http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Auteur ou collectivité : Exposition universelle. 1878. Paris
Auteur : Bouhy, Victor
Titre : La fonte, le fer, l'acier à l'Exposition universelle de 1878

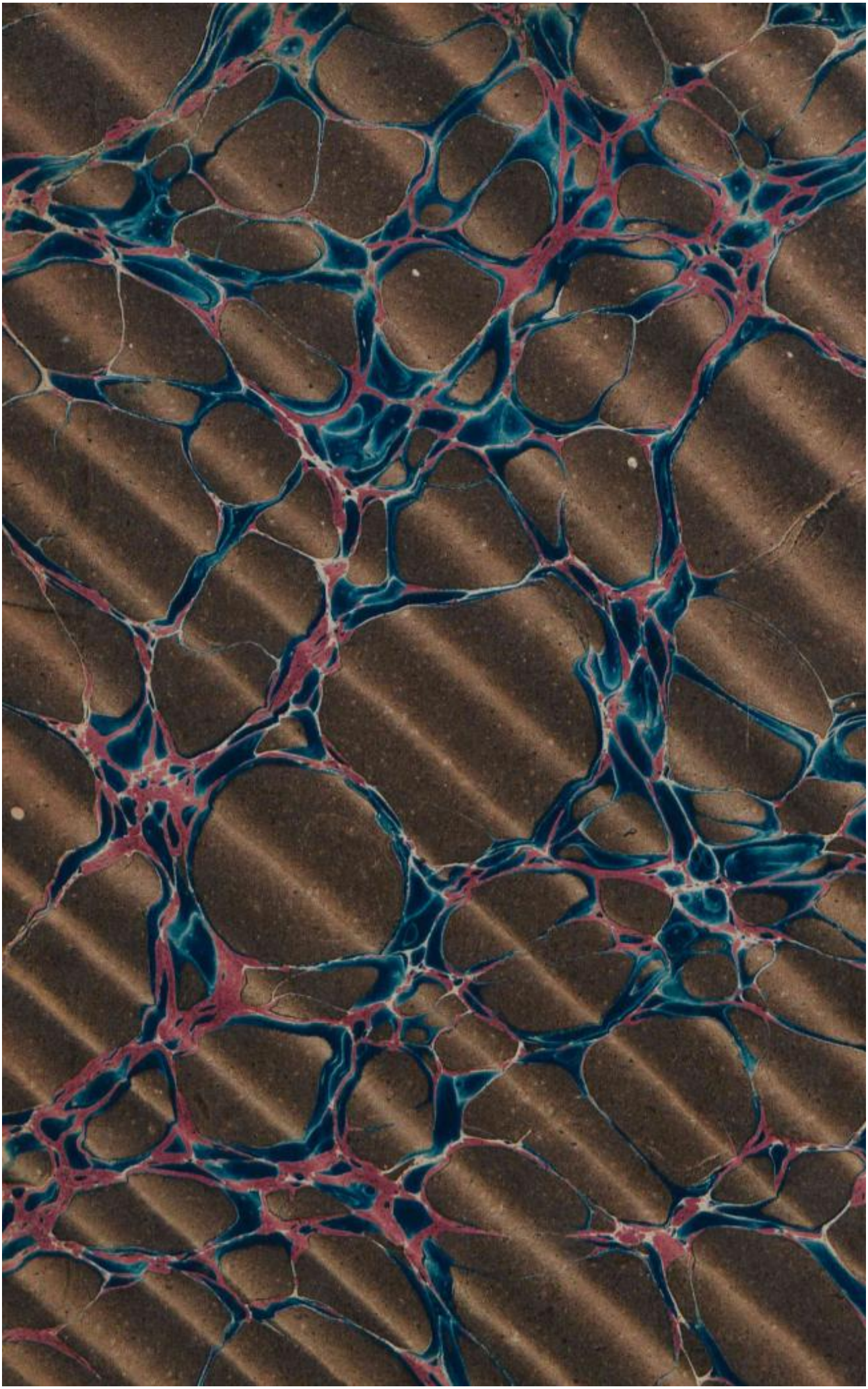
Adresse : Paris : J. Baudry libraire-éditeur, 1879
Collation : 1 vol. (495 p.-III f. de pl- [3] p.) ; 25 cm
Cote : CNAM-BIB 8 Xae 274
Sujet(s) : Exposition internationale (1878) ; Paris ; Fer -- Métallurgie -- 19e siècle ; Acier -- 19e siècle
Langue : Français

Date de mise en ligne : 21/12/2017
Date de génération du document : 28/2/2018

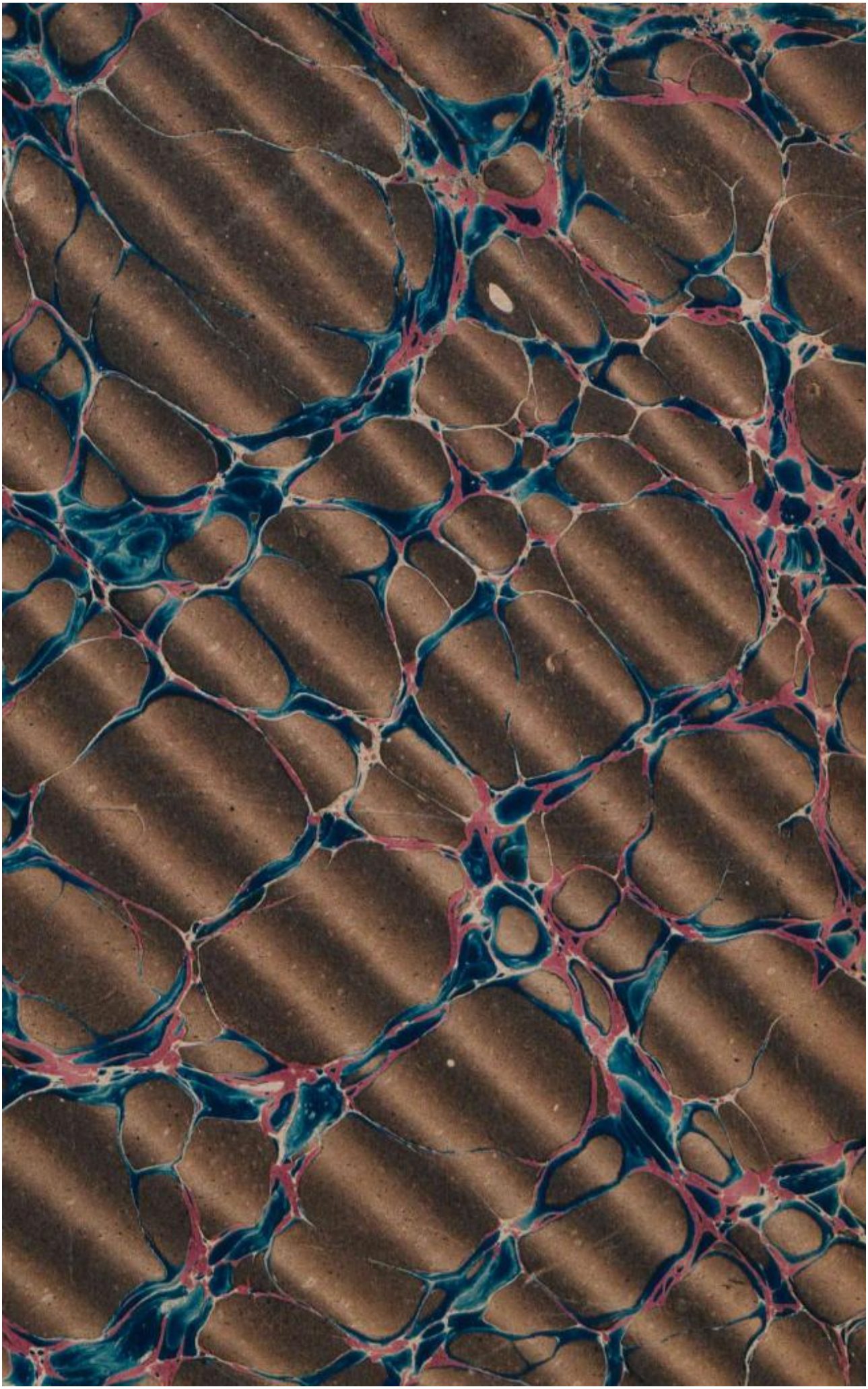
Permalien : http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE274

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1 Vol. in 8° Rae 116.

LA FONTE, LE FER, L'ACIER

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS DE 1878

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

P 393

8° Xae 274

LA FONTE, LE FER, L'ACIER

A

L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS DE 1878

PAR

M. VICTOR BOUHY

MEMBRE DU JURY DE LA CLASSE 43.

(LA BELGIQUE FAIT L'OBJET D'UN RAPPORT SPÉCIAL)

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Tirage pour les Membres de la Bourse industrielle de Liége

PARIS

J. BAUDRY, Libraire-Éditeur

15, RUE DES SAINTS-PÈRES

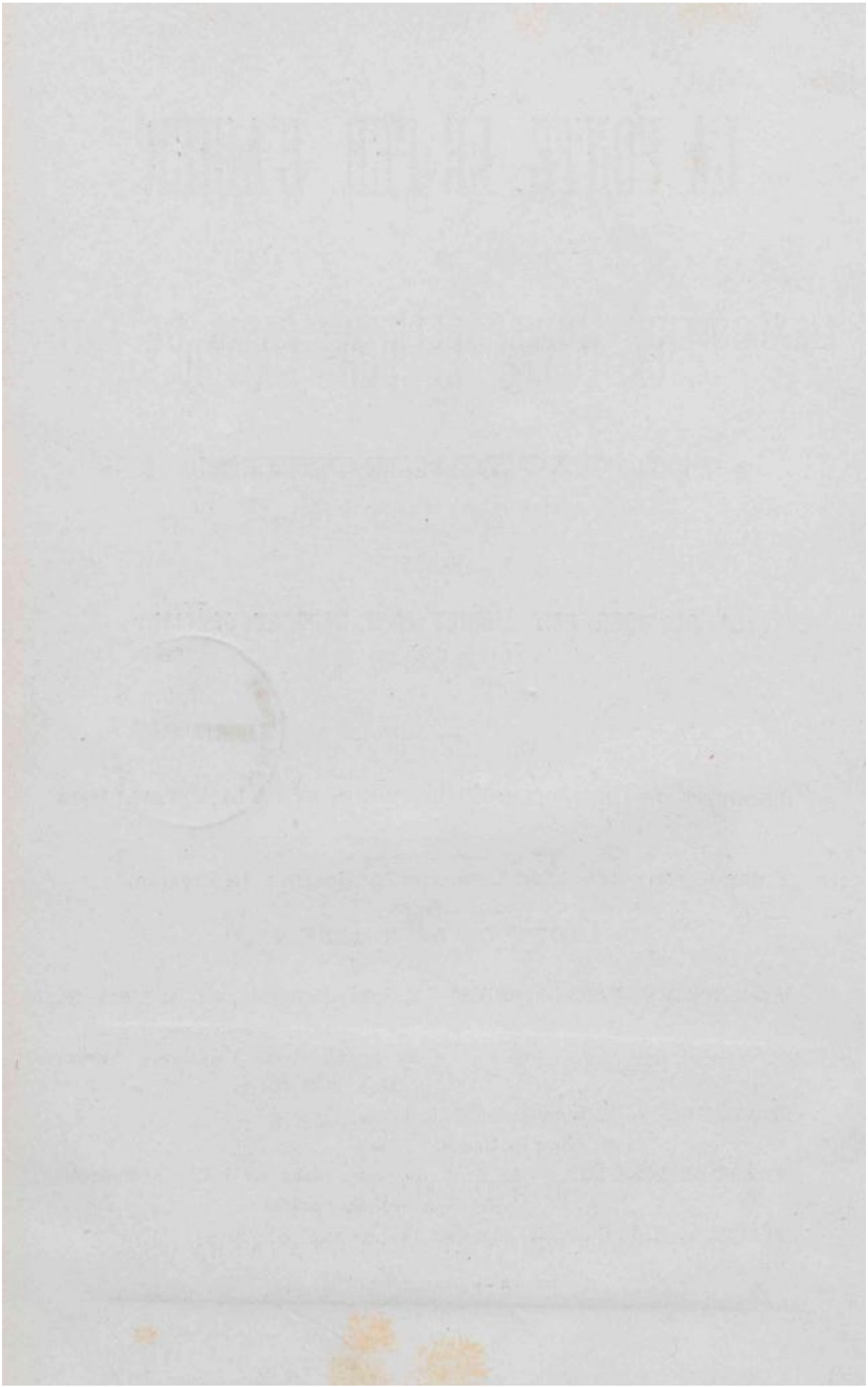
Même Maison à Liége

1879

CONSERVATOIRE DES ARTS & MÉTIERS 12 AVRIL 80 COMPTABILITÉ

CNAM. BIBLIOTHEQUE CENTRALE
1 7501 00211671 1

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LA FONTE, LE FER, L'ACIER

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS DE 1878

CLASSE 43

PRODUITS DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

JURY DE LA CLASSE 43

ANGLETERRE ET SES COLONIES. — M. J. Lowthian Bell, esq. M. P. F. R. S., *troisième vice-président.*

— — M. le professeur Warington Smyth, M. A. F. R. S.

ÉTATS-UNIS. — M. le professeur W. P. Blake.

— M. James De Hague.

SUÈDE ET NORWÉGE. — M. A. R. Akerman, professeur à l'École supérieure technique, *troisième secrétaire.*

ITALIE. — M. F. Giordano, inspecteur au corps royal des mines.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AUTRICHE-HONGRIE — M. le baron François de Wertheim, conseiller impérial, fabricant d'outils de la cour impériale et royale, à Vienne, *deuxième vice-président.*

— M. Guillaume Zsigmondy, ingénieur des mines, député de Budapest.

RUSSIE. — M. Jaunéz Sponville, ingénieur des mines.

BELGIQUE. — M. V. Bouhy, directeur général de la Nouvelle-Montagne à Liége, *quatrième secrétaire.*

M. Charles Dupret, industriel à Charleroi.

GRÈCE. — M. A. Cordellas, commissaire, *deuxième secrétaire.*

ÉTATS DE L'AMÉRIQUE CENTRALE ET MÉRIDIONALE. — M. De Artola, consul et commissaire délégué de Bolivie.

PORTUGAL. — M. H. Temple Ellicott, ingénieur des mines.

ESPAGNE. — M. Daniel-Cortazar.

FRANCE. — M. le général Frébault, sénateur, membre du comité d'admission de l'Exposition universelle de 1878, *président.*

— M. Lebasteur, ancien ingénieur de constructions navales, ingénieur du matériel à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, membre du comité d'admission de l'Exposition universelle de 1878, *premier secrétaire.*

— M. Jordan, ingénieur civil, administrateur du Gaz de Marseille, professeur de métallurgie à l'École centrale des arts et manufactures, membre du comité d'admission de l'Exposition universelle de 1878, *premier vice-président.*

— M. Martelet, ingénieur en chef des mines, membre du jury (1867), membre des comités d'admission et d'installation de l'Exposition universelle de 1878, *rapporteur.*

— M. Adolphe Japy, gérant de la maison Japy frères et Cie, maire de Beaucourt (Haut-Rhin), ancien élève de l'École polytechnique.

— M. Cailletet, correspondant de l'Institut, maître de forges, à Châtillon.

— M. Limet, fabricant de limes à Cosne (Nièvre).

— M. Boutmy, maître de forges à Carignan (Ardennes).

— M. Debray, examinateur à l'École polytechnique, essayeur à la garantie de l'État.

— M. Friedel, conservateur des collections de minéralogie à l'École des mines, membre du comité d'admission à l'Exposition universelle de 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FRANCE. — M. BARROUIN, ingénieur, directeur des forges et aciéries de Saint-Étienne.

FRANCE. — *Suppléants.* — M. CHARLES COIGNET, ingénieur civil, délégué de la métallurgie en 1867, membre du comité d'admission à l'Exposition universelle de 1878.

— — M. ZEILER, ingénieur des mines.

— — M. FLOBERT, quincaillier, membre des comités d'admission et d'installation à l'Exposition universelle de 1878.

— — M. CH. HALLOT, membre du comité d'admission de l'Exposition universelle de 1878.

La classe 43 comprenait :

a. Collections et échantillons de roches, minéraux et minerais; roches d'ornement; roches dures; matériaux réfractaires; terres et argiles; produits minéraux divers; soufre brut, sel gemme; sel de sources salées.

b. Combustibles minéraux; charbons divers, résidus et agglomérés; asphaltes et roches asphaltiques; bitumes; goudron minéral; pétrole brut, etc.

c. Métaux bruts; fontes, fers, aciers, fers aciéreux; cuivre; plomb; argent, zinc; alliages métalliques, etc.

d. Produits de l'art du laveur de cendres et de l'affineur de métaux précieux, du batteur d'or, etc.

e. Produits de l'électro-métallurgie; objets dorés, argentés, cuivrés, aciérés, nickelés, etc., par la galvanisation.

f. Produits de l'élaboration des métaux bruts; fontes moulées, cloches; fers marchands; fers spéciaux; tôles et fers-blancs; tôles de blindages, de construction, etc.

g. Tôles zinguées et plombées, etc.; tôles de cuivre, de plomb, de zinc, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

h. Métaux ouvrés; pièces de forge et de grosse serrurerie; roues et bandages; tubes sans soudure, chaînes, etc.

i. Produits de la tréfilerie; aiguilles, épingles; câbles métalliques; treillages; tissus métalliques; tôles perforées.

j. Produits de la quincaillerie, de la taillanderie, de la ferronnerie, de la chaudronnerie, de la tôlerie, de la casserie et de la ferblanterie.

k. Métaux ouvrés divers.

Cette énumération indique suffisamment la grande importance de la classe.

Le jury était composé de 26 membres titulaires et de plusieurs membres suppléants; il y avait pour la Belgique deux jurés titulaires et deux suppléants.

Vu le grand nombre d'exposants et l'importance des installations à examiner, le jury s'est partagé en trois groupes :

Le premier groupe a procédé à l'inspection des minerais, des combustibles, des métaux dits précieux, et des produits de l'électro-métallurgie;

Le deuxième groupe a eu à s'occuper des métaux bruts, fontes, fers, aciers, fers aciéreux, zinc, plomb, cuivre, étain, nickel, alliages, etc., et des produits de l'élaboration de ces métaux bruts;

Le troisième groupe a jugé les exposants qui ont présenté des objets de quincaillerie, de tréfilerie, de taillanderie, de casserie, etc., etc.

Mon collègue M. Dupret et moi avons fait partie du deuxième groupe, qui était de beaucoup le plus important; MM. Fayn et Gillieaux, suppléants, ont pu opérer dans les deux autres groupes.

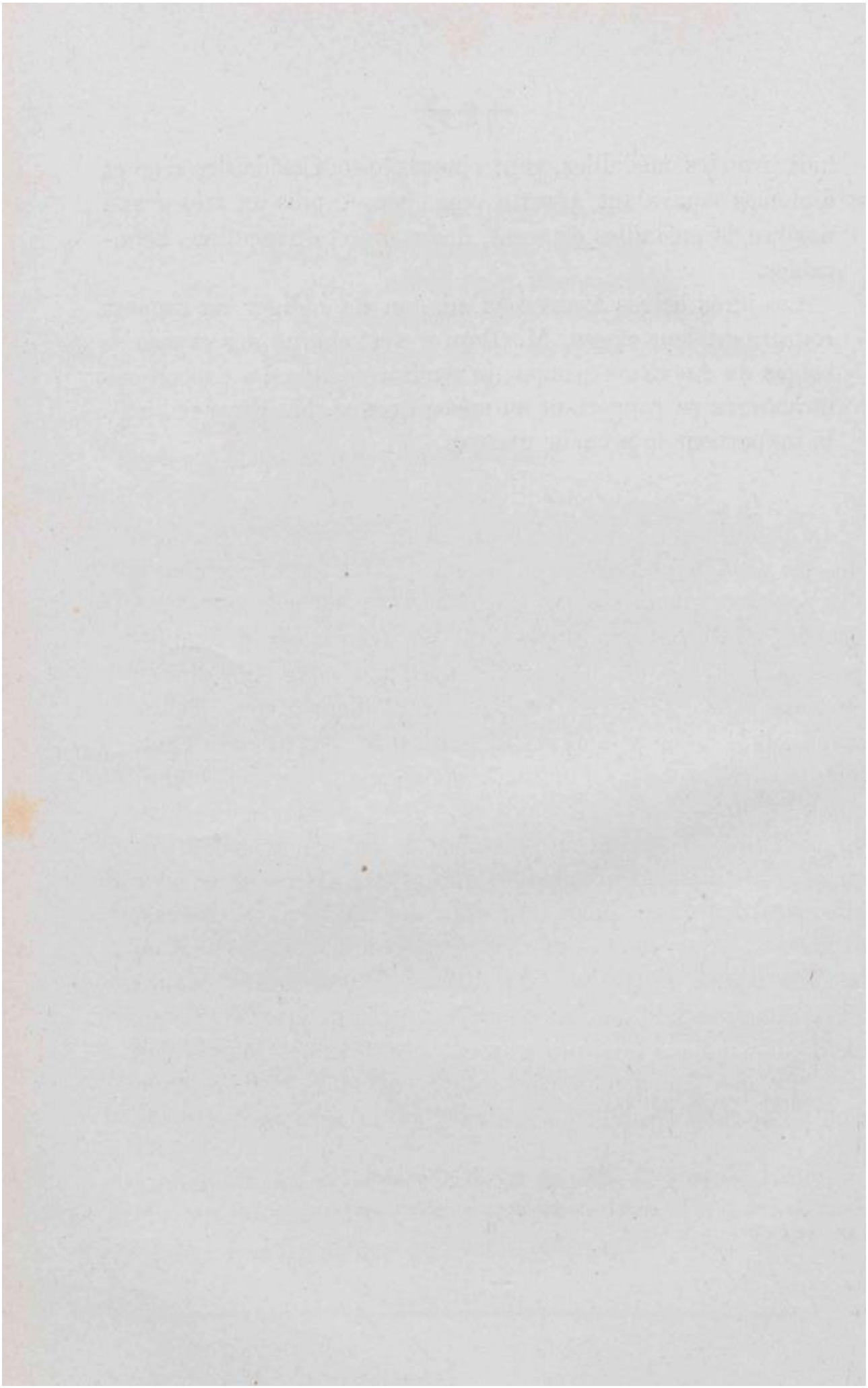
Le nombre des exposants de la classe était de plus de 1,800, et l'importance de leurs produits était telle, qu'on leur a attribué trois diplômes d'honneur équivalant à la grande médaille, dix-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

huit grandes médailles, cent cinquante-sept médailles d'or et diplômes équivalant à cette récompense, plus un très-grand nombre de médailles d'argent, de bronze et de mentions honorables.

