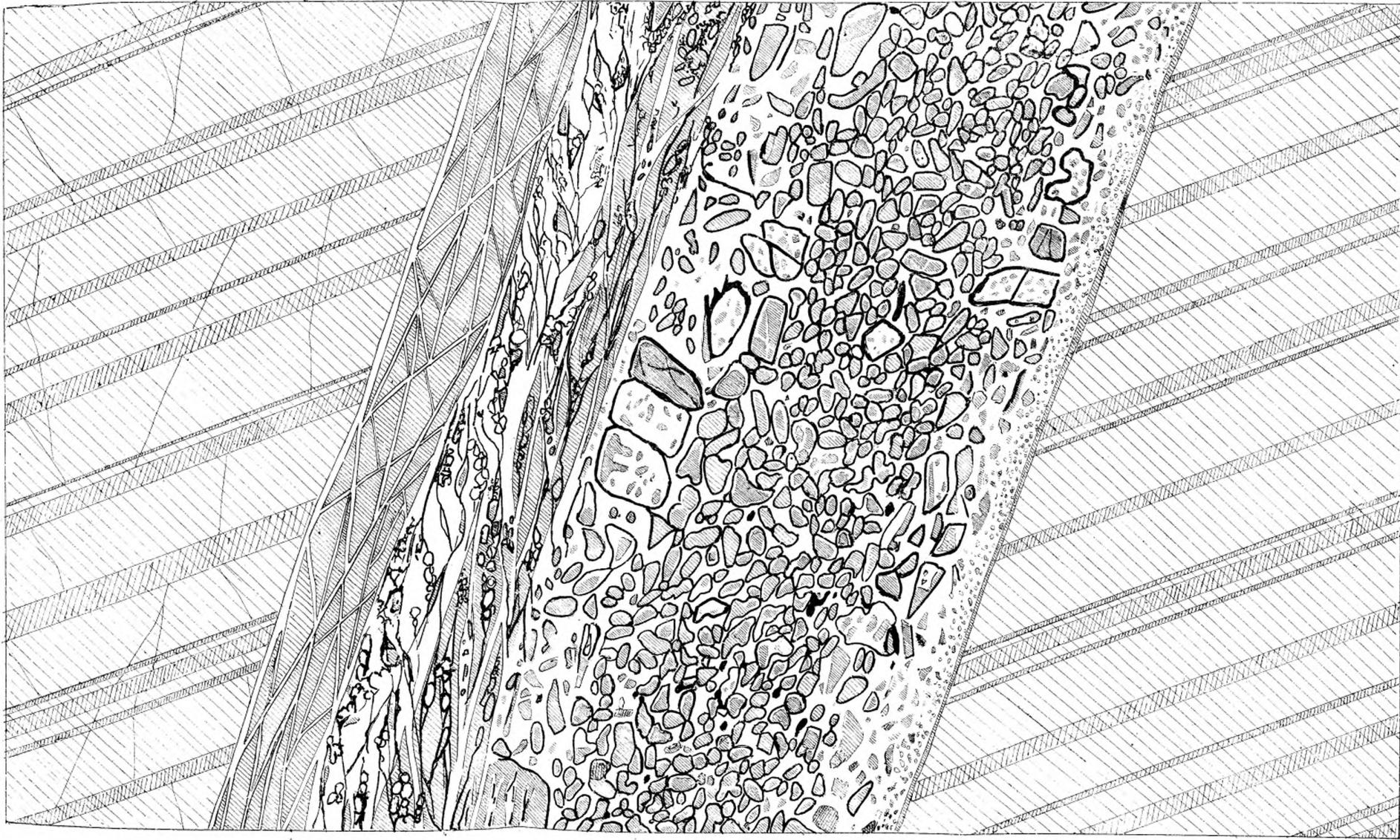
AUF DER GRUBE RING UND SILBERSCHNUR, IM NIVEAU DER 5. STRECKE.

Nebengestein.  
Grauwacke und Thonschiefer.

Kronkaleenberger Gang.

H a u p t g a n g .

Nebengestein Pl.35.



Gelbe Grauwacke

U. Kalkspath.

Bleiglanz

Thonschiefer

QUER PROFIL VON  
BURGSTADTER  
GANGZUGE.

Zwischen den Herzog Wilhemer  
und Anna Eleonore Schächte im  
niveau der 14 Quarschlagsstrecke.

## LÉGENDE.

Minerais.  
Galène et Blende.

Veines de  
Quartz.

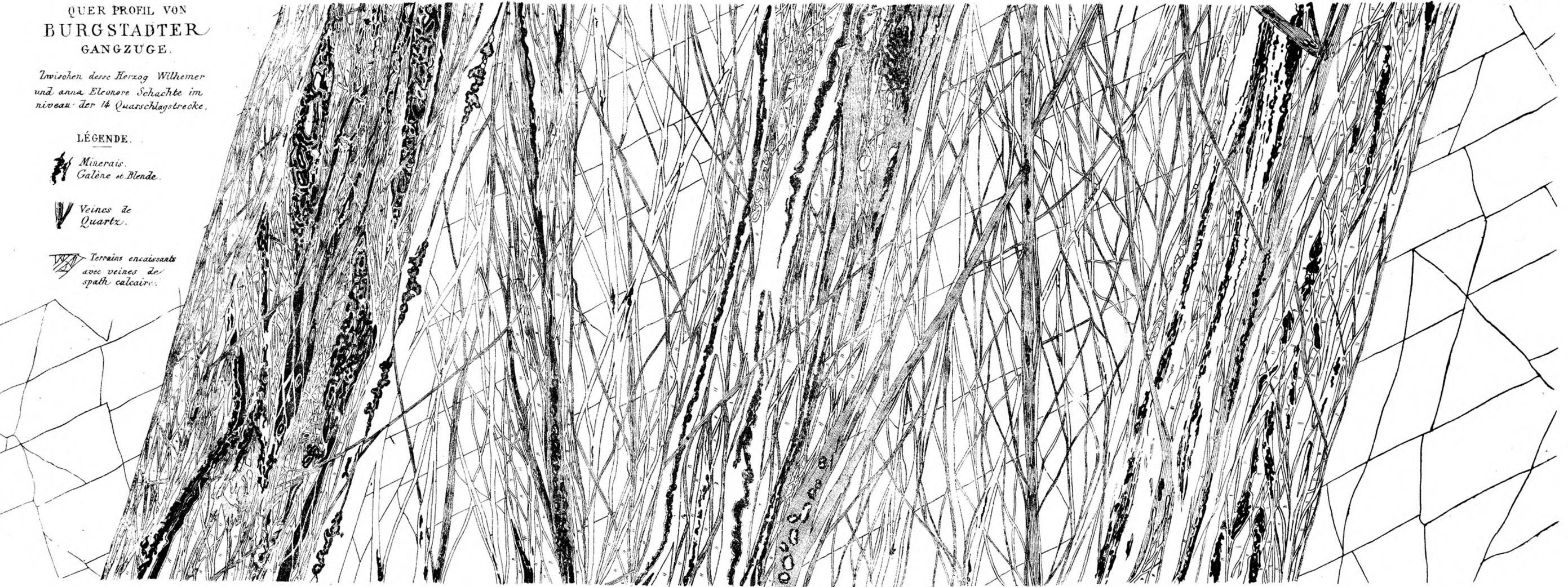
Terrains encaissants  
avec veines de  
spathe calcaire.

Kranicher Gang.

Diagonal Trumm.

Hangende -- Trumm.

Kauptgang Israeler gang



Echelle.

1 2 3 4 5 6 Lachters.