Les jurés belges ayant reçu mission de rédiger un rapport concernant leur classe, M. Dupret s'est chargé des exposants belges du deuxième groupe ; je rendrai compte des expositions étrangères se rapportant au même groupe. M. Fayn rédigera le rapport sur le premier groupe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

INTRODUCTION

La métallurgie et l'exploitation des mines sont, sans contredit, les deux industries les plus considérables qui figuraient à l'Exposition ; aussi étaient-elles représentées sur une vaste échelle ; plusieurs exposants, tant de France que des autres pays, avaient fait des dépenses importantes pour l'installation de leurs produits, et des prodiges, pour donner une idée de la puissance de leurs moyens de production. On ne voyait partout que des spécimens d'un fini admirable, que des pièces fabriquées de dimensions colossales, que des appareils ou modèles de machines, dépassant en puissance ce que l'on avait fait jusqu'ici ; on restait en admiration devant ces arbres en acier de plusieurs mètres de longueur ; ces rails de 50 et 55 mètres, droits ou pliés en tous sens, sans montrer le moindre défaut ou la plus légère altération ; ces barres d'acier ayant jusqu'à 15 centimètres de diamètre, et présentées sous forme de nœuds ou doubles-nœuds produits à froid ; ces tôles et autres fers spéciaux, de dimensions colossales ; ces blocs d'acier fondu d'un poids considérable, jusqu'à 120,000 kilogrammes (1) ! On

(1) Ce bloc n'était représenté qu'en *fac-simile* et par une photographie ; mais on pouvait le voir dans les usines du Creusot ; son poids énorme n'avait pas permis de l'amener au Champ-de-Mars.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rendait justice à ces ingénieurs qui avaient assez d'audace et d'habileté pour créer ces phénomènes de puissance, à ces conseils d'administration qui avaient assez d'intelligence pour ne pas reculer devant les dépenses considérables que nécessitent des transformations complètes d'usines et d'outillages.

En présence de ces plaques de blindages de 0^m80 d'épaisseur, semblant défier les canons les plus puissants, de ces autres plaques de 0^m50 d'épaisseur, montrant les entailles de 0^m30 de profondeur et plus, faites par des boulets, on restait confondu et effrayé ; on éprouvait un sentiment de profonde tristesse en voyant tant de science dépensée pour arriver à un matériel de guerre de plus en plus colossal et perfectionné, c'est-à-dire pouvant détruire et plus d'hommes, et plus de richesses en un temps moindre.

Cette branche de la métallurgie s'est beaucoup développée depuis dix ans, malheureusement peut-être ; on se demande où l'on s'arrêtera, car lorsque l'on a fait un canon capable de détruire le plus fort blindage, on fabrique immédiatement un blindage plus fort encore, en attendant qu'on ait mis en ligne une nouvelle bouche à feu, qui forcera à augmenter de dix ou vingt centimètres la cuirasse qu'elle parvient à détruire, et qui portera à 7 ou 800 fr., et plus, la dépense d'un coup de canon! Et pendant que s'exécutent ces prodiges « de plus fort en plus fort », la petite torpille et l'obus à dynamite viennent sournoisement menacer ces grands colosses cuirassés, et semblent leur dire qu'ils les arrêteront dans leur marche de destruction.

Ces énormes pièces de marine militaire constituent certainement un débouché important pour les usines à fer et à acier ; mais on se sentirait soulagé, si l'on pouvait voir tant de force et de matière se transformer en engins industriels, en rails de chemins de fer, en puissantes machines de mines ou de manufactures, etc., etc.; est-il dans les destinées humaines de voir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arriver cette période de paix universelle qui rendrait inutiles ces canons monstres et ces navires à carapace colossale??...

Quoi qu'il en soit, tous ces engins donnent une idée du développement qu'a pris l'industrie métallurgique, et c'est un des points de vue remarquables de l'Exposition.

Un autre fait prévu déjà en 1867 et qui en 1878 est mis largement en évidence, c'est le progrès dans l'emploi de l'acier. Il faut bien le reconnaître, l'industrie du fer proprement dit, est très-menacée et très-compromise par l'acier qui tend à chasser ce métal de toutes les positions qu'il avait conquises avant 1867. D'un côté, ce sont les rails d'acier qui envahissent les voies ferrées et remplacent partout ces rails en fer que l'on était parvenu non sans peine à produire dans des conditions de prix et de qualité relativement très-favorables; les procédés de fabrication Bessemer et Siemens-Martin, etc., permettent aujourd'hui de faire des rails d'acier presque au prix des rails de fer, et présentant sur ces derniers des avantages marqués (1). D'autre part, ce sont les mécaniciens qui substituent l'acier fondu au fer dans la construction des machines; on cite des

(1) Bon nombre de compagnies de chemins de fer ont déjà fait connaître les résultats de leurs essais; nous citerons entre autres les suivants.

La Société des chemins de fer Cöln-Minden (Allemagne) a placé en 1864, 772 rails de sept natures différentes sur la ligne principale près de la station d'Oberhausen. Chaque jour, environ 1,500 couples de roues passent sur la voie. A la fin de 1877, on reconnut définitivement que les rails en acier Bessemer l'emportaient sur tous les autres. Pendant les treize années d'essai, on a dû renouveler, à cause de rupture et d'usure :

80,7 p. c. des rails en fer à fin grain;
68,0 p. c. des rails en fer cémenté;
33,3 p. c. des rails en acier puddlé; et
4,0 p. c. seulement des rails en acier Bessemer.

L'usure moyenne des rails Bessemer qui restaient encore sur la voie était de $0^{m}00485$ seulement. On a calculé que la circulation de 14,577,870 tonnes de charge sur ces voies, occasionnait une usure de $0^{m}00254$ seulement, mesurée sur le haut de la section transversale.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compagnies de chemins de fer, par exemple, dont un très-grand nombre de locomotives sont entièrement en acier et en cuivre (les boîtes à feu) et dans la confection desquelles il n'entre pas un kilogramme de fer. Enfin, on voit partout l'acier arriver, non sans succès, à remplacer le fer dans les laminoirs, dans les ateliers de taillanderie, de boulonnerie, dans les fonderies, etc., etc., et même dans les plaques de blindage, dans les appareils de la marine.

Cependant l'industrie de l'acier n'a pas dit son dernier mot; tous les métallurgistes intelligents (et il n'en manque pas d'après ce que l'on voyait à l'Exposition) s'occupent de rechercher les moyens de simplifier encore les appareils de fabrication, de modifier certaines conditions d'être des aciers, de produire des combinaisons, des alliages, des mélanges de divers métaux pour obtenir des produits présentant des qualités nouvelles ou supérieures à celles du métal que l'on appelle aujourd'hui acier (1). Telles sont les études que l'on poursuit dans plusieurs grandes usines pour déterminer les effets du man-

(1) Bien que le cadre de notre rapport ne comporte pas la description des grands procédés métallurgiques dont les détails se trouvent déjà dans les ouvrages spéciaux, nous croyons utile de donner ici les conclusions d'une étude du procédé Bessemer publiée dans la *Revue de la Métallurgie* de New-York , 1878, par M. E. Chernoff, de Russie :

1° Pour obtenir de l'acier Bessemer de première qualité, il n'est pas indispensable d'employer une fonte spéciale ; il est seulement nécessaire que la fonte ne contienne pas plus de 0,1 p. c. de soufre, phosphore, cuivre, et autres substances nuisibles, et que la quantité de l'une ou l'autre d'entre elles ne dépasse pas 0,05 p. c.;

2° Les substances qui se trouvent ordinairement dans la fonte, comme le silicium, le manganèse, peuvent atteindre ensemble 1,5 p. c., et pour que le fer soit très-fluide, il faut qu'il soit riche en carbone ;

3° Une faible teneur en silicium donne lieu à une violente agitation ; il est désirable dans ce cas d'avoir un convertisseur d'une capacité au moins douze fois celle de la charge.

4° Les machines soufflantes doivent être capables de débiter 1,600 pieds cubes d'air par minute et par tonne de fonte ;

5° Le diamètre des ouvertures d'air ne doit pas être de moins de 0,55 pouce, et la surface totale de ces orifices doit être d'environ 3,1 pouces carrés par tonne de fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ganèse, du chrome, du tungstène, etc., etc., en mélange avec le fer.

Ces mêmes industriels ont aussi entrepris des recherches très-longues, très-délicates pour se rendre compte de l'influence de chaque matière étrangère sur la nature des aciers et des fers, pour déterminer les limites auxquelles il faut arriver pour que ces substances ne soient plus nuisibles, qu'elles soient plutôt favorables. Et lorsqu'on songe que quelques centièmes et même quelques millièmes, en plus ou en moins de ces matières, peuvent modifier profondément les qualités des fers et des aciers, on comprend quels soins et quelle délicatesse il faut apporter dans la fabrication pour approcher le plus possible des limites utiles reconnues; et l'on en arrive à devoir recourir plus que jamais à la science du chimiste.

Aussi, doit-on citer comme un progrès marqué dans l'industrie du fer et de l'acier, la généralisation des études de laboratoires et de l'expérimentation des produits au point de vue de la résistance à l'allongement, à l'écrasement, à la flexion, etc., etc. Les étalages du plus grand nombre des exposants importants témoignaient du soin que l'on apporte à analyser les produits et à faire des expériences. Presque partout, on voyait de nombreux spécimens de cassures de fontes, de fers et d'aciers à divers états de travail ou de combinaison avec d'autres métaux, à diverses teneurs des différents éléments ou corps qui font, pour ainsi dire, partie intégrante de ces produits métallurgiques. On trouvait aussi les résultats de nombreuses expériences faites sur les fers et les aciers obtenus dans ces conditions.

Tout cela indique un grand travail généralisé et qui ne se borne plus à la production et à la discussion de théories plus ou moins fantaisistes; on en vient à attaquer le problème de front, matériellement; on conduit les expérimentations suivant la nature des produits que l'on a à considérer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A ce sujet, il est bon de signaler que les principaux établissements métallurgiques ont rendu un service immense à l'industrie en se lançant dans cette voie d'investigations analytiques et surtout en mettant le public au courant des résultats qu'ils obtenaient dans leurs laboratoires, ce qui a provoqué l'émulation et la discussion. Aussi suffit-il de consulter les recueils spéciaux pour voir combien, depuis dix ans, on a publié de mémoires et de notices, non-seulement sur les appareils ou procédés nouveaux, mais aussi sur les théories auxquelles les recherches chimiques donnaient le jour.

Bien qu'il reste encore beaucoup à faire pour être fixé définitivement sur la nature de certains produits, on doit cependant reconnaître que des résultats importants ont été obtenus; qu'il est plus facile d'établir ce qui distingue entre eux les divers fabricats des usines, parce qu'on en est venu à ne plus marcher que la balance chimique à la main. Comme la présence de quelques centièmes et même de quelques millièmes pour cent en plus ou en moins de certaines substances modifient d'une manière sensible le produit, on comprend que l'expérience pratique seule devient insuffisante pour fixer au fondeur ou au puddleur à quel moment précis il doit s'arrêter, pour obtenir du fer avec une quantité de centièmes ou de millièmes déterminés de telle ou telle substance, et qu'il est de toute nécessité que la marche du travail se fasse sous l'œil du chimiste.

C'est, nous le répétons, à l'intelligence des chefs de ces établissements qui se sont distingués par leurs recherches et leurs expérimentations variées, que l'on est redevable des progrès réalisés récemment dans les opérations métallurgiques.

Mais pendant que l'emploi du métal fondu par l'affinage Bessemer ou Martin se propageait avec grande rapidité, que ce métal s'infiltrait partout, le fabricant de fer affiné par les autres procédés, ne restait pas inactif; voyant s'avancer son adver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saire, il cherchait à se mettre en mesure de le combattre autant que possible ou au moins de l'arrêter un peu dans sa marche envahissante. Il visa d'abord à l'abaissement du prix de revient en améliorant les conditions de production de la fonte et du fer; il chercha à augmenter la capacité des hauts fourneaux; il y appliqua des appareils considérables pour le chauffage de l'air; il trouva à utiliser les gaz au service des chaudières, etc., etc., enfin il arriva ainsi à réduire considérablement la quantité de coke ou de combustible nécessaire à la production d'une tonne de fonte.

Il ne s'arrêta pas là; de nouveaux fours furent introduits pour le travail de la fonte que l'on voulait amener à l'état de fer ductile; les anciens fours à réverbère furent transformés; le mode de chauffage Siemens fut appliqué au four à puddler, etc.; Les nouveaux appareils dont plusieurs, notamment le four Danks, firent sensation lors de leur apparition, n'ont cependant pas répondu aux grandes espérances qu'ils avaient fait naître; ils n'ont que très-peu diminué le prix de revient en rendant le travail plus facile et plus indépendant de l'ouvrier. Leur principal avantage a été de permettre d'obtenir du fer malléable mieux dépouillé de phosphore que celui retiré des fours à puddler ordinaires; c'est déjà important, surtout pour les usines qui ne traitent que des minerais très-phosphoreux. Mais en somme, le produit n'a pas, jusqu'à présent, été amélioré autant qu'on l'avait espéré.

Enfin, non contents de s'appliquer à modifier les appareils de fabrication, les métallurgistes qui n'avaient à leur disposition que des minerais ordinaires phosphoreux, sachant très-bien que l'infériorité de leurs fers provenait de la présence dans la fonte de substances étrangères, principalement du phosphore, en proportion trop forte, s'appliquèrent à trouver des moyens pratiques de purification des fontes phosphoreuses et siliceuses. Ils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'attachèrent principalement au phosphore, cette substance si nuisible à la qualité du fer, la plus difficile à chasser, et dont l'affinage Bessemer n'a pas encore eu entièrement raison.

Ce fut surtout en Angleterre, dans le Cleveland, et dans certains centres de la France où la métallurgie du fer était basée sur le traitement de minerais relativement très-phosphoreux, que les recherches et les expérimentations furent naturellement les plus actives.

Bien que, jusqu'à présent, le problème ne soit pas résolu, les essais ont produit certains résultats fort intéressants et fort importants. On a reconnu que le départ plus ou moins complet de certaines substances étrangères contenues dans les fontes, dépendait du degré de température auquel la fonte était soumise dans les fours à puddler; on a trouvé aussi que l'introduction de l'oxyde de fer dans la masse en fusion dans ces fours, facilitait notablement l'élimination du phosphore et du silicium. On a cherché a faire de la chaux, du carbonate de soude, des agents de purification, et l'on est arrivé, en formant des laitiers très-basiques, à diminuer dans les hauts fourneaux, l'incorporation du phosphore dans la fonte, etc., etc.

Mais, nous le répétons, on n'est pas encore parvenu à tirer de ces fontes et d'une manière économique, un produit se rapprochant suffisamment du métal fondu Bessemer ou Siemens-Martin, obtenu avec des fontes très-pures ; ce dernier est toujours resté maître de la place et son emploi se propage d'une manière inquiétante pour le fer qui est refoulé presque partout.

Pour l'arrêter, il faudrait arriver à purifier ces fontes de manière qu'il n'y restât pour ainsi dire plus de phosphore ; sinon l'utilisation des minerais contenant ce métalloïde, se restreindra de plus en plus. Et comme plusieurs des grands centres actuels de production ne pourront peut-être, pour diverses raisons, penser à traiter des minerais purs et spéciaux (on n'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trouve ni dans le Cleveland ni dans l'est ou le centre de la France, ni en Belgique, par exemple), il est à craindre que la grande industrie métallurgique qui a fait dans ce siècle la fortune de certaines localités, ne voie ses fours et ses foyers s'éteindre successivement. Nous devons prévoir que les contrées bien dotées sous le rapport des combustibles minéraux et des minerais spéciaux ou pouvant se procurer facilement ces matières premières, assisteront au contraire au développement d'une industrie nouvelle pour elles, celle de l'acier et du fer fondu.

Bien que ne possédant pas de minerais convenables pour la production des fontes propres à être traitées par les procédés Bessemer et Siemens-Martin, la Belgique, par sa position topographique particulière, sera peut-être un des centres qui souffriront le moins, car on y trouve la houille et les autres matériaux en abondance et à bas prix et la main-d'œuvre à des conditions raisonnables. Pour ce qui est du minerai, les beaux ports belges (surtout lorsqu'ils seront pourvus des améliorations que l'on y projette), les bonnes et nombreuses voies ferrées, les grands canaux et fleuves à l'intérieur, donneront à ce pays les moyens de s'approvisionner dans des conditions meilleures que ses concurrents étrangers. Mais il faudra naturellement que les usines existantes se transforment complétement.

Cette transformation n'est pas impossible ; elle est déjà commencée, car les Sociétés Cockerill et de Sclessin fabriquent de l'acier fondu en même temps que du fer ; la Société d'Angleur a été constituée pour l'affinage des fontes par le procédé Bessemer, et le travail de l'acier ; d'autres sociétés, notamment la Compagnie des hauts fourneaux d'Ougrée, produisent des fontes spéciales et à aciers.

Si ces quelques compagnies ont pu, avec avantage, entrer dans le mouvement, bien que devant dépendre entièrement de minerais étrangers, les autres industriels des bassins de Liége et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Charleroi sauront aussi transformer leurs usines, lorsque le moment sera venu pour eux ; ce ne sont ni les ingénieurs capables, ni le personnel expérimenté, ni les capitaux qui manqueront à la plupart des grands établissements de ces deux centres. La seule difficulté sérieuse, peut-être, sera l'approvisionnement des minerais spéciaux, si l'on n'est pas arrivé à mieux utiliser les minerais phosphoreux du pays et du Luxembourg qui alimentent actuellement nos hauts fourneaux. Il faudra, en effet alors, aller au loin pour s'en procurer, et si l'on doit tout acheter, les approvisionnements deviendront parfois difficiles. Aussi, serait-il de bonne administration de la part de ces sociétés de s'occuper, comme l'a déjà fait la Société Cockerill, dès maintenant et très-activement, de la recherche des minerais étrangers dits spéciaux, et surtout de s'assurer la propriété des mines que l'on peut encore trouver en Espagne, en Afrique et ailleurs dans des conditions d'exploitation possible. Il en existe encore que l'on pourrait facilement acquérir ; les sociétés devraient faire procéder à un examen sérieux des affaires qui leur seraient présentées ou qu'elles auraient provoquées de personnes en position de connaître les ressources de ces pays ; elles ne doivent pas se borner à attendre tranquillement qu'on vienne leur offrir des affaires, car elles pourraient bien ne pas voir arriver de sitôt des propositions sérieuses ; dans l'intervalle, leurs concurrents étrangers, plus diligents, se seront emparés des mines les plus avantageuses.

La nécessité d'une transformation complète et immédiate du grand nombre des usines belges, n'est sans doute pas encore absolue ; il reste l'espoir que les recherches des savants métallurgistes seront couronnées au moins d'un succès partiel et qu'il sera possible d'améliorer la qualité des fontes et des fers obtenus des minerais que la Belgique tire de son sol et du Luxembourg. Mais, nous le répétons, si ces espérances ne se réalisent pas, il est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fort à craindre que nos grandes usines dont les rails en fer constituent la fabrication spéciale, ne trouvent plus bientôt à placer facilement leurs produits, puisque partout on préfère l'acier fondu pour les voies ferrées et pour une foule d'autres usages.

Nous ne croyons pas avoir à nous étendre davantage ici sur ces considérations générales. En décrivant succinctement les principales expositions métallurgiques que l'on trouvait au Champ-de-Mars, nous aurons l'occasion de dire quelques mots des recherches faites pendant ces dernières années et des principaux perfectionnements apportés dans le travail de la fonte, du fer et de l'acier; nous tâcherons de laisser à chaque établissement ou groupe, l'honneur des recherches qu'il a entreprises et des résultats qu'il a obtenus.

Nous dirons cependant qu'il n'y a pas eu à l'Exposition des produits ou des procédés réellement nouveaux et dont on n'ait déjà publié les descriptions ; tout se résume principalement :

1° A des perfectionnements dans l'emploi du procédé Bessemer qui a été le point de départ d'une grande transformation dans l'industrie du fer, puisqu'il a permis d'affiner la fonte à l'air froid, sans le concours de combustibles, de produire l'acier sans avoir recours aux moyens coûteux de la cémentation et de la fusion dans des creusets, et d'obtenir de grandes masses d'acier fondu ;

2° A l'extension de la fabrication directe sur sole de l'acier et du fer fondu au moyen des fours Siemens-Martin et autres, de manière à produire un métal meilleur, moins coûteux et en plus grandes masses que celui que donnaient les anciens fours à puddler ;

3° A la production de grandes masses d'acier fondu et de fer fondu homogène et sans soufflures, en introduisant une certaine quantité de silicium ou en appliquant la compression ;

4° A la substitution de plus en plus générale de l'acier et du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer fondu au fer puddlé ordinaire dans la construction des machines, des chaînes, des blindages et d'une foule d'autres objets;

5° A la production économique au haut fourneau du ferro-manganèse, très-riche en manganèse, et si heureusement utilisé dans la fabrication de l'acier et du fer fondus;

6° A des essais de combinaisons ou de mélanges du fer avec d'autres métaux, tels que le manganèse, le chrome, le tungstène, le molybdène, les composés cyanurés, pour augmenter la dureté et la ténacité du métal fondu;

7° Enfin, à des expériences nombreuses pour arriver à produire de bon fer avec des fontes relativement impures, et qui ont eu pour premier résultat de démontrer que le phosphore peut, pour certains emplois du fer, être toléré dans une proportion plus forte qu'on ne le supposait, pourvu que l'on réduise en même temps la teneur en carbone.

Notre rapport ne devant comprendre qu'une description sommaire des objets exposés par les industriels des pays autres que la Belgique, nous nous attacherons à signaler ce que l'on trouvait de plus remarquable; nous donnerons en outre, et autant que possible, des renseignements succincts sur l'importance des établissements, sur leurs recherches et sur les modes de fabrication. Les documents fournis par bon nombre d'exposants nous guideront dans ces descriptions, car ce n'est pas sur le vu des produits exposés que l'on peut arriver à donner une idée de la composition des usines et de leurs procédés, ce qui cependant est fort intéressant à connaître. Nous ne nous occuperons non plus que des expositions les plus importantes ou qui présentaient quelque particularité, les catalogues imprimés étant suffisants pour se renseigner sur les industriels qui n'avaient exhibé que des produits ordinaires et de fabrication courante.

On peut dire d'une manière générale que tous les spécimens de cette dernière catégorie étaient très-beaux, bien soignés et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avaient beaucoup de ressemblance entre eux ; il est évident que chacun s'est fait une loi de n'envoyer que des pièces choisies ; ceux mêmes qui n'ont qu'une fabrication ordinairement médiocre, ont pu très-bien arriver à produire un spécimen parfaitement réussi en vue de l'Exposition. Pour certains produits métallurgiques ordinaires, le mérite réel et relatif des exposants doit parfois être établi principalement sur des données indépendantes de celles que fournit la vue des objets qu'ils ont mis dans leurs vitrines, et dont la simple inspection ne permet pas toujours de déterminer si le prix de revient n'est pas trop élevé.

Avant d'aborder la description des diverses expositions, nous croyons devoir donner quelques chiffres de productions de fonte, de fer et d'acier dans les principaux pays métallurgiques ; l'examen des tableaux permettra de se rendre facilement compte de la marche de cette industrie et de son développement relatif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Productions en tonnes de 1,000 kilogrammes.

PRODUCTION DE	1855.	1860.	1861.	1862.	1863.	1864.	1865.	1866.	1867.	1868.	1869.	1870.	1871.	1872.	1873.	1874.	1875.	1876.	1877.
GRANDE BRETAGNE																			
Fonte brute	3,266,423	3,887,993	3,771,795	4,002,621	4,582,194	4,844,238	4,896,362	4,596,2	4,837,199	5,049,729	5,532,889	6,058,931	6,733,214	6,849,800	6,671,514	6,087,271	6,460,944	6,654,337	6,707,794
Aciers divers	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	78,663	"	89,320	140,900	139,055
Aciers Bessemer	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	215,000	"	"	503,440	"	723,392	756,000	762,000
ÉTATS-UNIS																			
Fonte brute	784,178	919,770	731,544	787,662	947,604	1,135,996	931,582	1,350,3	1,461,626	1,603,000	1,916,641	1,865,217	1,912,608	2,853,558	2,698,278	2,689,413	2,266,581	2,093,236	2,156,432
Aciers divers	"	"	"	"	"	"	"	17,2	17,237	19,504	20,864	31,751	33,566	36,288	47,174	45,070	55,392	64,491	67,560
Aciers Bessemer et Martin	"	"	"	"	"	"	"	"	2,314	6,554	8,754	30,845	41,700	99,630	140,972	146,808	296,513	418,350	438,100
Rails en fer	138,674	186,010	187,818	212,912	275,768	335,369	356,292	430,7	459,558	499,489	583,936	627,319	737,483	847,922	731,062	584,469	501,649	467,168	332,540
Rails en acier	"	"	"	"	"	"	"	"	2,550	7,225	9,650	33,615	38,250	94,070	129,015	144,944	290,863	412,661	432,169
FRANCE																			
Fonte brute	849,296	898,353	966,895	1,090,838	1,156,875	1,212,750	1,203,710	1,260,3	1,229,044	1,235,307	1,380,965	923,842	859,641	1,217,838	1,366,971	1,387,990	1,415,728	1,459,112	1,522,266
Aciers divers	21,975	29,849	37,777	47,096	35,746	34,809	30,926	27,7	29,009	34,704	40,111	25,010	17,429	19,760	20,463	97,643	27,547	28,404	27,825
Aciers Bessemer et Martin	"	"	"		1,856	6,750	9,648	10,7	17,768	45,860	70,113	61,242	62,382	110,328	135,105	194,277	231,468	231,999	217,123
Rails en fer	"	121,348	164,371	216,175	226,948	215,983	208,786	171,0	172,482	204,205	216,628	132,612	100,373	159,649	151,347	152,064	125,660	86,573	74,980
Rails en acier	"	"	"	"	1,900	6,800	9,750	10,7	19,894	42,601	52,400	42,520	32,447	82,223	102,083	115,647	174,723	177,385	184,764
BELGIQUE																			
Fonte brute	294,270	319,943	311,838	356,550	392,078	449,875	470,767	482,4	423,069	435,754	534,319	565,234	609,230	655,565	607,373	532,790	540,473	490,508	470,488
Aciers divers	47	3,172	2,675	2,293	2,015	1,938	2,092	2,3	1,066	801	1,791	3,586	1,954	2,354	2,212	2,840	3,560	3,938	4,255
Aciers Bessemer	"	"	"	"	"	296	969	1,4	1,767	2,509	3,699	5,977	6,946	12,930	16,844	19,893	43,640	71,320	80,606
AUTRICHE-HONGRIE																			
Fonte brute Autriche	212,569	224,699	231,049	285,492	248,387	263,682	195,965	183,4	214,855	262,599	278,070	278,557	291,705	312,761	371,039	332,156	303,459	273,046	259,036
Fonte brute Hongrie	62,700	89,642	84,874	88,351	108,202	111,070	96,348	101,1	105,047	112,475	126,129	124,271	132,901	146,859	163,468	151,701	159,704	127,379	"
Aciers (Autriche et Hongrie)	"	"	"	"	"	306	3,545	6,8	8,765	14,475	20,722	22,112	35,512	55,404	76,821	96,958	87,443	89,926	97,470
Rails (A. et H.) en fer	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	89,790	90,463	86,556	80,742	54,797	40,155	22,819	18,645
Rails (A. et H.) en acier	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	17,307	23,199	38,009	50,327	57,169	61,345	64,491	79,065
RUSSIE																			
Fonte brute	"	297,947	"	"	"	260,327	263,052	314,8	323,121	324,711	332,850	359,989	359,272	399,273	384,356	380,236	426,896	441,580	"
Aciers	"	1,051	"	"	"	3,489	3,871	3,9	6,271	9,327	7,200	8,788	7,249	8,382	8,944	8,194	12,928	17,222	"
SUÈDE																			
Fonte brute	188,368	185,134	169,700	199,541	186,772	241,355	226,720	230,1	293,453	263,205	292,082	300,470	298,893	339,559	345,872	327,997	350,694	352,622	344,484
Aciers divers	"	"	6,961	5,687	4,455	1,332	2,988	2,4	2,521	4,438	7,819	5,549	4,013	3,421	1,308	1,646	2,017	3,077	5,256
Aciers Bessemer	"	"	1,006	969	1,889	3,175	4,424	1,5	1,867	2,960	5,315	6,636	8,038	12,446	15,685	21,312	19,379	21,002	16,993
Rails	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	621	3,221	1,342	2,927	3,376	2,894	1,220	265
ALLEMAGNE																			
Fonte brute	452,117	497,779	533,339	651,224	800,018	877,658	960,879	1,000,4	1,034,299	1,158,939	1,288,990	1,261,682	1,420,825	1,807,845	1,983,163	1,660,208	1,759,052	1,614,687	1,719,360
Aciers	25,734	27,812	34,258	40,916	54,250	71,359	99,543	114,4	122,591	122,837	161,319	169,951	278,842	352,716	355,932	407,578	352,431	396,958	443,347
Rails	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	500,088	572,244	602,872	469,480	392,000	"
GRAND-DUCHÉ DU LUXEMBOURG																			
Fonte brute	"	"	"	"	"	27,000	27,312	46,4	79,306	109,008	124,039	129,440	142,852	180,549	257,411	246,054	270,337	231,658	215,366

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FRANCE

Comme nous passerons en revue presque tous les exposants français, nous croyons inutile de donner ici un aperçu général de l'industrie métallurgique dans ce pays ; le tableau de la production et les détails qui seront consignés pour chaque compagnie, suffiront pour se former une idée de la situation des divers groupes industriels. D'ailleurs, les documents statistiques très-complets que publie le gouvernement français, ainsi que les revues spéciales et périodiques qui s'occupent de la sidérurgie de ce pays, sont entre les mains de nos industriels ; et, par suite des rapports très-fréquents qu'ils ont avec leur voisins du sud, ils se trouvent déjà bien renseignés sur leur condition économique au point de vue de la métallurgie.

Nous nous occuperons donc immédiatement des exposants en particulier.

Compagnie des fonderies et forges de Terre-Noire, Lavoulte et Bességes.

Cette Compagnie possède 19 hauts fourneaux, dont 11 en activité ; 8 convertisseurs Bessemer ; 15 fours à fondre, système Siemens-Martin ; 84 fours à puddler ; 55 fours à réchauffer ; 7 trains de laminoirs pour puddlage ; 21 trains de laminoirs pour fers et aciers ; 12 marteaux-pilons.

Sa production en 1877 a été de 158,000 tonnes de fonte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brute, 22,500 tonnes de fonte moulée, 48,600 tonnes de produits finis en fer, 75,000 tonnes de produits finis en acier et 1,500 tonnes d'acier coulé sans soufflures. Elle occupe 7,442 ouvriers et 439 employés.

La fondation de la Compagnie remonte à 1819; depuis 1859, elle porte le titre de Compagnie des fonderies et forges de Terre-Noire, Lavoulte et Bességes. Jusqu'en 1862, elle n'a produit que de la fonte et des fers ordinaires, en traitant des minerais de l'Ardèche et de Bességes; en 1862, elle introduisit dans ses usines la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer, et, en 1868, elle installa le four Siemens-Martin.

En 1868, elle fit usage des alliages riches en manganèse pour la fabrication des aciers extra-doux; en 1873, toujours par l'emploi des alliages de manganèse, elle utilisa les vieilles matières phosphoreuses pour la fabrication des rails d'acier. En 1875, elle produisit au haut fourneau, des alliages contenant jusqu'à 80 p. c. de manganèse; enfin, elle arriva à fabriquer couramment des aciers coulés sans soufflures au moyen d'alliages de fer, de silicium et de manganèse produits dans le haut fourneau.

C'est, croyons-nous, la Société de Terre-Noire qui, la première en France, a, en 1862, adopté le procédé Bessemer, pour la fabrication de l'acier; depuis cette époque, elle est restée le plus grand producteur de ce métal en France; en 1868, elle arrivait déjà au chiffre de 20,565 tonnes, alors que les autres fabricants français (Petin-Gaudet, Société d'Imphy et Montluçon, de Dietrich et C^ie^, et la Compagnie de Châtillon et Commentry) ne donnaient ensemble que 22,036 tonnes; en 1869, elle montait au chiffre de 29,515 tonnes sur une production totale de 52,400 tonnes; enfin, en 1877, elle figure sur la liste pour 76,000 tonnes environ, la production totale de la France ayant été de 217,304 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les premières années de la mise en pratique du procédé Bessemer, on rencontra partout certaines difficultés pour arriver à un produit présentant des qualités déterminées ; après de nombreux essais, on reconnut, par exemple, que pour avoir un acier convenable à la confection des rails, il fallait affiner la fonte jusqu'à entière décarburation et introduire ensuite dans l'appareil du spiegeleisen, qui était une fonte tenant environ 10 p. c. de manganèse et 5 p. c. de carbone sans phosphore ; on remédiait ainsi en grande partie aux inconvénients du procédé. Par la surélévation de la température et l'introduction de la grande masse d'air dans le bain de matière soumise à l'affinage, tout le carbone de la fonte était enlevé, ce qui rendait le produit non malléable, et une partie de l'oxygène développé, restait combiné au fer ou condensé dans la masse, ce qui donnait du fer rouverain. L'addition du spiegeleisen permettait de rendre au métal la quantité de carbone nécessaire pour en faire un acier de qualité déterminée, et le manganèse le purgeait de l'oxygène en produisant de l'oxyde qui entrait dans la scorie ; en outre, il restait un excès de manganèse dans l'acier.

La Société de Terre-Noire se servit, dès le principe, de spiegeleisen qu'elle se procurait principalement en Allemagne ; elle produisait ainsi des aciers bons pour rails, mais pas assez doux pour la tôlerie, la confection des pièces de machines, etc. Le spiegeleisen ne permettait pas de fabriquer facilement cette dernière qualité d'acier, parce que trop de spiegel donnait un excès de carbone, et trop peu n'apportait pas assez de manganèse pour qu'il en restât encore après avoir chassé tout l'oxygène. Il fallait obtenir un composé tenant très-peu de carbone et relativement beaucoup de manganèse.

Le moyen d'arriver à ce résultat était d'introduire à la place de spiegeleisen, une fonte ou un fer beaucoup plus chargé de manganèse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des essais furent faits avec du manganèse, pour ainsi dire pur, que l'on jetait dans l'appareil vers la fin de l'opération ; mais cela ne réussit pas.

Deux inventeurs étrangers, MM. Henderson en Angleterre et Oscar Preiger en Allemagne, eurent alors l'idée de fabriquer un alliage de fer et de manganèse sous le nom de ferro-manganèse, contenant très-peu ou point de carbone ; ce produit put être utilement introduit dans le travail de l'acier. Le ferro-manganèse de Henderson renfermait 25 p. c. de manganèse et celui de Preiger, fabriqué au creuset, 75 à 80 p. c.

La Société de Terre-Noire qui, dès 1865, faisait usage d'une espèce de ferro-manganèse, acquit les brevets Preiger et Henderson, et elle s'appliqua particulièrement à perfectionner ce dernier procédé. Après plusieurs années d'essais, elle arriva à produire, d'une manière courante tout à fait industrielle, le ferro-manganèse à de fortes teneurs en manganèse, et surtout à un prix sensiblement moins élevé ; elle prit en décembre 1873, un brevet pour un procédé propre à fabriquer ce produit à teneur de 40 à 50 p. c. de manganèse, et aussi du ferro-silicium renfermant jusqu'à 22 p. c. de silicium. Pour obtenir de l'acier doux, on n'avait qu'à faire usage de l'un de ces deux ferro que l'on introduisait dans l'appareil à la fin du travail et lorsque la fonte était complétement décarburée.

Pour la fabrication du ferro-manganèse, la Société de Terre-Noire utilisait, d'après ce qu'elle annonce dans le texte de son brevet, de la grenaille, de la limaille, ou de la tournure de fer, de fonte et d'acier, ou même de l'éponge grossièrement pulvérisée, ou tout autre débris de fonte, de fer ou d'acier dans un état de division analogue, qu'elle mélangeait avec des minerais contenant du manganèse et qu'elle humectait avec une dissolution ammoniacale ou une eau légèrement acide ; le produit était fondu dans un fourneau spécial et l'on obtenait des alliages de fer et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manganèse contenant de 25 à 50 p. c. de ce dernier métal. Son brevet comprend aussi l'alliage du fer avec du tungstène ou du titane.

Ce fut en faisant ses expériences sur la production économique du ferro-manganèse, que cette Société arriva à constater que la présence du phosphore dans l'acier n'était pas aussi nuisible qu'on le prétendait, lorsque le carbone était réduit à de très-minimes proportions; aussi, dans la séance du 20 février 1874 de la Société des Ingénieurs civils de France, un des directeurs de la Compagnie, M. Everte, posa comme principe acquis que l'on « pouvait introduire du phosphore dans l'acier » fondu, à la condition d'éliminer le carbone, et que moins » il resterait de carbone, plus il pourrait y avoir de phos- » phore. »

On fit alors grand bruit de ce qu'annonçait M. Everte; on exagéra, en prétendant que la question de la fabrication de l'acier doux, avec des fontes phosphoreuses, était résolue; ce n'était encore qu'un fait reconnu, dont il fallait pouvoir tirer parti d'une manière économique et industrielle pour l'utilisation de ces fontes à la fabrication des aciers.

Comme l'élimination du phosphore était plus difficile que celle du carbone et du silicium, c'eût été un résultat bien important que d'arriver à enlever aux fontes phosphoreuses tout leur carbone, leur silicium, leur soufre et une très-grande partie de leur phosphore, de manière à ne laisser de cette dernière substance qu'une quantité un peu plus forte que celle que l'on peut tolérer dans les aciers au carbone, mais pas assez grande pour être nuisible au produit que l'on cherchait à obtenir

Malheureusement, ce résultat n'est pas encore atteint, soit par l'emploi du ferro-manganèse ou silicium de Terre-Noire, soit par d'autres moyens que l'on étudie depuis plusieurs années déjà; la Compagnie poursuit ses recherches, et d'autres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sociétés, tant en France qu'à l'étranger, s'occupent avec ardeur de cette question d'une importance capitale.

Jusqu'ici, le ferro-manganèse n'est employé industriellement que pour obtenir l'acier doux, soit par le procédé Bessemer, avec des fontes siliceuses (fontes chaudes), soit dans le four Siemens-Martin, lorsque l'on traite de vieilles matières de fer ou d'acier, ou lorsqu'on affine des fontes tenant beaucoup de phosphore et de soufre. Le dernier mode de traitement est le seul qui permette d'enlever une forte proportion de ces deux matières nuisibles, et le manganèse paraît aider beaucoup à cette élimination.

Ces résultats étaient déjà fort intéressants; cependant, la Société de Terre-Noire n'en resta pas à cette seule catégorie d'expériences.

L'acier fondu, coulé en grandes masses et produit au moyen des appareils Bessemer et des fours Siemens-Martin, ne pouvait être obtenu que très-difficilement sans soufflures; lorsque l'on avait amené le bain à une certaine teneur en carbone et que le silicium que contenait la fonte, avait disparu, il se produisait toujours des gaz, entre autres de l'oxyde de carbone, qui, en restant logés dans la matière, engendraient des soufflures; cet acier était, par suite, impropre à beaucoup d'usages et surtout à un emploi direct.

Pour remédier à cet inconvénient, la Société de Terre-Noire se livra à une nouvelle série d'expériences. Ayant observé que les aciers doux, sans soufflures, coulés en Prusse, contenaient une certaine proportion de silicium, elle étudia le rôle de ce dernier et elle arriva aussi, au moyen du manganèse et du silicium, à obtenir à l'état de fusion et sans soufflures, tous les produits de l'appareil Bessemer et du four Siemens-Martin; elle reconnut que le silicium décomposait l'oxyde de carbone qui peut se trouver dans le bain, empêchait qu'il ne s'en formât

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'autre, et que le manganèse décomposait l'oxyde de fer et s'opposait à ce qu'il se produisît du gaz par l'action de cet oxyde sur le carbone.

Le brevet que la Société prit à cette occasion en 1876, entre dans beaucoup de détails sur la manière de procéder et sur les résultats avantageux que l'on doit attendre de l'introduction du manganèse et du silicium dans l'acier. On prépare d'abord un bain d'acier présentant la qualité que l'on a en vue, et, un peu avant la coulée, on y ajoute des doses parfaitement déterminées de silicium et de manganèse. Il est essentiel qu'à ce dernier moment, le bain soit oxydé le moins possible, afin que les proportions de silicium et de manganèse soient bien acquises au métal et ne soient pas en partie employées à la formation d'oxydes qui passeraient dans la scorie.

Le brevet renseigne de nombreux dosages; il donne aussi certains résultats auxquels on peut arriver et nous citerons les deux suivants :

	CARBONE p. c.	SILICIUM p. c.	MANGANÈSE p. c.
Un acier dur doit contenir . . .	0,65 à 0,70	0,48 à 0,50	1,30 à 1,50
Un acier doux doit contenir . .	0,27 à 0,30	0,37 à 0,38	1,10 à 1,30

Il faut couler autant que possible dans un moule métallique, afin d'avoir un refroidissement très-rapide, et ménager une masselotte au moins égale à 1/4 ou même 1/3 de la pièce totale et pouvant se refroidir un peu plus lentement que la pièce même.

L'acier ainsi obtenu, se présente sans soufflures et peut être employé entre autres pour la fabrication de plaques de blindages, de boulets pleins, d'obus, de changements de voies, de roues pleines ou à rayons, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin la Compagnie propose de remplacer le recuit et la trempe à l'huile, par une trempe particulière dans du sable humide; la dessiccation de ce sable et, par conséquent, la rapidité du refroidissement étant en rapport avec la grosseur des grains, l'on peut, porte le brevet, obtenir ainsi d'une manière très-certaine le degré de trempe que l'on désire.

On voyait à l'Exposition bon nombre de pièces d'acier fabriquées par ce procédé et qui étaient parfaitement réussies.

On a proposé et appliqué en Angleterre aux usines de M. Withworth, la compression énergique de l'acier coulé, encore à l'état liquide, au moyen d'une presse hydraulique; le procédé de Terre-Noire sera certes plus avantageux, s'il ne présente pas trop de difficultés pratiques provenant surtout, de ce qu'il faut opérer avec des matières qui doivent être dosées avec soin, puisque quelques centièmes en plus ou en moins modifient les qualités du produit, et de ce que ces matières étant facilement oxydables, peuvent en partie être éliminées ou détournées du but que l'on veut atteindre.

Nous devons cependant signaler ici que M. Bessemer a rappelé, dans les séances publiques de mars 1877 de l'Institut du fer et de l'acier, qu'il avait fait de l'acier sans soufflures, en y introduisant du silicium ou en traitant du fer contenant 5 p. c. de silicium; qu'en 1862 déjà, il avait exposé un lingot d'acier du poids d'une tonne environ qui avait été cassé pour bien montrer sa parfaite compacité.

Ce fut aussi à cette même séance que M. Riley rapporta, qu'ayant eu à faire des expériences avec de l'acier au titane, il avait reconnu que cet acier ne contenait pas de titane, mais qu'il devait ses qualités particulières au silicium : il en avait trouvé au delà de 1 1/2 p. c.

Enfin, M. Snelus avait aussi constaté que le fer dit brûlé, n'était à cet état que parce qu'il renfermait une grande quantité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de silicium, et il était arrivé à reconnaître que la présence du silicium sans carbone donnait un acier très-doux et élastique, tandis que la présence simultanée de ces deux corps produisait un acier cassant et mauvais.

Bien que tous ces métallurgistes eussent connu depuis longtemps le rôle du silicium dans l'acier coulé, ce n'est cependant qu'à Terre-Noire qu'on a commencé à utiliser cette propriété sur une grande échelle.

La Société de Terre-Noire avait exposé une très-grande quantité d'échantillons de fontes, de fers et d'aciers dont elle avait fait l'analyse et qu'elle avait soumis aux expériences ayant pour but d'en déterminer les conditions physiques; elle a donné les résultats des nombreuses épreuves qu'elle a fait subir à ces diverses formes ou qualités de produits, par le choc, par flexion, par traction, etc.

Cette magnifique collection ne comprenait pas moins de 455 échantillons. Le cadre de ce rapport ne nous permet de reproduire qu'une partie des chiffres donnés par la Compagnie; nous les consignerons dans des tableaux; nous résumerons aussi les observations ou conclusions que la Compagnie a cru devoir formuler.

Voici d'abord, la composition des fontes qu'elle a présentées :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FONTES.

	TENEUR POUR CENT.						
	Graphite.	Carbone combiné.	Fer.	Manganèse.	Silicium	Soufre.	Phosphore.
Fontes pour moulage.							
Fonte N° 1. . . .	3,25	0,94	92,17	1,25	2,25	0,02	0,05
Id. N° 2. . . .	2,55	1,23	92,98	1,05	1,95	0,04	0,05
Id. N° 3. . . .	1,95	1,52	93,85	0,95	1,75	0,063	0,047
Id. N° 4. . . .	1,15	2,08	94,58	0,654	1,55	0,071	0,042
Id. N° 5. . . .	0,85	2,17	94,15	0,583	1,45	0,095	0,047
Fontes pour affinage.							
Fonte pour fer ordinaire . .		2,45	95,05	0,653	0,758	0,287	0,622
Id. id. fort		2,05	92,95	3,450	0,618	0,031	0,162
Id. id. supérieur . .		2,875	95,04	1,940	0,204	0,047	0,053
Id. id. fin et acier puddlé. . .		3,25	92,87	3,258	0,548	0,052	0,063
Spiegeleisen.							
Spiegel à 10 p. c. de manganèse.		8,45	84,45	10,20	0,16	»	0,085
Ferro-manganèse.							
A 25 p. c. de manganèse. .		5,20	69,60	25,15	0,052	»	0,095
A 41 p. c. id. . .		5,45	53,00	41,25	0,080	»	0,135
A 64 p. c. id. . .		5,65	30,50	64,25	0,062	»	0,125
A 85 p. c. id. . .		6,62	8,25	85,50	0,093	»	0,145
Alliages de silicium.							
Alliage N° 1		2,65	66,75	20,50	10,20	»	0,185
Id. N° 2		2,65	71,50	19,50	7,45	»	0,178
Id. N° 3		2,30	79,00	13,00	5,45	»	0,145
Id. N° 4		2,10	85,50	6,50	5,55	»	0,140
Alliage de chrome.					Chrome.		
A 25 p. c.		4,75	57,43	13,20	25,30	»	»
Alliage de tungstène.					Tungstène.		
A 24 p. c.		5,65	30,00	41,50	24,25	»	0,140

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici les épreuves faites sur les fontes :

	FONTE N° 1.	FONTE N° 2.	FONTE N° 3.	FONTE N° 4.	FONTE N° 5.
Épreuves par le choc.	*Hauteur de rupture en mètres.*				
Barreau brut de 40 millimètres.	0m36	0m42	0m54	0m62	0m68
Barreau ajusté de 100 millim.	0,50	0,70	0,80	0,90	1,20
Épreuves par flexion.	*Charges de rupture en kilogrammes.*				
Barreau brut de 80 millim. essayé à l'appareil Monge . .	950k	1.055k	1.180k	1.315k	1.475k
Barreau ajusté de 100 millim.	13.000	15.500	16.200	19.800	21.500
Épreuves par traction.	*Charge de rupture par millimètre carré.*				
Barrette de 14 millim. de diam.	6k5	8k9	10k2	14k9	17k5

C'était la première fois que la Compagnie de Terre-Noire exposait des alliages de silicium, de chrome et de tungstène. Nous avons vu que c'est à l'aide des premiers qu'elle produit l'acier sans soufflures ; quant aux alliages au chrome et au tungstène, dont la fabrication était déjà connue ailleurs, ils sont recherchés pour les usages qui demandent une dureté et une ténacité hors ligne, comme pour les crochets de tours, les fers de mines, etc.

L'acier chromeux qui a un grain homogène, est très-ductile, résistant, élastique et très-facile à souder : il prend très-bien la trempe au rouge sombre ; le chrome s'oxydant assez difficilement, rend l'acier plus réfractaire à la chaleur. L'acier chromeux s'altère donc moins vite à la chaleur que l'acier ordinaire. On en fabrique entre autre à l'usine de Brooklyn, d'après la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

méthode indiquée par M. Berthier, qui, dès 1821, avait fait de l'acier et du fer chromés; on produit d'abord du ferro-chrome à 4,29 de carbone et 48,7 p. c. de chrome, et on en met dans les creusets à acier, une quantité calculée d'après le degré d'aciération et de dureté que l'on veut obtenir. Un acier dur chromé de Brooklyn a donné 1,10 p. c. de carbone et 0,44 p. c. de chrome. On a reconnu que ce dernier corps en l'absence du carbone, ne communique pas au fer pur les propriétés de l'acier.

On emploie l'acier chromé de Brooklyn depuis plusieurs années déjà; en 1874, on en a fabriqué la charpente du pont Saint-Louis aux États-Unis, et à cette occasion, on a constaté que cet acier présentait une résistance extraordinaire à la compression.

Nous allons donner les essais faits sur les fers de diverses qualités.

On a soumis aux épreuves :

Des fers dits ordinaires, qualités courantes du commerce, fabriqués avec des minerais du pays sans aucun mélange;

Des fers forts, très-beaux, à froid, et pouvant aussi être appliqués à certains emplois à chaud;

Des fers supérieurs, qualité supérieure à froid et à chaud;

Des fers fins et *des aciers puddlés,* qualités exceptionnelles à froid et à chaud.

Voici le résultat des essais faits sur ces fers :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Épreuves par flexion sur

Épreuves par flexion sur barreaux carrés ajustés de 100 millimètres de côté.	Fer ordinaire.	Fer fort.	Fer supérieur.	Fer fin.	Acier puddlé.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Charge de 5.000 k. — flèche sous charge.	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7
Charge de 5.000 k. — flèche permanente.	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
de 20.000 k. — flèche sous charge.	4,0	3,3	2,7	7,8	3,6
de 20.000 k. — flèche permanente.	0,3	0,8	0,2	5,3	1,2
de 35.000 k. — flèche sous charge.	61,0	42,5	102,0	78,0	42,0
de 35.000 k. — flèche permanente.	61,0	37,0	102,0	78,0	42,0
de 40.000 k. — flèche sous charge.	»	»	267,0	168.0	69,0
de 40.000 k. — flèche permanente.	»	»	267,0	168,0	69,0
Rupture à	37.200k	39.000k	sans rupture	40.500k	42.000k

Épreuves au choc sur

Épreuves au choc sur barreaux carrés ajustés de 100 millimètres de côté.	Fer ordinaire.	Fer fort.	Fer supérieur.	Fer fin.	Acier puddlé.
Hauteur de chute.					
mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
0,50 flèche en mm.	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0
1,00 id.	6,0	6,0	4,0	4,0	2,5
1,50 id.	15,0	14,0	14,0	12,0	10,0
2,00 id.	rupture.	24,0	25,0	22,0	15,0
2,50 id.		rupture.	40,0	35,0	22,0
3,00 id.			57,0	52,0	33,0
3,50 id.			78,0	69,0	rupture.
4,00 id.			101,0	91,0	
			sans rupture.	sans rupture.	

Poids du mouton : 300 kil.; poids de l'enclume : 10.000 kil.; écartement des points d'appui : 1 mètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Épreuves par traction sur

Épreuves par traction sur barrettes de 14 millimètres de diamètre et 100 millimètres de longueur.	Fer ordinaire.	Fer fort.	Fer supérieur.	Fer fin.	Acier puddlé.
Charge par millimètre carré, limite d'élasticité	kil. 21,0	kil. 21,5	kil. 19,5	kil. 18,6	kil. 25,5
Charge par millimètre carré, rupture	28,5	32,4	35,0	38,0	53,4
Allongement p. c.	18,5	22,5	26,2	28,5	14,2
Barrettes de 20 millimètres de diamètre et 200 millimètres de longueur.					
Charge par millimètre carré, limite d'élasticité	kil. 21,5	kil. 20,8	kil. 20,1	kil. 19,2	kil. 26,5
Charge par millimètre carré, rupture	29,2	33,5	34,3	37,8	52,9
Allongement p. c.	16,8	20,7	25,1	26,3	13,9
Barrettes de tôle, sens du laminage.					
Charge par millimètre carré, limite d'élasticité	kil. 23,7	kil. 23,7	kil. 22,3	kil. 24,9	kil. »
Charge par millimètre carré, rupture	29,5	33,1	33,8	36,1	»
Allongement p. c.	5,2	9,2	15,5	15,3	»
Barrettes de tôle, sens contraire au laminage.					
Charge par millimètre carré, limite de l'élasticité . .	kil. 22,7	kil. 23,6	kil. 22,7	kil. 21,7	kil. »
Charge par millimètre carré, rupture	29,2	32,6	33,8	34,8	»
Allongement p. c.	5,3	7,2	13,5	15,5	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous arrivons maintenant aux *aciers*.

Les essais ont été faits :

Sur des aciers martelés et laminés à doses variables de carbone ;

Sur des aciers martelés et laminés à doses variables de manganèse ;

Et sur des aciers martelés et laminés à doses variables de phosphore.

Voici dans quelles proportions ces trois éléments se trouvaient dans les échantillons soumis aux expériences :

ACIERS. — Teneurs

	CARBONE.	MANGANÈSE.	PHOSPHORE.
Aciers martelés et laminés à doses variables de carbone.			
Échantillon A teneur p. c.	0,150	0,213	0,035
— B —	0,490	0,200	0,070
— C —	0,709	0,266	0,062
— D —	0,875	0,250	0,055
— E —	1,050	0,255	0,063
Aciers martelés et laminés à doses variables de manganèse.			
Échantillon F teneur p. c.	0,450	0,521	0,067
— G —	0,467	1,060	0,072
— H —	0,515	1,305	0,061
— I —	0,560	2,008	0,058
— J —	0,599	2,458	0,072
Aciers martelés et laminés à doses variables de phosphore.			
Échantillon K teneur p. c.	0,310	0,746	0,247
— L —	0,274	0,800	0,273
— M —	0,310	0,693	0,398

Ces échantillons d'aciers ont été prélevés sur des coulées au four Siemens-Martin ; on les a soumis à une série d'expériences par la flexion, par le choc, par traction et par compression ; ces épreuves ont été faites sur le métal pris dans son état naturel ou trempé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS. — Épreuves faites par flexion.

Échantillons.	FLÈCHES SOUS LES CHARGES DE KIL.										RUPTURES.
	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000	80.000	
	Dose variable de carbone. — MÉTAL NATUREL.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
A	1,0	1,5	2,1	3,4	12,5	»	»	»	»	»	Sans rupture.
B	1,1	1,6	2,3	2,8	4,3	30,5	»	»	»	»	Sans rupture.
C	0,5	1,7	2,2	2,7	3,1	10,8	20,7	30,0	»	»	à 62.500 k.
D	0,3	1,5	2,2	2,7	2,9	5,1	9,8	20,5	»	»	à 67.000 k.
E	0,0	0,5	1,0	1,6	2,0	4,1	6,8	12,6	»	»	à 65.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
A	0,5	1,0	1,5	2,5	9,4	»	»	»	»	»	Sans rupture.
B	0,5	0,8	1,0	2,0	7,5	11,2	22,5	»	»	»	à 75.000 k.
C	Trempe non réussie.										
D	0,5	1,0	2,0	3,0	3,8	5,3	7,0	9,0	11,0	»	à 80.000 k.
E	0,0	0,5	0,7	2,0	3,2	3,5	4,4	5,3	»	»	à 60.000 k.
	Dose variable de manganèse. — MÉTAL NATUREL.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm	mm.	
F	0,8	1,6	2,3	3,0	10,3	31,0	»	»	»	»	Sans rupture.
G	0,6	0,9	1,9	2,3	3,0	13,7	»	»	»	»	Sans rupture.
H	0,6	0,9	1,7	2,2	2,9	4,0	»	»	»	»	à 85.000 k.
I	0,3	0,8	1,3	2,0	2,8	3,8	»	»	»	»	à 91.000 k.
J	On n'a pu laminer assez de barres à cause de la grande dureté.										
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
F	1,2	2,0	2,9	3,8	5,1	8,8	22,7	»	»	»	à 70.000 k.
G	1,0	2,4	3,2	4,4	5,6	9,7	19,7	»	»	»	à 67.000 k.
H	0,7	2,0	2,7	3,3	4,2	6,5	9,9	»	»	»	à 65.000 k.
I	0,5	2,0	2,6	3,3	4,2	6,0	9,8	»	»	»	à 66.000 k.
	Dose variable de phosphore. — MÉTAL NATUREL.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
K	0,4	0,8	2,0	2,9	4,0	16,5	»	»	»	»	Sans rupture.
L	0,3	0,7	1,8	2,6	3,8	10,6	»	»	»	»	à 65.000 k.
M	0,1	0,3	1,5	2,4	3,0	6,7	»	»	»	»	à 46.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
K	1,5	2,6	3,4	4,5	6,1	11,2	26,8	»	»	»	à 65.000 k.
L	1,5	2,4	4,6	5,8	7,3	10,5	16,6	»	»	»	à 61.000 k.
M	1,2	2,1	3,2	4,3	5,6	7,2	»	»	»	»	à 49.000 k.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS. — Épreuves faites par flexion

Flèches permanentes correspondant aux flèches sous charge du tableau précédent.

Échantillons.	FLÈCHES PERMANENTES SOUS LES CHARGES DE KIL.										RUPTURES.
	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000	80.000	
	Dose variable de carbone. — MÉTAL NATUREL.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
A	0,0	0,0	0,1	0,8	9,8	104,0	248,0	»	»	»	Sans rupture.
B	0,0	0,1	0,1	0,2	1,1	25,7	69,0	134,0	»	»	Sans rupture.
C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	14,8	20,5	27,0	»	à 62.500 k.
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,6	14,0	23,0	»	à 67.000 k.
E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	8,9	»	»	à 65.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
A	0,0	0,0	0,5	1,0	6,2	74,0	225,0	»	»	»	Sans rupture.
B	0,0	0,0	0,3	1,0	4,2	6,5	17,0	41,0	99,0	»	à 75.000 k.
C	Trempe non réussie.										
D	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,5	0,9	2,7	4,0	5,2	à 80.000 k.
E	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	1,0	5,3	»	»	à 60.000 k.
	Dose variable de manganèse. — MÉTAL NATUREL.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
F	0,0	0,0	0,0	0,2	5,1	24,5	49,0	112,0	»	»	à 67.000 k.
G	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	10,8	32,5	74,0	132,0	»	à 79.000 k.
H	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,2	11,4	38,0	64,0	105,0	à 85.000 k.
I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	11,3	38,0	63,0	101,0	à 91.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
F	0,1	0,2	0,5	0,8	1,4	3,9	16,0	44,0	»	»	à 70.000 k.
G	0,1	0,3	0,9	1,2	1,9	4,7	13,0	31,0	»	»	à 67.000 k.
H	0,0	0,1	0,2	0,4	0,6	1,3	3,2	9,0	»	»	à 65.000 k.
I	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	1,3	3,5	8,7	»	»	à 66.000 k.
	Dose variable de phosphore. — MÉTAL NATUREL.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
K	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	13,0	39,0	85,0	168,0	»	à 72.000 k.
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	7,6	22,0	41,0	»	»	à 65.000 k.
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,7	»	»	»	»	à 46.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.										
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
K	0,2	0,6	1,0	1,6	2,5	6,5	24,4	59,0	»	»	à 65.000 k.
L	0,1	0,4	1,3	1,9	2,7	6,0	13,0	»	»	»	à 61.000 k.
M	0,1	0,3	1,2	1,8	2,5	3,2	»	»	»	»	à 49.000 k.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS. — Épreuves au choc,

sur des barreaux carrés de 1m20 de longueur, 100mm de côté; les points d'appui étaient espacés de 1 *mètre, et reposaient sur une enclume de 10,000 kil. — Poids du mouton : 500 kil.*

Échantillons.	FLÈCHE SOUS UNE HAUTEUR DE CHUTE DE								RUPTURES.
	0m50	1m00	1m50	2m00	2m50	3m00	3m50	4m00	
	Dose variable de carbone. — MÉTAL NATUREL.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
A	0,0	3,0	10,0	20,0	33,0	49,0	68,0	87,0	Sans rupture.
B	0,0	2,0	6,0	15,0	25,0	36,0	48,0	62,0	Sans rupture.
C	0,0	2,0	5,0	8,0	12,0	19,0	Rupture.	"	
D	0,0	2,0	3,0	5,0	Rupture.	"	"	"	
E	0,0	1,5	Rupture.	"	"	"	"	"	
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
A	0,0	3,0	8,0	16,0	24,0	39,0	55,0	68,0	Sans rupture.
B	0,0	2,0	6,0	12,0	18,0	27,0	36,0	45,0	Sans rupture.
C	0,0	2,0	5,0	9,0	11,0	18,0	Rupture.	"	
D	0,0	0,5	2,0	5,0	Rupture.	"	"	"	
E	0,0	2,0	5,0	8,0	Rupture.	"	"	"	
	Dose variable de manganèse. — MÉTAL NATUREL.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
F	1,0	3,0	9,0	16,0	26,0	36,0	48,0	63,0	Sans rupture.
G	0,5	2,0	7,0	13,0	20,0	28,0	39,0	49,0	Sans rupture.
H	0,0	1,5	5,2	9,5	14,5	20,5	Rupture.	"	
I	0,0	1,0	3,0	7,0	9,5	Rupture.	"	"	
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
F	1,0	5,0	11,0	17,0	27,0	37,0	49,0	62,0	Sans rupture.
G	1,0	4,0	9,0	15,0	23,0	31,0	42,0	53,0	Sans rupture.
H	0,0	2,0	7,0	12,0	18,0	26,0	35,0	45,0	Sans rupture.
I	0,0	1,0	4,0	6,0	12,0	16,0	Rupture.	"	
	Dose variable de phosphore. — MÉTAL NATUREL								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
K	0,0	1,0	5,0	9,0	15,0	23,0	31,0	41,0	Sans rupture.
L	0,0	1,5	7,0	11,0	19,0	29,0	Rupture.	"	
M	0,0	1,0	6,0	Rupture.	"	"	"	"	
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
K	1,0	5,0	10,0	16,0	24,0	35,0	48,0	48,0	Rupture.
L	1,0	5,0	10,0	16,0	23,0	33,0	Rupture.	"	
M	1,0	5,0	9,0	15,0	Rupture.	"	"	"	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS. — Épreuves par traction.

Échantillons.	Barrettes de 14 millim. de diamètre et 100 millim. de longueur.				Barrettes de 20 millimètres de diamètre et 200 millimètres de longueur.				
	Limite d'élasticité : charge par mm. car.	Rupture-charge sur la section		Allongement p. c.	Limite d'élasticité : charge par mm. car.	Rupture-charge sur la section		Allongement p. c. mesuré sur	
		primitive.	contractée.			primitive.	contractée.	200 mm.	100 mm.
	Dose variable de carbone. — MÉTAL NATUREL.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
A	22,0	35,7	104,2	34,0	18,2	36,4	106,0	32,3	40,0
B	26,2	48,8	73,4	24,0	23,0	48,0	80,4	24,8	29,6
C	31,6	68,0	83,1	15,0	30,8	68,2	76,5	10,0	10,6
D	34,2	74,1	90,5	9,5	32,8	73,2	78,5	8,4	11,2
E	39,2	86,1	98,5	4,5	39,5	86,0	90,0	5,2	5,2
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
A	32,8	46,8	140,0	28,6	31,4	46,8	138,0	23,7	29,5
B	44,6	70,5	139,0	12,0	46,4	71,0	97,0	12,5	15,0
C	68,8	107,1	115,5	4,0	67,8	97,0	100,3	1,25	1,60
D	90,5	106,0	107,5	1,0	77,8	104,6	106,7	0,80	1,2
E	Barrette cassée à la trempe.				92,6	130,8	133,5	1,0	1,3
	MÉTAL TREMPÉ A L'EAU.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
A	30,8	48,8	151,0	19,0	33,1	50,4	175,0	18,25	27,3
B	45,4	78,5	80,9	2,5	49,3	78,2	121,5	7,0	10,3
C D E	Barrettes cassées à la trempe.								
	Dose variable de manganèse. — MÉTAL NATUREL.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
F	27,3	54,0	95,6	24,2	26,3	51,8	97,8	24,5	29,75
G	35,7	65,0	112,0	21,0	31,2	61,1	116,0	21,4	27,5
H	43,5	82,5	134,0	15,7	41,2	76,5	141,0	17,4	21,25
I	48,7	89,8	116,0	9,5	47,7	88,5	131,5	10,5	12,0
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
F	48,1	76,0	140,5	14,0	41,7	76,5	129,0	12,0	16,0
G	69,2	130,0	Barrette rompue au repère.		65,0	99,0	Barrette rompue au repère		
H I	Barrettes fendues à la trempe.								
	Dose variable de phosphore. — MÉTAL NATUREL.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
K	33,0	56,6	114,0	26,2	33,4	55,2	105,8	23,5	28,0
L	33,8	55,9	124,0	23,5	36,2	56,2	131,0	24,0	30,5
M	36,7	61,3	112,5	22,2	37,8	59,7	128,8	25,25	31,5
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
K	54,1	83,0	138,0	10,5	41,2	71,5	130,0	13,0	17,0
L	55,8	81,0	125,0	10,2	42,0	76,5	135,0	13,3	17,75
M	60,1	90,5	106,5	5,0	44,2	80,0	103,8	Cassé en dehors des repères.	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS. — Épreuves par compression.

On a opéré sur des cylindres de dix millimètres de diamètre et dix millimètres de hauteur que l'on a soumis à la compression.

Échantillons	Charges supportées par les cylindres comprimés = 32.000 kil.					
	MÉTAL NATUREL.			MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.		
	Hauteur		Rapport entre les deux hauteurs.	Hauteur		Rapport entre les deux hauteurs.
	avant la compression	après la compression		avant la compression	après la compression	
	mm.	mm.		mm.	mm.	
A	10,07	2,87	3,50	9,95	4,10	2,33
B	10,00	3,60	2,76	10,00	4,20	2,40
C	10,00	3,97	2,50	9,95	4,75	2,10
D	10,00	4,45	2,25	10,05	5,40	1,84
E	10,15	4,59	2,20	10,15	5,75	1,76
F	10,05	3,62	2,77	10,10	4,70	2,15
G	10,10	3,80	2,65	10,05	4,75	2,12
H	10,15	4,07	2,47	10,10	4,95	2,04
I	Manque à la série.					
K	10,10	3,85	2,63	10,12 (1)	6,02	1,68
L	10,05	4,25	2,35	10,02	9,60	1,04
M	10,05	2,35	2,38	10,05	9,07	1,13

(1) La charge supportée par ce cylindre a été de 28.500 kil. au lieu de 32.000.

Bien que l'examen attentif de ces tableaux permette de tirer plusieurs conclusions fort intéressantes, nous donnerons cependant, en peu de mots, l'énoncé des faits que la Société de Terre-Noire a elle-même dégagés de ces trois séries d'expériences :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Aciers a doses variables de carbone.

Les épreuves par flexion établissent que le métal fondu, lorsqu'il ne contient que des doses très-minimes de carbone, donne sous un effort de flexion, des flèches plus considérables que celles obtenues avec les meilleurs fers. Cette faculté de fléchir n'exclut cependant pas une certaine raideur.

Le métal fondu, lorsque la teneur en carbone ne dépasse pas 0,150 p. c., est donc un véritable fer fondu homogène, bien supérieur en qualité à tous les autres fers connus.

Les épreuves par flexion font ressortir en outre que les propriétés élastiques du métal se développent en proportion directe des doses de carbone qu'il contient.

Les épreuves au choc confirment ces résultats. On trouve aussi que la *difficulté de fléchir* se traduit en *fragilité au choc,* pour les aciers à haute dose de carbone.

On remarque que les modifications apportées par la trempe sont d'autant plus grandes que la dose de carbone est plus considérable; que la trempe à l'eau amène des modifications infiniment plus sensibles que celles qui résultent de la trempe à l'huile.

En somme, on paraît conduit à dire que, en dessous de 0,50 p. c. de teneur en carbone, le métal fondu peut être appelé fer; que de 0,50 à 1,50, on trouve toutes les catégories d'aciers; enfin qu'au-dessus de 1,50 p. c., ce n'est plus de l'acier, mais de la fonte. Toutefois, ces limites varient avec les proportions de silicium, de phosphore et d'autres matières étrangères qui peuvent encore se trouver dans le métal; les données ci-dessus se rapportent à une matière relativement pure de ces substances étrangères.

Il y a déjà quelques années qu'on admettait un classement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

analogue en Angleterre; ainsi, en dessous de $^1/_4$ p. c. de carbone, le métal était appelé fer doux (wrought iron); de $^1/_4$ à $^1/_3$ p. c., on avait le demi-acier; de $^1/_3$ à $^1/_2$ p. c., l'acier doux (mild); de $^1/_2$ et 1 p. c., l'acier ordinaire; de 1 à 1 $^3/_4$ p. c., l'acier dur et l'acier très-dur; de 1 $^3/_4$ à 2 p. c., métal ni acier, ni fonte, impropre à tout travail; à environ 2 p. c., commence la fonte proprement dite. Ces teneurs n'étaient pas non plus considérées comme absolues; les limites variaient suivant le degré de pureté du métal.

2° Aciers a doses variables de manganèse.

L'augmentation de la teneur en manganèse produit dans les aciers, comme le carbone, une élévation de la limite d'élasticité, une augmentation de la charge de rupture et une diminution de l'allongement. Quant à la faculté d'allongement, elle semblerait rester la même, malgré l'élévation du point de rupture. C'est ce que montreraient les expériences faites sur les deux prises d'essai B et F, qui ne diffèrent pour ainsi dire entre elles que par la teneur en manganèse plus forte dans la série F.

L'augmentation de la teneur en manganèse accroît dans une très-forte proportion, la faculté de trempe des aciers.

3° Aciers a doses variables de phosphore.

Il semble résulter que le phosphore, dans les aciers de bonne qualité, n'altère pas sensiblement leurs propriétés physiques si le carbone en a été éliminé, ce que l'on obtient par l'addition de ferro-manganèse riche.

La présence du phosphore dans les aciers élèverait la limite d'élasticité, augmenterait la raideur et diminuerait sensiblement la résistance au choc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La présence du phosphore n'atténue pas sensiblement la faculté de trempe à l'huile; il semblerait même qu'une plus forte teneur en phosphore, augmenterait les effets de la trempe.

Enfin, les résultats des essais de *compression après la trempe à l'huile,* sont remarquables en ce sens que le métal ainsi trempé résiste beaucoup mieux à la compression.

Enfin, voici les résultats des essais faits sur les fontes au silicium métal mixte, et sur les aciers coulés sans soufflures, préparés par la Société de Terre-Noire, d'après ses procédés dont nous avons parlé précédemment.

Nous donnerons d'abord la teneur en carbone, silicium, manganèse, soufre et phosphore, des échantillons soumis aux expériences :

A. — FONTE ET MÉTAL MIXTE. — Teneur p. c.

Échantillons.	Carbone.	Silicium.	Manganèse.	Soufre.	Phosphore.
N	3,425	3,540	0,120	0,040	0,125
O	3,351	1,000	traces	traces	0,092
P	2,900	0,990	traces	traces	0,087
Q	2,425	0,938	0,145	traces	0,091
R	2,150	0,700	0,180	0,035	0,085
S	2,000	0,722	0,147	traces	0,108
T	1,530	0,730	0,160	traces	0,112

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici le résultat des expériences faites sur six de ces échantillons :

FONTE ET METAL MIXTE. — Épreuves diverses.

	N.	O.	P.	Q.	R.	T.
Épreuves par flexion.						
Charge supportée au moment de la rupture	kil. 13.000	kil. 15.000	kil. 19.500	kil. 24.500	kil. 29.000	kil. 30.500
Épreuves par choc.						
Hauteur du chute du mouton de 100 kil. — Rupture	m. 0,60	m. 0,80	m. 1,30	m. 1,60	m. 1,75	m. 1,50
Épreuves par traction.						
Charges de rupture. Barrettes de 14 mill. de diamètre et 100 mill. de longueur	kil. 7,15	kil. 8,85	kil. 14,5	kil. 18,6	kil. 22,3	kil. 24,8
Charges de rupture. Barrettes de 20 mill. de diamètre et 200 mill. de longueur	kil. 8,0	9,52	15,7	20,7	24,7	26,7
Charges de rupture. Barrettes de 14 mill. de diamètre et 100 mill. de longueur	—	—	—	—	—	42,8
Charges de rupture. Barrettes de 14 mill. de diamètre et 100 mill. de longueur, ayant été recuites	—	—	—	—	—	38,7
Épreuves par compression.						
Charge ayant produit l'écrasement	kil. 3.230	kil. 5.080	kil. 7.828	kil. 9.083	kil. 12.550	kil. 17.500
Hauteur du cylindre avant l'écrasement	mm. 9,95	mm. 9,96	mm. 9,93	mm. 9,93	mm. 10,85	mm. 10,58
Hauteur du cylindre après l'écrasement	détruit	détruit	détruit	mm. 7,13	mm. 8,23	mm. 8,86
Rapport entre les deux hauteurs	—	—	—	1,38	1,32	1,19
Kilogrammes par millimètre carré	kil. 32,30	kil. 50.80	kil. 78.28	kil. 90.83	kil. 125,50	kil. 175,00

B. — ACIERS COULÉS SANS SOUFFLURES, NON MARTELÉS. — Teneurs p. c.

Échantillons.	Carbone.	Silicium.	Manganèse.	Phosphore.	Soufre.
U	0,875	0,322	0,772	0,085	traces
V	0,750	0,163	0,672	0,097	»
W	0,459	0,221	0,670	0,078	»
X	0,287	0,233	0,693	0,076	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B. — ACIERS COULÉS SANS SOUFFLURES NON MARTELÉS.

Épreuves faites par flexion.

Échantillons	FLÈCHES SOUS LES CHARGES DE KIL. 10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	40.000	50.000	60.000	70.000	RUPTURES.
	MÉTAL NATUREL.									
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
U	0,2	0,8	1,3	1,9	2,8	»	»	»	»	A 35.000 k.
V	0,5	1,2	2,1	3,0	5,7	»	»	»	»	A 36.000 k.
W	0,5	1,2	2,5	3,7	6,2	»	»	»	»	A 37.000 k.
X	0,8	1,5	3,3	4,5	8,0	12,0	»	»	»	A 44.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.									
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
U	1,1	1,7	2,3	2,8	3,6	7,0	15,6	»	»	A 59.000 k.
V	1,0	1,7	2,3	2,9	4,1	16,2	»	»	»	Sans rupture à 79.000 k.
W	1,2	1,8	2,4	3,1	4,4	»	»	»	»	Sans rupture à 64.000 k.
X	1,4	1,9	2,6	3,3	4,5	»	»	»	»	Sans rupture à 55.000 k.
	Flèches permanentes sous les mêmes charges.									
	MÉTAL NATUREL.									
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
U	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	»	»	»	»	Rupture à 35.000 k.
V	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	»	»	»	»	A 36.000 k.
W	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0	»	»	»	»	A 37.000 k.
X	0,0	0,0	1,1	2,0	5,0	7,0	»	»	»	A 44.000 k.
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.									
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
U	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8	8,6	»	»	A 59.000 k.
V	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	10,6	33,0	63,0	105,0	Sans rupture à 79.000 k.
W	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	36,0	92,0	175,0	»	Sans rupture à 64.000 k.
X	0,0	0,0	0,1	0,2	0,8	55,0	140,0	»	»	Sans rupture à 55.000 k.

Épreuves faites au choc, sur aciers sans soufflures.

Échantillons	FLÈCHE SUR UNE HAUTEUR DE CHUTE DE 0m50	1m00	1m50	2m00	2m50	3m00	3m50	4m00	RUPTURES.
	MÉTAL NATUREL.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
U	0,0	rupture.	»	»	»	»	»	»	
V	0,0	2,0	rupture.	»	»	»	»	»	
W	0,0	3,0	rupture.	»	»	»	»	»	
X	0,0	1,0	2,0	6,0	rupture.	»	»	»	
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.								
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
U	0,0	0,0	1,0	5,0	rupture	»	»	»	
V	0,0	0,5	2,0	6,0	11,0	16,0	21,0	rupture	
W	0,0	1,0	10,0	14,0	20,0	29,0	38,0	51,0	Sans rupture.
X	0,0	1,0	10,0	18,0	26,0	38,0	48 0	58,0	Sans rupture.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS COULÉS SANS SOUFFLURES. — Épreuves par traction.

Échantillons.	Barrettes de 14 millim. de diamètre et 100 millim. de longueur.				Barrettes de 20 millimètres de diamètre et 200 millimètres de longueur.				
	Limite d'élasticité : charge par mil. car.	Rupture-charge de la section		Allongement p. c.	Limite d'élasticité : charge par mil. car.	Rupture-charge de la section		Allongement p. c. mesuré sur	
		primitive.	contractée.			primitive.	contractée.	200 mil.	100 mil.
	MÉTAL NATUREL.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
U	39,2	64,5	»	1,5	37,8	60,5	»	1,4	»
V	30,5	64,2	67,2	3,5	34,7	62,3	64,5	3,1	3,8
W	26,5	43,3	45,3	3,0	35,2	52,2	53,0	3,5	4,2
X	21,0	44,7	50,4	8,8	20,7	45,7	46,9	8,8	9,1
Z(1)	36,5	63,0	»	2,2	»	»	»	»	»
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE ET RECUIT.								
	kil.	kil.	kil.	p. c.	kil.	kil.	kil.	p. c.	p. c.
U	46,0	82,6	86,3	3,5	47,8	82,4	85,0	3,0	3,0
V	35,8	74,2	82,5	14,3	36,3	72,3	81,1	9,4	10,0
W	33,5	55,5	75,8	19,2	30,3	56,0	73,1	16,9	19,8
X	31,6	51,8	80,6	24,6	28,8	49.3	77,5	21,4	25,3
Z(1)	38,3	87,2	98,1	10,0	»	»	»	»	»

ACIERS COULÉS SANS SOUFFLURES. — Épreuves par compression.

Échantillons	Charges supportées par les cylindres comprimés = 32.000 kil.					
	MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE ET RECUIT.			MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE.		
	Hauteur.		Rapport entre les deux hauteurs.	Hauteur.		Rapport entre les deux hauteurs.
	avant la compression	après la compression		avant la compression	après la compression	
	mm.	mm.		mm.	mm.	
U	10,0	4,72	2,13	10,05	9,95	1,02
V	10,0	4,25	2,35	10,00	9,80	1,03
W	10,15	3,80	2,65	10,45	4,70	2,22
X	10,0	3,40	2,90	10,15	4,55	2,25
Z(1)	10,0	4,25	2,35	9,95	4,45	2,23

(1) Z est un cylindre d'acier *au chrome*, coulé sans soufflures, tenant 0,450 de carbone, 0,280 de silicium, 0,750 de manganèse et 0,750 de chrome,

Un cylindre *d'acier chromé*, trempé à l'eau, a supporté *deux fois* la charge de 32,000 kil. et sa hauteur est passée de 10mm05 à 9mm80 ; c'est-à-dire qu'elle était à peine modifiée.

Les cylindres soumis à la compression, avaient 10 millimètres de hauteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour terminer, nous donnerons encore le relevé des épreuves au choc sur des barreaux de 30 millimètres en acier coulé sans soufflures, non martelés. Ces barreaux avaient une section carrée de 30 millimètres de côté, et étaient ajustés ; cette épreuve est celle de l'artillerie ; elle consiste à poser le carré 30 millimètres sur deux points d'appui espacés de 16 centimètres. Le mouton pèse 18 kilog. ; l'enclume 800 kilog. Le mouton est élevé tout d'abord à la hauteur de $0^{m}50$, et de 5 en 5 centimètres jusqu'à rupture.

BARREAUX D'ACIER COULÉ SANS SOUFFLURES. — Essais au choc.

Echantillons.	FLÈCHE EN MILLIMÈTRES SOUS UNE HAUTEUR DE CHUTE DE												
	$0^{m}50$	$0^{m}60$	$0^{m}70$	$0^{m}80$	$0^{m}90$	$1^{m}00$	$1^{m}10$	$1^{m}20$	$1^{m}25$	$1^{m}50$	$1^{m}75$	$2^{m}00$	$2^{m}25$
MÉTAL NATUREL.													
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
U	0,0	0,4	rupt.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
V	0,0	0,6	2,2	2,8	rupt.	»	»	»	»	»	»	»	»
W	0,5	2,0	2,8	3,5	rupt.	»	»	»	»	»	»	»	»
X	0,5	2,6	4,0	6,2	9,0	11,0	13,8	rupt.	»	»	»	»	»
MÉTAL TREMPÉ A L'HUILE													
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
U	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,4	2,9	»	rupt.	»	»	»	»
V	0,4	1,3	2,2	3,0	3,8	5,0	»	»	7,3	11,0	rupt.	»	»
W	0,5	2,0	3,5	5,0	7,0	8,7	»	»	13,7	20,0	23,0 rupt.	»	»
X	1,0	2,5	5,0	7,0	9,0	11,7	»	»	18,8	27,5	35,0	41,0	45,0 rupt.

Nous résumerons également les conclusions auxquelles la Société de Terre-Noire est arrivée en faisant les épreuves que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous venons d'indiquer sur le métal mixte et les aciers sans soufflures.

A. — *Fonte et métal mixte.*

Une forte proportion de silicium dans la fonte lui donne une résistance moindre à la flexion, au choc, à la traction et à la compression.

Lorsque le silicium est éliminé, la diminution de la teneur en carbone a pour conséquence l'augmentation de résistance du métal.

La trempe en coquille est d'autant plus énergique que la dose en carbone est moindre.

B. — *Aciers coulés sans soufflures.*

En examinant les résultats des épreuves auxquelles on a soumis les prises d'essai d'acier coulé U, V, W, X, on constate, à partir de la prise U, la faculté *de transformation par la trempe* ; la trempe transforme en effet le métal d'une manière considérable ; la résistance aux épreuves par flexion, par choc, par traction, est presque généralement doublée ; la faculté d'allongement nulle, ou à peu près, pour le métal naturel sortant du moule, devient considérable pour le métal transformé par la trempe ; la limite d'élasticité s'élève beaucoup.

Enfin, on trouve que les aciers coulés sans soufflures possèdent toutes les propriétés des aciers laminés et martelés, et il semblerait établi que l'acier tient toutes ses propriétés de sa composition chimique, que le travail mécanique du forgeage ou du laminage n'est pas nécessaire au développement de ses qualités.

Voilà les principales conclusions présentées par la Compagnie de Terre-Noire, dans son intéressante notice ; l'étude attentive des chiffres conduira encore à d'autres résultats, qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seront la confirmation pratique de principes établis par la théorie.

Par ses expériences nombreuses qu'elle a conduites avec intelligence, la Société de Terre-Noire a, certes, contribué pour beaucoup aux progrès que la métallurgie a réalisés dans ces dernières années; les chiffres et les spécimens nombreux qu'elle a produits, ont attiré l'attention toute spéciale des métallurgistes, et s'il y a encore quelques principes qui ne sont pas parfaitement établis par l'expérience, il n'en est pas moins vrai que beaucoup de points obscurs sont éclaircis, et qu'il suffira peut-être que d'autres compagnies fassent à leur tour des essais dans le même sens, pour que l'on soit enfin bien fixé sur le rôle que jouent certains éléments qui se trouvent toujours associés en plus ou moins grande quantité avec le fer, et qui contribuent à former les divers états sous lesquels ce métal se présente dans nos usines.

Outre cette belle collection de recherches dont nous venons de nous occuper, la Compagnie de Terre-Noire avait encore exposé des minerais de fer avec les analyses, et un grand nombre de produits fabriqués; entre autres :

Une série de tuyaux entiers, en fonte moulée, depuis 0^m04 jusqu'à 1^m10 de diamètre et 2 à 4 mètres de longueur; une autre série de tuyaux coupés, également en fonte moulée, depuis 0^m06 jusqu'à 0^m70 de diamètre et de 3 à 4 mètres de longueur. Ces derniers spécimens surtout montraient la bonne constitution de la fonte et le fini du travail; on n'y trouvait pas le moindre défaut;

Un grand nombre d'obus de toutes dimensions en fonte moulée et en acier, pesant jusqu'à 910 kil.; deux de 335 kil. chacun, en acier coulé sans soufflures, ont été essayés par la commission de l'artillerie de la marine; ils ont traversé obliquement sous l'incidence de 20°, une muraille de 0^m30 de fer et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1 mètre de bois, et n'ont subi que des avaries relativement peu importantes; ils coûtent moins cher que les obus en acier forgé;

Un tube ajusté en acier coulé sans soufflures pour canon de marine de 14 centimètres et qui a été soumis à des épreuves par une commission d'artillerie; on a tiré cent coups avec des charges de poudre de 4k2 au minimum jusqu'à 4k9 maximum, et des projectiles de 18k65 à 21 kil.; les déformations ont été trouvées légèrement inférieures à celles constatées sur des tubes en acier forgé, essayés dans les mêmes conditions;

Un cylindre de machine soufflante en fonte pesant 10,700 kilogrammes;

Des rails en acier de 12 et 16 mètres de longueur;

Des fers à double T jusqu'à 260 millimètres et de 10 à 21 mètres de longueur;

Des tôles en acier doux, des frettes à tourillons pour canons;

Un modèle de four Martin-Siemens, et bon nombre d'autres objets qu'il serait trop long d'énumérer.

Pour donner une idée de l'importance de cette exposition, nous dirons que le catalogue comprenait 670 numéros et que la Compagnie avait fait construire un grand pavillon spécial en dehors du bâtiment du Champ-de-Mars.

Schneider et Cᵉ. Usines du Creusot (Saône-et-Loire).

L'exposition de la Société du Creusot, établie dans un très-beau pavillon spécial, était une des plus brillantes installations particulières du Champ-de-Mars; c'était digne et de la France et de l'importance de la Compagnie.

On y voyait un grand nombre de spécimens, tant de matières premières que de produits fabriqués; charbons divers, avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plans et coupes des bassins houillers; minerais de fer variés, avec beaux dessins des gîtes et des terrains qui les renferment; beaucoup d'échantillons de fontes, de fers, d'aciers, de produits d'usines ayant des dimensions colossales; des machines de navigation, des locomotives, des machines fixes, des machines-outils, des tôles, des objets moulés, des plaques de blindages, etc., etc.; enfin une série d'albums et de tableaux statistiques.

Cette Compagnie occupe pour son industrie 423,28 hectares et possède en outre plus de 731 hectares de terres, prairies, bois, etc.; elle emploie en tout 15,252 personnes. Le service est fait par 27 locomotives et 1,518 wagons parcourant 303,761 kilomètres de chemins de fer; les usines abritent 281 machines à vapeur d'une force de 13,334 chevaux, et 1,050 machines-outils; enfin, il y a 58 marteaux-pilons à vapeur, dont un de 80 tonnes.

Ces chiffres donnent une idée de l'importance de cette Société. La production en 1877-78, a été de 549,000 tonnes de charbon, 155,000 tonnes de fonte, 126,000 tonnes de fers et aciers, et 25,000 tonnes de machines et autres pièces sorties des ateliers de construction.

Nous n'avons à nous occuper ici que des fontes, des fers et des aciers. Nous ne pourrons cependant pas entrer dans de grands détails sur les procédés de fabrication suivis dans ces usines, parce que les documents qui ont été remis au jury étaient sobres de données et, contrairement à ceux d'autres sociétés, ne rapportaient que peu de résultats d'essais sur les fers et les aciers.

Divers casiers renfermaient des échantillons de fontes pour puddlage, pour acier et pour moulage, tous parfaitement choisis et d'une très-grande beauté; ces fontes avaient été obtenues en traitant des minerais magnétiques, riches et purs, provenant de Mokta-el-Hadid (Algérie), et un peu de l'île d'Elbe (Italie), de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bilbao et de Carthagène (Espagne), auxquels on avait mélangé des minerais indigènes.

Les minerais indigènes sont ceux des gîtes oolithiques de Mazenay, pisolithiques du Berry, et dans ces derniers temps, des gîtes de fer spathique d'Allevard et de Saint-Georges.

Les minerais oolithiques de Mazenay à gangue calcareuse sont composés d'environ :

41,98 p. c. de peroxyde de fer,
0,34 » d'oxyde de manganèse,
11,32 » de silice,
19,75 » de chaux ;

ils sont assez phosphoreux et rendent 27 à 28 p. c. de fer.

Les hydrates en grains de la grosseur d'un petit pois à une noisette, dits pisolithiques du Berry, sont à gangue siliceuse ; ils contiennent de 44 à 54 p. c. de peroxyde de fer, et de 28 à 58 p. c. de silice et d'alumine.

Les minerais spathiques d'Allevard et de Saint-Georges donnent à l'analyse :

A l'état cru : 32 p. c. de fer,
2 à 6 p. c. de manganèse,
0,01 à 0,02 d'acide phosphorique.

Grillés, ils tiennent environ 45 p. c. de fer ; leur couleur varie du blanc au roux ; ils se présentent en filons dans les schistes talqueux.

Quant aux minerais d'Afrique, de l'île d'Elbe et d'Espagne, leur nature et leur composition sont assez connues pour n'avoir pas besoin de les indiquer ici.

Les hauts fourneaux établis au Creusot ont 20 mètres de haut,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6m50 de diamètre au ventre et 450 mètres cubes de capacité; on chauffe l'air au moyen des appareils Whitwell et Cowper-Siemens; la température de l'air est portée à 620 degrés centigrades, en moyenne. La consommation par tonne de fonte blanche est de 975 kilog. de coke, et de 1,040 kilog. par tonne de fonte grise.

Il y a aussi un haut fourneau de 16m50 de haut, 4m50 de diamètre au ventre et 175 mètres cubes de capacité, à air très-fortement chauffé, pour réduire les minerais spathiques grillés très-menus, à l'effet de la production des fontes à acier.

On ne fabrique pas les fontes extra-manganésées, ni les spiegels, ni les ferro-manganèses.

Fontes.

Les diverses fontes sont obtenues au moyen de mélanges convenables des différents minerais dont l'énumération est donnée plus haut; les fontes de puddlage dites n° 1, pour rails, proviennent du traitement presque exclusif des minerais de Mazenay, et les n° 7 à fers fins, de minerais riches et purs. Les fontes pour aciers sont fabriquées avec les minerais les plus purs, auxquels on ajoute, s'il y a lieu, des minerais manganésés ; on les classe d'après leur composition; chaque numéro est traité d'une manière différente, et donne des aciers affectés à des usages divers.

Enfin, les fontes pour moulages sont employées seules en seconde fusion, ou en mélange avec d'autres, suivant la nature des pièces que l'on veut obtenir.

Voici la composition moyenne des divers numéros de ces trois espèces de fontes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Carbone. TOTAL.	Silicium.	Manganèse	Phosphore.	Soufre.	Fer.
FONTES POUR PUDDLAGE						
N° 1	1,680	0,702	0,294	1,608	0,505	95,211
N° 2	2,587	1,076	0,406	0,749	0,319	94,863
N° 3	2,789	1,650	0,864	0,580	0,223	93,894
N° 4	3,240	1,900	1,200	0,375	0,122	93,163
N° 5	N'a pas été donné par la Société.					
N° 6	3,122	1,990	1,744	0,195	0,065	92,884
N° 7	3,380	2,120	2,600	0,065	0,045	91,790
FONTES POUR ACIERS.						
N° 1	3,700	2,200	4,086	0,053	0,035	89,926
N° 2	3,350	2,320	4,160	0,055	0,034	90,081
N° 3	3,350	2,269	3,888	0,056	0,040	90,397
N° 4	3,452	2,180	3,660	0,049	0,045	90,614
N° 5	3,200	2,136	3,492	0,054	0,045	91,073
N° 6	3,050	1,800	3,250	0,055	0,075	91,770
N° 7	3,621	1,208	2,566	0,050	0,087	93,468
FONTES DE MOULAGE.						
N° 1	3,450	2,750	0,544	0,772	0,074	92,410
N° 2	3,215	2,544	0,565	0,634	0,073	92,969
N° 3	3,190	2,405	0,588	0,710	0,082	93,025
N° 4	2,950	2,100	0,540	0,615	0,096	93,699
N° 5	2,990	1,182	0,388	0,680	0,120	94,010

Fers.

MM. Schneider et C^ie^ avaient exposé une série d'échantillons de fers puddlés bruts, nerveux et à grains fins ; tous les spécimens accusaient une fabrication soignée ; cependant, ils ne présentaient rien de nouveau, car on avait déjà eu l'occasion de voir des échantillons analogues dans les expositions antérieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce qu'il y avait peut-être à noter cette fois, c'était le développement de la fabrication des fers à grain fin et à aciers puddlés, pour répondre à différents besoins, spécialement pour frettes de canons. On cherche dans ce cas, dit la Société, à obtenir un métal qui, trempé à l'eau, ait une limite élastique de 31 kilogr., une résistance de 49 kilogr., pour un allongement de 17,5 p. c. mesuré sur 100 millimètres. Ce sont les résultats qu'ont donnés les frettes en acier puddlé que l'on avait exposées.

Le puddlage est pratiqué : dans des fours à puddler ordinaires pour fonte blanche, à raison de 2,400 kil. de fer par jour; dans des fours à râble mécanique produisant 3,600 kil. de fer par journée de four; et enfin dans deux fours Danks perfectionnés, fonctionnant sans interruption depuis plus de deux ans, et produisant, en douze heures, dix tonnes de fer en chargeant la fonte à l'état liquide.

Le four à puddler rotatif, système breveté, et dont les plans lithographiés ont été distribués, est caractérisé par des dispositions mécaniques assurant la continuité de sa marche malgré la haute température développée dans la partie tournante. Un spécimen en grandeur naturelle était établi dans le pavillon. Ce qui fixe surtout l'attention, c'est l'enveloppe métallique cylindrique qui entoure le foyer et l'autel; le tambour est aussi à doubles parois entre lesquelles circule de l'eau. La paroi intérieure du four mobile porte au milieu de la longueur une nervure transversale qui, à chaque révolution, divise la charge en deux; finalement, on obtient par charge, deux boules du poids de 400 à 500 kilogr. chacune. Une boule non martelée, telle qu'elle est obtenue par le mouvement de rotation du four, était déposée près de l'appareil, ainsi que d'autres boules martelées et des cassures de fer puddlé brut produit avec ce genre de four. Le four cylindrique est armé à l'extérieur d'un engrenage placé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perpendiculairement aux génératrices et qui engrène avec deux pignons tournant sur leur axe qui est fixe.

Il paraît que le puddlage à ce four perfectionné, donne des produits d'une pureté remarquable. D'après la Société, avec les fontes de puddlage n° 7 du Creusot, traitées dans cet appareil, on obtient des fers qui renferment :

0,160 de carbone,
0,120 de silicium,
0,054 de manganèse,
0,015 de phosphore,
0,009 de soufre,
99,642 de fer.

Les fers laminés avec les blooms qui en proviennent, ont en moyenne une limite élastique de 20^{k}7, avec une résistance à la rupture de 38^{k}2, et 27 p. c. d'allongement mesuré sur 100 millimètres.

Ces résultats, s'ils sont constants, peuvent être considérés comme très-avantageux; cependant, il faut remarquer que si ces fers sont purs de phosphore, c'est principalement parce que les fontes qui les produisent, contiennent très-peu de ce métalloïde; il faudrait s'assurer si ces fours du Creusot donneraient des fers aussi bons avec des fontes plus phosphoreuses.

MM. Schneider et C^{ie} classent depuis longtemps leurs fers en 7 numéros, suivant les numéros des fontes dont ils proviennent; en voici les principaux caractères :

Fer de qualité n° 1, à grains, à nerf ou métis, obtenu avec le minerai oolithique de Mazenay; il est très-soudant; dur à froid et sert principalement à la fabrication des rails;

Le n° 2, ou fer ordinaire du Creusot, est analogue au fer du Staffordshire;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le n° 3 ressemble au « best » du Staffordshire ; il est à grain et à nerf ;

Le n° 4 équivaut au « best-best » du Staffordshire ; il est à nerf soyeux, se travaille bien à chaud et se corroie convenablement ;

Le n° 5, à grain et nerf très-beaux, correspond au « best-best-best » du Staffordshire ;

Le n° 6, à grain fin, est de qualité analogue aux bons fers au bois ;

Enfin, le n° 7 est à cassure à grain fin avec des arrachements ou avec un nerf soyeux ; il est d'une qualité supérieure, très-ductile et très-malléable.

Voici quelques indications sur les principaux produits en fer que l'on avait exposés :

Outre les cassures de fers et de tôles, on voyait des spécimens de fer et de tôles travaillés à froid et à chaud, des pièces façonnées à chaud embouties, représentant des vases de formes diverses avec pieds découpés, le tout obtenu d'une même plaque de métal et sans aucune soudure ; ces derniers spécimens, très-beaux, donnaient une haute idée de la qualité du métal ;

Un rail en fer à double champignon de 17 mètres de longueur ;

Des fers ronds de 150 millimètres et de 17 mètres de longueur ; des doubles T, des fers en U de 250 millimètres sur 17 mètres de longueur ; des cornières et des fers à T aussi de 17 mètres, etc.

Une tôle de 17 mètres de longueur, $1^{m}01$ de largeur et $0^{m}01$ d'épaisseur ; une autre de $10^{m}20$ de longueur, $0^{m}81$ de largeur et $0^{m}035$ d'épaisseur ; une autre de 4 mètres de longueur, $2^{m}21$ de large et $0^{m}01$ d'épaisseur ; une tôle circulaire de $2^{m}315$ de diamètre et $0^{m}022$ d'épaisseur ; enfin des tôles minces.

Tous ces produits très-bien finis, ne présentaient rien de particulier, car ils provenaient de matières de premier choix ; il y

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a, croyons-nous, autant de mérite à faire avec des minerais ou des fontes de qualités médiocres, comme on en traite en Belgique, des rails à plus bas prix que ceux du Creusot et qui, comme ces derniers, satisfont aux conditions imposées par les compagnies de chemins de fer; nous avons la conviction, que, quoi qu'on en dise, nos usines feraient avec les mêmes matériaux *au moins* aussi bien que le Creusot. C'est ce que mon collègue, M. Dupret, qui doit s'occuper de la Belgique, saura facilement établir.

D'après les données de MM. Schneider et C^ie^, il y aurait dans leurs usines, 20 laminoirs à fer et à tôles pourvus de 700 jeux de cylindres permettant de laminer les ronds de 4 à 225 millimètres, les carrés de 4 à 150 millimètres et les tôles de toutes dimensions depuis 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur du poids de 1 jusqu'à 4,000 kilos.

Aciers.

Les appareils pour la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer ont été installés au Creusot de 1867 à 1874; ils comprennent 6 convertisseurs (dont 4 en marche), dans lesquels la fonte arrive directement du haut fourneau; leur capacité est de 8 à 10 tonnes. Ce n'est qu'en 1870 qu'on a commencé à y produire du métal, c'est-à-dire plusieurs années après que d'autres sociétés françaises en mettaient déjà sur le marché; en 1863, les sociétés d'Imphy et Petin-Gaudet en livraient ensemble 1,815 tonnes, et Terre-Noire 41 tonnes; en 1869, c'est-à-dire l'année avant la mise en train des convertisseurs du Creusot, Terre-Noire donnait déjà 29,514 tonnes, Imphy et Petin-Gaudet ensemble 20,012; la production totale de la France était alors de 52,400 tonnes pour 16 convertisseurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'acier Bessemer du Creusot a été, jusqu'ici, principalement employé à la fabrication des rails.

Outre les 6 convertisseurs, la Compagnie possède 6 fours Siemens-Martin de 15 à 20 tonnes servant à la fabrication des aciers et des produits coulés exigeant des soins spéciaux, tels que canons, frettes, pièces de forges, tôles etc., etc. Pour les grosses pièces de forge, les canons, on a établi un chantier de coulée de gros lingots, desservi par une grande grue de 100 tonnes; on a fait ainsi des lingots du poids de 10,000 kil. à 120,000 kil.

Les arbres et pièces en acier pour machines marines sont toujours recuits après avoir été amenés approximativement à leur forme définitive d'ajustage. Quant aux tubes et corps de canons en acier, on les trempe à l'huile après forgeage; les frettes en acier fondu sont également trempées à l'huile.

Dans la note remise au jury, la direction de la Société dit que ses aciers sont classés pour la fabrication suivant deux séries correspondant, l'une à leur composition intrinsèque, l'autre à leur degré de pureté. Les progrès, dit-elle, qui se réalisent actuellement, sont assez rapides pour n'avoir pas permis encore d'asseoir une classification des aciers sur des bases définitives pouvant être livrées à la publicité, et recevoir un caractère commercial; les essais qu'on peut faire sur divers échantillons varient d'ailleurs avec leurs dimensions et aussi avec la dimension des pièces d'où ils proviennent. On peut indiquer seulement que, pour les aciers non trempés, la fabrication s'impose, au Creusot, pour chaque dureté, un allongement minimum qui doit toujours être dépassé. Les barrettes d'essai ont une section de 2 centimètres carrés et on observe l'allongement sur 100 millimètres; elles sont obtenues par un découpage à froid dans la masse de pièces forgées ou laminées.

Voici les chiffres qui ont été fournis :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIER NON TREMPÉ.

Résistance par mm².	Allongement minimum.	Résistance par mm².	Allongement minimum.	Résistance par mm².	Allongement minimum.
kil.	mm.	kil.	mm.	kil.	mm.
90	5	70	13	50	21
83	7	65	15	45	23
80	9	60	17	40	25
75	11	55	19		

Voici encore d'autres données se rapportant à des pièces exposées ou à des pièces analogues :

	LIMITE D'ÉLASTICITÉ EN KILOG. PAR MM².	CHARGE DE RUPTURE EN KILOG. PAR MM².	ALLONGEMENT SUR 100 MM.
Tubes et corps de canons en acier. — Essais faits sur des barreaux découpés à froid dans un plan perpendiculaire aux génératrices :			
	kil.	kil.	
Tube pour canon de campagne . .	35,2	63,5	17,3
Tube pour canon de siège. . . .	34,7	62,3	17,1
Tube pour canon de place. . . .	30	62,0	20,5
Tube pour canon de gros calibre .	22	53,5	21,5
Tôles, tubes, entretoises et rivets en acier employés dans la construction d'une chaudière locomotive.			
	kil.	kil.	kil.
Tôle (corps cylindrique et foyer) . .	25,3	40,5	32
Métal des tubes avant étirage . . .	27,2	42,3	31
Entretoises	24,8	37,3	33,5
Rivets.	22,0	40,0	28,0
Arbres et pièces en acier pour machines marines. Moyenne. . . .	19,0	41,0	26
Frettes en acier fondu ; éprouvettes découpées à froid	37,9	62,7	18

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bien que MM. Schneider n'aient pas cru devoir faire connaître les bases de leur classification des aciers, nous rappellerons ce qui a été dit à ce sujet à l'article *Terre-Noire*, et nous croyons qu'il sera intéressant de produire ici la classification des aciers de la Société Cockerill, basée sur la teneur en carbone du métal :

Classification des aciers de la Société J. Cockerill.

	Teneur en carbone pour cent.	Coefficient de rupture par mm² en kilogram.	Allongement sur 200 mm. de longueur.	Ces aciers	
				se soudent.	se trempent.
1. Aciers extra doux. .	0,05 à 0,20	40 à 50	27 à 20	oui	non
2. Aciers doux. . . .	0,20 à 0,35	50 à 60	20 à 15	peu	peu
3. Aciers durs. . . .	0,35 à 0,50	60 à 70	15 à 10	non	oui
4. Aciers extra durs. .	0,50 à 0,65	70 à 80	10 à 5	non	fortem^{t}.

Voici les usages de ces aciers de Cockerill :

1. — Tôles de chaudières de navires, de ponts; frettes de canons, clous et pointes; fils d'acier, pièces estampées — remplacent les fers de Suède.

2. — Essieux de wagons, de locomotives ; bandages, rails, canons de fusil, pièces d'armes, gros canons; pièces mécaniques soumises à de grands efforts de flexion et de torsion.

3. — Rails, bandages spéciaux, ressorts de voitures, armes blanches, pièces de machines soumises au frottement, broches de filatures, marteaux, fleurets de mines.

4. — Ressorts fins, limes, fraises, scies, outils tranchants divers.

D'autres classifications avaient été données en Allemagne et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ailleurs ; mais comme elles ne concordaient pas entre elles, on était très-embarrassé pour établir commercialement les caractères bien tranchés du fer et de l'acier ; les uns, en donnant le nom de *fer* aux produits ferreux malléables qui n'avaient pas subi de fusion, et le nom d'*acier* à tout produit ferreux malléable fondu, excluaient ainsi de cette dernière classe les aciers cémentés, corroyés et naturels ; les autres, qui voulaient absolument tenir compte de la faculté de la trempe, ne pouvaient se mettre d'accord avec les partisans des dénominations de fer malléable et d'acier ; la confusion commençait donc à se produire ; aussi, les ingénieurs qui assistaient aux réunions de l'*American Institute of the mining Engineers*, en juin 1876, à Philadelphie, pendant l'Exposition, jugèrent-ils qu'il serait fort utile de nommer une commission internationale de savants métallurgistes à l'effet d'établir une nomenclature générale des produits malléables du fer. Le comité chargé de ce travail présenta un rapport dont voici la traduction :

« Considérant que la fabrication des fers doux malléables *fondus*, tant par les procédés Bessemer et Siemens-Martin que par la fusion au creuset, semble réclamer une nouvelle nomenclature des produits ferreux, afin d'éviter tout malentendu ;

» Considérant, en effet, que le mot *acier* par lequel ces fers doux sont désignés en Angleterre et aux États-Unis dans les relations commerciales et dans les forges, ne les distingue pas des *anciens aciers* proprement dits, qui jouissent de la propriété spéciale de durcir par la trempe ;

» Considérant qu'une nomenclature commune à toutes les langues semble désirable, aussi bien au point de vue commercial qu'au point de vue scientifique, puisque déjà des procès sont engagés sur le vrai sens du mot *acier* ;

» Considérant enfin, que le caractère définitif des fers fondus, doux ou durs, c'est-à-dire leur parfaite homogénéité due à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fusion, peut tout aussi bien être exprimé par un autre terme que par le vieux mot *acier*, nom qu'il convient de laisser aux composés malléables du fer qui durcissent par la trempe ;

» Recommande l'adoption de la nomenclature suivante :

» I. — Tout composé ferreux malléable, comprenant les éléments ordinaires de ce métal, et obtenu, soit par la réunion de masses pâteuses, soit par paquetage ou par tout autre procédé n'impliquant pas la fusion, et qui d'ailleurs ne durcit pas sensiblement par la trempe, bref, tout ce que l'on a désigné jusqu'à ce jour par le nom de *fer doux* (*wrought-iron*, anglais), sera appelé à l'avenir FER SOUDÉ (*weld-iron*, anglais, *schweiss-Eisen*, allemand) ;

» II. — Tout composé analogue qui, par une cause quelconque durcit sous l'action de la trempe et fait partie de ce que l'on appelle aujourd'hui *acier naturel, acier de forge*, ou plus particulièrement *acier puddlé* (*puddled-steel*), sera appelé ACIER SOUDÉ (*weld-steel*, anglais, *schweiss-Stahl*, allemand) ;

» III. — Tout composé ferreux malléable, comprenant les éléments ordinaires de ce métal, qui aura été obtenu et coulé à l'état *fondu*, mais qui ne durcit pas sensiblement sous l'action de la trempe, sera appelé FER FONDU (*ingot-iron*, anglais, *fluss-Eisen*, allemand) ;

» IV. — Tout composé pareil, qui par une cause quelconque durcit sous l'action de la trempe, sera appelé ACIER FONDU (*ingot-steel, fluss-Stahl*). »

Ces décisions du comité ne tranchèrent pas entièrement la difficulté, car beaucoup de métallurgistes n'ont pu les accepter sans restriction ; les recherches analytiques et expérimentales auxquelles on s'est livré pendant ces dernières années, tout en faisant mieux connaître la nature et les propriétés des nouveaux produits dits fer et acier fondus, permettront probablement d'arriver à une classification répondant à toutes les exigences.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons maintenant donner quelques détails sur les principales pièces de fer et d'acier qui étaient exposées par le Creusot dans la classe 43 :

Fac-simile *d'un lingot d'acier* du poids de 120,000 kilogr. Ce n'était qu'un fac-simile, parce que l'on aurait eu trop de difficultés pour transporter le lingot qui se trouvait au Creusot. Ce bloc a été obtenu avec les fours Siemens-Martin; sa section est un carré de 2 mètres de côté à la base et $1^{m}80$ en haut; la hauteur est de $3^{m}75$.

C'est, croyons-nous, le plus fort lingot d'acier qui ait été produit jusqu'alors. Pour juger du progrès de cette fabrication, nous rappellerons entre autres que M. Krupp avait envoyé aux expositions antérieures des blocs d'acier dont voici les poids :

A l'Exposition	de Londres de 1851,	un bloc de	2,250	kil.
—	de Paris de 1855,	—	10,000	
—	de Londres de 1862,	—	20,000	
—	de Paris de 1867,	—	40,000	
—	de Vienne de 1873,	—	52,500	

Et, à ces diverses époques, on trouvait ces blocs déjà très-remarquables.

Cassure d'un lingot d'acier. — Cette cassure était fort belle; le métal présentait un grain uniforme et paraissait accuser une grande homogénéité dans la masse et l'absence de soufflures. Le coulage a été opéré par un procédé particulier que l'on n'a pas fait connaître; on a seulement dit que le lingot a été fabriqué sans le secours de produits siliceux qui, d'après MM. Schneider, auraient rendu plus facile l'obtention d'une cassure sans soufflures, mais qui auraient eu le grave inconvénient de nuire à la qualité du produit; le grain a été modifié par un recuit spécial.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ne connaissant pas le mode de travail suivi et n'ayant aucun résultat d'expériences, nous ne pouvons apprécier convenablement le mérite du métal et l'exactitude des faits avancés; nous devons dire, cependant, que le grain de cette cassure ne paraissait pas présenter des conditions meilleures que celui des lingots analogues d'autres exposants, notamment de ceux de Terre-Noire, qui, contrairement à MM. Schneider, a fait usage du silicium pour prévenir les soufflures et ne paraît pas s'être très-mal trouvée de son procédé.

Un groupe de 8 *bandages en acier* de diamètres croissant depuis 0^{m}50 jusqu'à 4 mètres; des spécimens de bandages ployés à froid;

Des roues pour locomotives et pour wagons, avec essieux et bandages en acier;

Un cylindre à vapeur brut de fonderie destiné à l'appareil moteur du cuirassé français *le Foudroyant*, ayant 2^{m}08 de diamètre intérieur, 2^{m}40 de hauteur totale y compris les masselottes, et un poids de 18,000 kilogr.;

Des tôles en acier pour chaudières à vapeur.

On voyait aussi, mais inscrits pour la classe 68 :

Un tube en acier pour canon de gros calibre, ayant un diamètre extérieur de 0^{m}75, une longueur de 11 mètres et un poids de 38,000 kilogr.;

Une frette tourillon en acier, complétement finie pour canon, ayant un diamètre extérieur de 1^{m}890, un diamètre intérieur de 1^{m}589 et un poids de 3,810 kilogr. Il y avait encore d'autres frettes en acier fondu et en acier puddlé;

Enfin, *des plaques de blindage*, dont une pour cuirassement d'une tourelle de navire, cintrée sur un rayon de 6^{m}80, ayant 4^{m}20 de longueur, 2^{m}60 de largeur et 0^{m}80 d'épaisseur; le poids était de 65,000 kilog.

Cette plaque était annoncée comme étant en *métal Schneider*;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mais nous ne savons pas si cette dénomination est due à un métal nouveau découvert par MM. Schneider ou à un procédé de fabrication de ces plaques avec du fer et de l'acier, comme on en fait ailleurs.

Cette épaisseur 0m80 pour plaques de blindage est vraiment considérable; cela représente environ 6,000 kilogr. de poids par mètre carré! Cependant on devra en faire de plus fortes encore, car partout on travaille à augmenter la puissance des canons.

Nous dirons toutefois ici que des expériences entreprises en 1878, en Angleterre, paraissent établir que deux plaques disposées parallèlement et séparées l'une de l'autre par un intervalle libre occupé par de l'air, résistent mieux qu'une seule plaque ayant une épaisseur même supérieure à celle des deux réunies. Voici le résultat d'une de ces expériences : on a placé deux plaques en fer de 0m354 et 0m102 d'épaisseur à la distance de 1m75 l'une de l'autre; un boulet Paliser a traversé entièrement la première et est venu se briser sur la deuxième. On a ensuite formé un ensemble de trois plaques de 0m164 d'épaisseur chacune, séparées par deux lits de bois de teck de 0m12 d'épaisseur; un boulet Paliser lancé absolument dans les mêmes conditions que le boulet dont on s'était servi dans l'expérience des deux plaques, a traversé entièrement cet assemblage de trois plaques et de deux lits de bois. Ces essais sont fort curieux; mais il faudra voir si de nouvelles expériences donneront les mêmes résultats; dans l'affirmative, il y aura à rechercher la distance la plus convenable à laisser entre les plaques.

Pour terminer cette énumération, nous dirons un mot du grand marteau de 80 tonnes, monté dans les usines du Creusot et dont le modèle en bois avait été exposé près du pavillon. Ce colossal appareil est décrit dans les *Annales industrielles*, li-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vraison du 28 avril 1878; voici quelques-unes des principales données :

Maximum de chute	5 m.
Diamètre du cylindre à vapeur	1m90
Hauteur id.	6m00
Pression de la vapeur	5 k.
Longueur de la base de la construction	12m60
Largeur id.	6m00
Hauteur totale de la plaque de fondation au sommet du cylindre à vapeur	18m60
Hauteur de la chabotte	5m60
Surface à la base	33 m²
Surface au sommet	7 m²
Poids des piston, tige, porte-marteau et frappe (masse active), ensemble.	80.000 kil.
Poids du cylindre	22.000 »
Poids de l'entablement	30.000 »
Poids des jambages et glissières	250.000 »
Poids des pièces accessoires et mécanismes	35.000 »
Poids de la chabotte et de l'enclume	750.000 »

Enfin le poids total de la construction est de 1,280,000 kilogrammes!

L'appareil est desservi par trois grues de 100,000 kil. chacune de puissance, et une de 160,000 kil., pesant, les premières, 110,000 kil. l'une, et la quatrième 140,000 kil. En comptant les accessoires obligés, bâtiments, fours, voies, outillage, etc., etc., cette installation a coûté à la Société environ *trois millions de francs*.

Ce colossal marteau a été établi principalement pour le travail des énormes pièces d'acier coulé et forgé que nécessite le service de la marine militaire et marchande; jusque dans ces derniers temps, le plus fort marteau du Creusot ne pesait que 28 tonnes, et cette Compagnie avait été devancée, pour ce qui est de l'importance de ce genre d'engins, par la Prusse, l'Autriche, la Russie, l'Angleterre, où l'on trouvait des marteaux de 35 à 50 tonnes; pour le moment, le Creusot est en possession du plus puissant marteau connu.

En résumé, la splendide exposition du Creusot laissait une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vive impression au visiteur; elle donnait une haute opinion de la puissance des moyens dont on dispose dans ces usines; les procédés de fabrication n'étaient malheureusement pas, comme chez d'autres sociétés exposantes, communiqués généreusement au public, et certes, ce n'est pas en voyant une pièce brute ou travaillée, ou une belle cassure, que l'on peut deviner exactement la nature du métal ou son mode de fabrication et apprécier le mérite d'une invention ou d'une découverte, si découverte ou invention il y a réellement.

Ce qui était particulièrement intéressant dans cette exposition, c'était la bonne qualité et la perfection des tôles d'acier pour chaudières à vapeur; la beauté des pièces embouties qui donnaient une haute idée de la qualité du fer et de l'acier; la magnificence des cassures; et le fini des pièces fabriquées. Mais la plupart de ces spécimens remarquables peuvent être produits avec les mêmes mérites dans la plupart des usines bien montées, et il n'en manquait pas d'exemples à l'Exposition; le point intéressant à connaître aurait été le prix de revient pour des produits courants aussi beaux que ceux qui étaient exposés; il ne suffit pas d'exhiber de splendides spécimens que l'on peut n'obtenir quelquefois qu'incidemment ou à force de dépenses; avec de l'argent, tout usinier peut arriver à produire quelques échantillons d'un fini remarquable; mais il faut voir la marche ordinaire et régulière, et le mérite industriel des procédés, des fabricats, des appareils, des engins, s'établit souvent très-bien dans les bureaux des adjudications publiques des chemins de fer, par exemple, où tous les fournisseurs concurrents ont à garantir que les produits qu'ils livreront rempliront les conditions imposées par un cahier des charges, le même pour tous. Celui qui présente le plus bas prix, bien qu'ayant des usines, des appareils de taille ordinaire, aurait, croyons-nous, industriellement plus de mérite que celui qui serait installé sur une échelle dix

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fois plus grandiose, mais qui ne pourrait offrir ses produits qu'à un prix plus élevé de 5 ou 10 p. c. ou davantage, comme cela se voit souvent aux adjudications.

Quant au marteau à vapeur, qui certes est un outil colossal, digne des ingénieurs appartenant à une des plus puissantes sociétés du continent, il faut qu'il puisse être alimenté de manière à couvrir l'intérêt et l'amortissement de la dépense, ce que MM. Schneider auront naturellement bien calculé; et comme il n'existe encore relativement que peu de services qui nécessitent l'emploi de pièces suffisamment énormes pour affronter le choc d'une masse de 80 tonnes tombant de 5 mètres de hauteur, il est probable que le nouveau marteau du Creusot ne verra pas naître d'ici à quelque temps un maître, car il n'y a que peu d'établissements appelés à construire d'énormes canons ou des vaisseaux blindés, etc., marchandises d'un débit assez circonscrit; il aura un égal, car la Société des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer était occupée pendant l'été de 1878 à construire aussi un marteau de 80 tonnes.

Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer.

Anciens établissements Petin-Gaudet, a St-Chamond (Loire).

Noblesse oblige. — Quand on porte un nom comme celui de Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer (Saint-Chamond), on est forcé, dans un tournoi industriel, de tenir honorablement son rang; disons-le de suite, la Société de Saint-Chamond est restée, au Champ-de-Mars, à la hauteur de sa réputation et de sa position; son pavillon, qui renfermait un grand nombre de pièces magnifiques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

constituait pour le métallurgiste l'une des plus belles perles de l'Exposition de Paris.

On trouvait là, comme au Creusot par exemple, des échantillons des minerais, des combustibles employés, et une grande série de spécimens de fontes, fers, aciers, etc., etc.; on avait en outre l'avantage d'obtenir plus d'indications sur les procédés employés et sur certains appareils.

La Compagnie possède cinq usines principales :

1° *Toga*, près Bastia (Corse). — Quatre hauts fourneaux au bois, donnant des fontes pour fers affinés destinés à la fabrication des blindages, des frettes et des aciers fins. Cette usine traite les minerais des exploitations de la Société à Saint-Léon (île de Sardaigne), et emploie le charbon de bois venant des environs de ces mines, que l'on amène à Cagliari pour être embarqué en destination de Bastia.

Le minerai de Saint-Léon consiste en fer oxydulé très-pur, sans phosphore, ne contenant que des traces de soufre et donnant des produits comparables à ceux des meilleurs minerais de Suède; il sert à la fabrication des fontes de première qualité. On emploie aussi des minerais de Mokta, Camereta et de l'île d'Elbe.

2° *Givors* (Rhône). — Trois hauts fourneaux au coke produisant des fontes pour la fabrication des essieux, bandages, ressorts, canons. On y traite des minerais de Saint-Léon, de Mokta-el-Hadid (Algérie), de Camereta (France), de l'île d'Elbe, du Polomaris (Espagne) et des Pyrénées (France). Ce sont donc tous minerais de première qualité et pour fontes fines et aciéreuses; la richesse moyenne est d'environ 60 p. c. pour ceux de Mokta, de 50 à 55 p. c. pour les espagnols, de 58 p. c. pour ceux de l'île d'Elbe, et de 48 à 58 p. c. pour les hématites des Pyrénées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On y fabrique aussi l'acier Bessemer en première fusion dans quatre appareils, acier dont partie est fondue à Assailly, seconde fusion, partie employée pour rails en aciers, et le reste puddlé.

3° *Rive-de-Gier* (Loire). — Atelier de forgeage de pièces de machines, de canons, etc., etc.

4° *Assailly*. — Usines où l'on fond les aciers de toute nature dans les creusets chauffés au gaz, au four Martin-Pernot et au Bessemer en seconde fusion (Bessemer produit à Givors). On y moule aussi l'acier.

C'est, paraît-il, dans cette usine qu'on a fabriqué pour la première fois, en 1860, des canons de fusil en acier fondu.

On traite à Assailly les fontes de Givors et de Toga.

5° *Saint-Chamond* (Loire). — Usines où l'on fabrique des bandages sans soudures en fer, en acier puddlé et en acier fondu, des gros blindages pour cuirasses de navires, des grands fers à double T pour ponts de vaisseaux obtenus au moyen d'un laminoir spécial à cannelure unique variable ; enfin, des frettes en acier puddlé pour l'artillerie, laminées par un procédé semblable à celui employé pour les bandages sans soudure. On met en œuvre les fontes de Toga et de Givors.

C'est à Saint-Chamond qu'en 1851 on a fait pour la première fois des bandages sans soudure (on en a produit jusqu'ici plus de 900,000), des gros blindages et des frettes en acier puddlé ; jusqu'en 1878, la Compagnie avait livré le frettage de 7,000 pièces d'artillerie de divers calibres.

Ces cinq établissements emploient de 5 à 6,000 ouvriers et 60 machines à vapeur d'une force totale de 6,500 chevaux.

La production moyenne annuelle des matières livrées au commerce consiste en :

18,000 tonnes de rails d'acier ; — 4 à 5,000 tonnes de bandages en fer, acier fondu ou puddlé ; — 2,000 tonnes essieux en fer ou acier ; — 2,000 tonnes de roues en fer ; — 1,500 tonnes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ressorts ; — 6 à 7,000 tonnes de tôles et cornières en fer ou acier ; — 3,000 tonnes aciers pour outils ; — 2 à 3,000 tonnes de blindages ; — 2 à 3,000 tonnes de canons et frettes.

La Compagnie avait exposé des fontes au bois de ses hauts fourneaux de Toga, et des fontes au coke de son usine de Givors : ces spécimens était très-beaux et accusaient une fabrication soignée.

A la suite de nombreuses transformations, on est arrivé à Givors à produire au moyen de deux hauts fourneaux et de deux appareils Bessemer, 30 à 32,000 tonnes de fonte grise et 24,000 tonnes d'acier sans consommer d'autre combustible que celui nécessaire à la fusion de la fonte dans le haut fourneau ; on a utilisé les gaz des hauts fourneaux pour le chauffage de l'air, des chaudières à vapeur desservant les souffleries des hauts fourneaux, et des appareils hydrauliques Bessemer, de sorte que la transformation de la fonte en acier Bessemer a lieu sans aucune dépense de combustible.

Les hauts fourneaux sont pourvus, pour le chauffage de l'air, d'appareils Siemens-Cowper dont voici les dimensions :

Diamètre	$5^{m}80$	Surface de chauffe . . .	2,600 m^2.
Hauteur.	$16^{m}20$	Poids des briques. . . .	450 ton.
Capacité	406^{m3}		

La température de l'air injecté oscille autour de 600 degrés.

La soufflerie des hauts fourneaux est faite par deux machines verticales à traction directe, à détente et condensation avec deux cylindres à vapeur de $1^{m}20$ et $0^{m}85$ de diamètre, système Woolf, et réchauffeur intermédiaire. Ces machines ont été fournies par la Société Cockerill à Seraing.

Le cylindre à vent a 3 mètres de diamètre et un volume de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

17 mètres cubes; la pression du vent est de 18 centimètres de mercure. Une seule machine, à une vitesse de 11 tours par minute, peut brûler régulièrement au haut fourneau 100 à 110 tonnes de coke par 24 heures.

Avec ces appareils bien établis, la Société est parvenue à augmenter la production des hauts fourneaux de 30 p. c., tout en diminuant de 35 p. c. la consommation de coke.

Comme il est dit ci-dessus, on fabrique de l'acier Bessemer aux usines de Givors et d'Assailly, et de l'acier fondu à l'usine d'Assailly ainsi que de l'acier de cémentation.

L'acier cémenté est produit dans des fours à deux caisses, dans chacune desquelles on peut placer, pour une opération, de 18 à 22 tonnes de fer.

L'atelier de fusion au creuset a été établi à Assailly, il y a plus de trente ans; mais depuis quelques années, on a remplacé le chauffage au coke par le chauffage avec régénérateur Siemens; avec ce système, on arrive à une grande régularité dans la qualité et à une durée plus longue des creusets. Tous les aciers de cette catégorie exposés par la Société avaient été fondus au gaz; on allait aussi l'appliquer au puddlage de l'acier. Les creusets peuvent contenir, en moyenne, de 38 à 42 kilog. d'acier. On produit toutes les qualités d'aciers fondus ainsi qu'on pouvait le voir à l'Exposition, acier fondu pour monnayage, acier double croix d'honneur pour outils, acier à la croix, acier pour matrices à boulons, acier doux, aciers qualité canon, aciers pour moissonneuses, serpettes, limes, broches de filatures, scies, papeteries, ailettes et fusils de guerre, etc., etc. Tous ces échantillons étaient naturellement de premier choix et fort beaux.

On trouvait aussi beaucoup de boulets de canon en acier fondu coulé et en acier forgé, des tôles, casques, cuirasses, arbres coudés de machines, des essieux, tubes, canons, bandages, barres, plaques de blindages, etc., en acier fondu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On produit dans cette usine généralement plus de fers aciéreux que d'aciers puddlés proprement dits.

Quant à l'acier Bessemer, cette fabrication a été introduite à Assailly, dès 1862, et à Givors en 1869; on y traite les fontes au coke de Givors. Les lingots acier Bessemer pour rails, sont travaillés en première fusion et ceux pour acier fondu en deuxième fusion.

La Société s'est beaucoup occupée de la construction de corps de canons de fort calibre en acier puddlé; elle prétend être arrivée à éviter les accidents qui se présentent souvent dans le forgeage des grosses masses d'acier fondu. Nous croyons devoir transcrire ici la description du procédé telle que la Société l'a donnée dans une notice autographiée :

« *Première opération*. On prépare à l'extrémité d'un gouvernail (fig. 1, planche 1) servant spécialement pour les gros travaux de forge, un noyau en acier puddlé corroyé ou simplement en fer, puisque ce noyau doit être d'un diamètre assez réduit pour que le forage le fasse entièrement disparaître.

» *Deuxième opération*. Le noyau étant préparé, on le recouvre d'une série de barres en acier puddlé de section trapézoïdale (fig. 2); ces barres placées transversalement sur le noyau (fig. 3), sont préalablement amincies aux extrémités, puis cintrées comme le représentent les fig. 4 et 5.

» *Troisième opération*. Le noyau ainsi chargé de barres est porté dans le four à réchauffer et, lorsque le tout a atteint la température soudante, la pièce est apportée sous un pilon où, au moyen d'un outillage convenablement disposé, les barres sont soudées au noyau.

» Après cette opération, la section du noyau, enveloppé par la première série de barres, affecte la forme représentée par la figure 5.

» *Quatrième opération*. Une deuxième série de barres disposée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la même manière que la première, mais diamétralement opposée, est soudée comme la précédente, de telle façon que, lorsque cette deuxième série est soudée le noyau (fig. 6) se trouve enveloppé d'un rang complet, se composant de demi-frettes, dont les extrémités sont réunies par de longs recouvrements qui assurent une liaison parfaite.

» Deux autres séries 3 et 4 (fig. 7), constituant un deuxième rang, sont soudées successivement comme les première et deuxième de la fig. 6. On continue ainsi d'autres séries groupées dans le même ordre jusqu'à ce qu'on obtienne un bloc d'un volume suffisant, dont la fig. 8 représente la section approximative, pour en tirer, par le forgeage, le corps de canon que l'on se propose d'obtenir.

» En modifiant la dureté du métal des barres trapézoïdales d'acier puddlé qu'on emploie, on peut arriver à un bloc d'une dureté plus ou moins grande suivant l'usage auquel il est destiné.

» Les expériences faites sur des rondelles prises dans le bloc exposé ont donné des limites d'élasticité comprises entre 20 et 25 kil., et une résistance à la rupture de 40 kil.; en employant de l'acier puddlé plus dur, la résistance pourrait certainement être augmentée. On voit donc que ce système peut fournir un métal bien plus résistant que le fer employé en Angleterre pour les corps de canon, et présentant plus de sécurité que l'acier fondu, puisqu'on serait certain d'éviter les tapures qui se rencontrent malheureusement trop fréquemment dans les gros blocs d'acier fondu. »

La mode des énormes canons de 80 à 120 tonnes et même plus, de machines marines et de plaques de blindage colossales forgées, a nécessité de profondes modifications dans l'outillage des usines; aussi la Société de Saint-Chamond qui s'est fait une spécialité de la fabrication de ces pièces, a dû songer, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le Creusot, à construire un puissant marteau-pilon, et elle en achève en ce moment un de 80 tonnes qui sera desservi par des grues de 150 tonnes (1).

Les laminoirs sont naturellement en rapport avec l'importance des pièces à fabriquer que réclame entre autres le service de la marine militaire.

La Société avait exposé des tôles minces en acier fondu au creuset, des aciers en barres faits avec du fer de Suède et du fer au bois de Bastia; des ressorts, des lames et des tôles en acier Bessemer et Martin; des roues pleines, des rails en acier, des bandages en acier fondu, des aciers puddlés, des fers fins, divers fers spéciaux et des types en acier doux; des tôles en fer et des tôles d'acier extra doux pour les chaudières de bateaux et les flasques d'affût d'artillerie; enfin des plaques de blindage à section régulière et à section trapézoïdale.

Les lingots d'acier doux sont produits dans le four de fusion Pernot, imaginé en 1874 par M. Ch. Pernot, chef de fabrication à Saint-Chamond; on en a établi trois.

Quant aux plaques de blindage à section trapézoïdale, voici les détails que donne la Société de Saint-Chamond, sur cette fabrication :

« *Blindages à section trapézoïdale.* — La marine de guerre, voulant diminuer graduellement l'épaisseur de la cuirasse dans les parties protégées par l'eau, a demandé aux maîtres de forges, des plaques dont l'épaisseur aille en diminuant à mesure que l'on

(1) M. Krupp a terminé récemment un canon rayé en acier pesant 72 tonnes, du calibre de $0^{m}40$, ayant $10^{m}25$ de longueur et devant recevoir des obus en fer pesant 830 kil. chargés de 11 kil. de poudre.

Il y a peu de temps aussi, on a fabriqué dans l'arsenal de Turin un canon en fonte renforcé par des cercles d'acier, du calibre de $0^{m}45$, ayant 10 mètres de longueur et qui lancera des projectiles de 1,000 kil. de poids.

Enfin, il paraît qu'en Angleterre on monte un outillage colossal pour la fabrication de canons de 160 tonnes! on parle notamment d'une grue de 1,000 tonnes!

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

descend au-dessous de la ligne de flottaison. C'est pour le navire *le Redoutable* que la question s'est posée pour la première fois; il s'agissait de livrer des plaques ayant 35 centimètres d'un côté et 22 centimètres de l'autre (fig. 4, planche 2).

» On aurait pu enlever au rabot la matière $a.b.c.$, mais cette méthode aurait eu deux inconvénients : 1° rendre l'opération longue et coûteuse par suite du déchet exagéré; 2° mettre à découvert sur la surface $a.c.$ des lignes de mises et par conséquent compromettre la qualité.

» Un autre procédé consistait à laminer la plaque d'épaisseur égale et d'une largeur un peu inférieure à celle que l'on veut obtenir, puis à étirer au pilon la pièce suivant sa largeur de manière à la ramener d'un côté à l'épaisseur minima : cette méthode serait encore longue et coûteuse.

» Nous avons résolu la question d'une manière plus économique et plus rationnelle. Quelles sont les difficultés que l'on rencontre pour produire par le laminage, ces plaques à section trapézoïdale? Supposons un paquet MNPQ, fig. 1, planche 2, qu'il s'agit de ramener à la section M'N'PQ. Si l'on veut, suivant les habitudes, conserver des cylindres à axes horizontaux, le tracé représenté par la figure est celui qui se présente le plus naturellement. Or, l'allongement de la matière à chaque point est évidemment proportionnel à la vitesse des cylindres en ce point; la vitesse est elle-même proportionnelle aux rayons; on peut dire, si R est le rayon en N, et r le rayon en M, A l'allongement en N et a celui en M, qu'on aura la proportion $\frac{A}{a} = \frac{R}{r}$; si le rayon R est double de r, l'allongement de la plaque en N sera double de celui en M et l'on aura une plaque profilée comme le montre la fig. 2.

» Pour obtenir une plaque de longueur égale dans toutes ses parties, que faut-il? Il faut que la quantité des molécules à allon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ger, sur une tranche donnée, soit proportionnelle à la vitesse sur cette tranche, c'est-à-dire au rayon ; or, la quantité de molécules dans la section qui reçoit la pression du laminoir est proportionnelle à l'épaisseur. Si donc on veut que l'allongement soit le même sur les deux côtés de la plaque, il faut que les rayons soient proportionnels aux épaisseurs ; c'est donc la formule $\frac{R}{r} = \frac{E}{e}$ qui doit guider dans l'établissement des cylindres, et pour la réaliser, on arrive à une disposition semblable à celle de la figure 3.

» La pratique a confirmé ce raisonnement, et, en suivant cette méthode, nous sommes arrivés à laminer sans courbure des faces latérales, des plaques à section trapézoïdale. Toutes les plaques de ceinture du *Redoutable* ont été faites par cette méthode.

» Pour éviter les poussées obliques qui pourraient résulter de l'inclinaison des cylindres, les tourillons ont des formes spéciales et reposent sur des coussinets appropriés. »

Comme on peut le voir par ce qui précède, la Société de Saint-Chamond emploie l'acier Bessemer pour la fabrication des canons de petit calibre et se sert du métal produit aux fours Siemens-Martin pour les gros canons ; elle fait aussi des grosses plaques de blindage en fer Siemens-Martin, comme il a été décrit plus haut, en soudant plusieurs barres d'acier puddlé ; elle trouve que si l'une des barres est de mauvaise qualité, son influence ne se fera que légèrement sentir sur la masse, tandis que lorsqu'on opère avec un seul lingot fondu, toute la pièce est compromise si la matière est défectueuse. Mais il est probable qu'en perfectionnant encore la fabrication des gros lingots d'acier ou de fer fondu, on arrivera facilement à s'en servir pour les canons de très-fort calibre au lieu d'employer le procédé de soudage des barres qui est plus coûteux. Le fer fondu mou que l'on obtient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

déjà dans plusieurs usines dans de très-bonnes conditions, sera produit à l'avenir sur une plus grande échelle, parce que la purification au moyen du manganèse deviendra plus facile et plus efficace avec l'emploi des composés très-riches en manganèse que l'on parvient à produire actuellement; la Société de Saint-Louis, à Marseille, est arrivée à en fabriquer, en avril 1878, à 87,4 p. c. de manganèse; en employant de ces derniers produits très-riches au lieu des composés à 25 et 30 p. c., on parviendra facilement à conserver au métal à purifier sa très-faible teneur en carbone, puisque l'on y introduira une quantité beaucoup moins grande de fer étranger, celui qui est associé au manganèse et qui contient toujours relativement une forte proportion de carbone.

L'emploi du fer fondu mou, moins riche en carbone que l'acier, se développera donc de plus en plus parce que, dans bien des applications, il présente des qualités spéciales que l'on ne trouve pas au même degré dans l'acier; la Société de Saint-Chamond sera amenée à le substituer aux produits puddlés qu'elle met en œuvre pour ses puissantes plaques de blindage, d'autant plus qu'on obtiendra mieux l'homogénéité dans une masse fondue que dans une masse de même volume composée de pièces soudées. Pour le moment, et s'il faut s'en rapporter aux expériences faites sur diverses plaques de blindage, le fer paraît l'emporter sur l'acier; on trouve que ce dernier ne résiste pas aux boulets en acier sans soufflure, qu'il se brise en éclats, tandis que les plaques en fer fondu comme on les fabrique à Saint-Chamond ont bien été fortement attaquées, mais ont mieux résisté que celles en acier du Creusot. Cependant, les expériences n'ont pas encore été assez nombreuses pour qu'on puisse se prononcer définitivement ; on va les reprendre en opérant sur des plaques en fer, en acier martelé et en acier sans soufflures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons maintenant passer en revue les principaux produits que la Société dont nous nous occupons avait exposés dans son pavillon.

Échantillons d'aciers en barres de toutes formes et dimensions, fabriqués avec du fer de Suède, et du fer au bois de l'usine de Toga; ces aciers fondus sont livrés pour coins de monnayage, limes, scies, coutellerie, tréfileries et fils d'acier. — Aciers Bessemer et Siemens-Martin, de diverses duretés; — aciers Bessemer en lames, pour ressorts de wagons et carrosserie; — acier fondu pour pièces de fusils de guerre; depuis l'adoption de l'acier fondu pour les canons de fusil, l'usine d'Assailly en a livré 2,000,000 environ. — Cassures de barres d'aciers divers : il y avait des aciers produits avec du fer de Suède cémenté, d'une dureté de 0 à 7 points; des aciers corroyés, fondus, etc., etc.; des aciers au bois de Toga, cémentés.

Diverses tôles en acier fondu, dont deux de qualité marine, ayant l'une $5^m46 \times 1^m20 \times 0^m03$, et pesant 1,550 kilog.; l'autre, $4^m30 \times 2^m00 \times 0^m012$, et pesant 880 kilog.; une tôle, qualité chaudière, de $4^m30 \times 2^m00 \times 0^m012$, et pesant 870 kilog.; et une pour flasque d'affût de 155, pesant 668 kilog.

Les tôles d'acier extra doux ne se trempent pas et résistent à 43 kil. de charge, tout en prenant 25 p. c. d'allongement; les lingots d'acier doux que l'on emploie sont produits dans les fours de fusion Pernot.

Tôles minces en acier fondu au creuset de 1, 1 1/2, 2, 5 dixièmes de millimètre jusqu'à 5 millimètres d'épaisseur. On avait exposé des casques de cavalerie (dragons) emboutis, polis et finis, faits avec ces tôles.

Pièces diverses en acier fondu moulé. — Boulets en acier fondu coulé des calibres 160, 190 et 240 millimètres, et un pour canon de 95, système de Lahitolle.

Les boulets en acier dur coulé étaient bien réussis et ne pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sentaient pas de soufflures, ce qui est important, car précédemment on devait les forger.

L'acier doux ne peut pas être facilement obtenu sans soufflures quand on veut lui conserver la malléabilité et la ténacité ; cependant, il convient encore bien pour les pignons, les roues d'engrenage, les boîtes à graisse, les entretoises d'affûts, etc., ainsi que le montraient les spécimens de ces objets qui étaient exposés.

Boulets sphériques, cylindriques et cylindro-coniques en acier fondu et martelé, depuis 45 kil. jusqu'à 780 kil. de poids.

Arbre coudé de machine de navire en acier fondu, avec plateaux aux deux extrémités et pesant 3,560 kil. ; cet acier très-doux avait donné aux épreuves 45 kil. de résistance et 24 p. c. d'allongement.

Série de tubes et canons de divers calibres en acier fondu, tournés, forés ou alésés et rayés, pesant 6,820, 1,271, 1,475, 550, 420 kil. ; le premier était tourné et foré.

Un corps de canon de 190 millimètres en acier puddlé, pesant 4,828 kil.

Un lingot en acier fondu octogone, ayant $1^{m}50$ de diamètre à la base, pour canon de 34 centimètres, du poids de 40,000 kil. Cette pièce était très-bien réussie. Ce lingot, obtenu avec des fours Siemens-Martin, était le plus gros que l'on voyait dans toute l'Exposition ; celui du Creusot n'était donné qu'en fac-simile.

Lingot d'acier fondu au four Pernot, cassé avant forgeage pour montrer le grain. Poids 3,828 kil. C'était un prisme à 8 pans de plus de 1 mètre de largeur ; la cassure par arrachement était très-belle, pour ainsi dire feuilletée ; le grain beau et uniforme ; l'échantillon était mis sous glace pour conserver le plus possible la fraîcheur de la cassure.

Essieux droits en acier pour tramways ; essieux en acier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fondu pour affûts de canons; essieux coudés, montés en acier pour locomotives et tenders, dont un de 1,334 kil.; essieux montés pour tender en fer forgé; roues en fer forgé.

Creuset en fer forgé du poids de 375 kil. pour fondre l'or et l'argent.

31 *frettes* cylindriques et à tourillons de tous calibres, depuis 80 jusqu'à 420 millimètres, en acier puddlé et en acier fondu; très-beaux fabricats.

9 *bandages* sans soudure en acier fondu, jusqu'à $1^{m}80$ de diamètre; un de ces bandages était plié et tordu pour montrer la bonne qualité de la matière.

7 *bandages* en acier naturel, jusqu'à $2^{m}185$ de diamètre.

Une barre de fer n° 2 de $14^{m}96$ de longueur, $0^{m}265$ de largeur et $0^{m}075$ d'épaisseur, pesant 2,350 kil., pour quille de navire.

Diverses barres en fer et en acier fondu, à double T, en U et à boudins, de dimensions assez grandes sans cependant présenter rien de très-extraordinaire.

Châssis d'affût en fer double T, de 280 millimètres cintré à chaud; $11^{m}8 \times 0^{m}28 \times 0^{m}20$; poids 1,822 kil.

Ce châssis est pour canon de 24 centimètres. Conditions de réception : 45 kil. de résistance et 20 p. c. d'allongement.

La Société peut livrer les longueurs pouvant atteindre 25 ou 26 mètres, soit en acier fondu provenant d'un seul lingot, soit en acier corroyé en mises.

Blindage d'essai en fer, à section trapézoïdale, obtenu au moyen de la disposition des cylindres décrite plus haut; longueur $1^{m}416$, largeur $1^{m}190$, épaisseur $0^{m}238$; poids 3,950 kil. Cette pièce portait la trace de cinq boulets qui avaient produit des trous profonds de 25 à 30 centimètres; la pièce ne présentait pas d'autre dégradation et avait fort bien répondu à son but. L'essai s'est fait comme suit : on a tiré dans le centre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la plaque cinq projectiles ogivaux de 45 kil., lancés à 10 mètres de distance par un canon de 16 centimètres avec une vitesse de 478 mètres; quatre coups ont porté au sommet d'un carré de 0^m25 de côté et le cinquième au centre.

Blindage d'essai pour pont de navire, en fer de $6^m871 \times 1^m670 \times 0^m059$. Poids, 5,297 kil. Cinq trous de coups d'un canon de 16 centimètres avec un boulet de 45 kil. lancé avec une vitesse de 148 mètres par seconde.

Blindage en fer à section trapézoïdale de $4^m350 \times 1^m570$; épaisseur 0^m597 et 0^m357; poids, 25,365 kil.; brut de laminage, c'est-à-dire sans champs rabotés.

Blindage en acier fondu corroyé soudé, de $4^m206 \times 1^m420 \times 0^m557$; poids, 26,550 kil.

Cette plaque a été faite de lingots d'acier fondu doux, réduits en barres dont on a formé des paquets; ces derniers, après corroyage, ont servi à composer les mises du paquet que l'on a converti en plaque de blindage.

D'après ce que dit la Société, « les expériences montrent que l'acier fondu se laisse moins pénétrer par le boulet et protége efficacement contre un premier coup; mais s'il est dur, il est en même temps cassant, et il est rare qu'après le deuxième coup, toute la plaque ne tombe pas en morceaux. Le fer fin se laisse pénétrer plus facilement et pourra être traversé par un boulet de gros calibre tiré normalement, mais il a l'avantage d'être moins cassant, et une plaque de fer peut recevoir plusieurs coups sans être complétement désorganisée. »

La Société n'avait exposé qu'un seul blindage formé de plusieurs mises corroyées et soudées; l'assemblage par mise, dit-elle, est moins cassant qu'un bloc provenant d'un seul lingot d'acier fondu, forgé, et ne doit pas tomber en morceaux après un ou deux coups de boulet; d'un autre côté il doit avoir la même dureté que l'acier fondu, et par suite, résister aussi bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la pénétration. La difficulté consistait à souder entre elles les barres d'acier doux qui composent chaque mise, et les mises elles-mêmes qui forment le paquet final. La cassure de la plaque qui était exposée montrait que cette difficulté paraissait avoir été bien surmontée.

Cette pièce était très-curieuse et attirait beaucoup l'attention des métallurgistes.

Deux morceaux d'une plaque de blindage en fonte pour casemates des fortifications de terre. Elles étaient faites avec de la fonte au bois, dure, *trempée* sur 6 centimètres de profondeur, dans une coquille dont l'épaisseur de 0^m20 était celle de la plaque.

Des plaques semblables en fer forgé auraient été d'un prix trop élevé; après diverses expériences faites sur des fontes de nature différente et sur l'acier coulé, on a adopté ce type de fonte très-résistante. On peut, à la fonderie de Saint-Chamond, couler des pièces de cette nature jusqu'aux poids de 40 et de 50 tonnes.

Deux flasques en acier fondu pour affût de canon de 90 millimètres, embouties; c'était des tôles d'acier extra doux ne se trempant pas et résistant à 43 kil. de charge tout en prenant 25 p. c. d'allongement.

Enfin, on trouvait encore dans ce pavillon, *un modèle de grue* pour le retournement des lingots, *un modèle de four* à acier fondu à sole tournante système Pernot; un train de laminoir à blindages trapézoïdaux réduit au cinquième, et 21 modèles de navires cuirassés dont les blindages ont été fournis par la Compagnie de Saint-Chamond.

Comme on le voit par ce qui précède, l'exposition de la Compagnie des hauts fourneaux de la marine et des chemins de fer présentait surtout une très-grande importance au point de vue de la marine; si l'on ne trouvait relativement que peu d'applications industrielles ordinaires, on ne pouvait cependant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

refuser à cette exhibition le mérite de donner une très-haute idée de la puissance des moyens métallurgiques actuels; et si l'exécution de très-fortes machines de navires et d'énormes plaques de blindages exige que l'intelligence des ingénieurs se porte principalement sur la question d'arriver à produire de grandes masses de matières présentant outre la parfaite homogénéité de composition diverses qualités particulières de résistance, il faut bien reconnaître que la Compagnie de Saint-Chamond n'est pas restée en arrière des Sociétés qui, dans ces dernières années, se sont livrées à de nombreuses recherches et expériences; beaucoup de pièces de grande importance étaient le produit du travail d'un seul lingot; d'autres, fort bien réussies, étaient composées de diverses pièces soudées.

L'étude et les expériences faites sur des pièces obtenues par ces deux moyens ont conduit la Société de Saint-Chamond à établir d'une manière générale, la supériorité de l'acier et du fer Siemens-Martin sur le Bessemer quand il s'agit de fortes pièces de blindages ou de puissants canons; avec le premier procédé, on peut arriver, si le travail est bien conduit, à décarburer davantage le fer qu'avec le convertisseur Bessemer; et même, s'il faut composer la plaque de pièces Siemens-Martin soudées, on obtient encore de bons résultats comme l'indiquait la plaque de 26,550 kil. exposée par la Société. De plus, on est arrivé à produire d'énormes lingots fondus en métal Siemens-Martin présentant une texture parfaite et une grande homogénéité; et il est évident que les spécimens montrés par Saint-Chamond prouvaient qu'on parviendra bientôt à fabriquer des lingots fondus plus forts encore de manière à supprimer complétement la soudure lorsqu'il s'agira de pièces de très-grand poids.

Les expériences auxquelles ont été soumises des plaques de blindages en fer ou en acier fondu tendre, ont démontré que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces plaques valent mieux que celles produites avec du fer puddlé même quand on emploie les matières premières les plus pures ; c'est donc pour l'avenir, le fer fondu pur ou mou qui sera dans bien des cas appelé à remplacer les aciers et surtout les fers puddlés par les procédés connus.

Le four Martin-Siemens est l'appareil qui a permis à Saint-Chamond de contribuer à faire apprécier le mérite du fer mou fondu obtenu dans de bonnes conditions d'homogénéité et de compacité, sur les aciers et sur les fers puddlés ; une des grandes difficultés était d'arriver à produire de fortes masses, et ce problème est en très-bonne voie de solution. Le fer mou fondu était pour ainsi dire une nouveauté à l'Exposition, car ce n'est que depuis peu d'années qu'on le produit, et son début heureux ne laisse pas que de faire prévoir son prochain envahissement du domaine de l'acier et du fer puddlé.

Marrel frères, à Rive-de-Gier (Loire). Fonderie de la Loire et du Midi.

Une des plus importantes et des plus imposantes expositions du Champ-de-Mars, était celle de MM. Marrel frères, fondeurs à Rive-de-Gier. Pièces de forge colossales, blindages énormes, grands fers spéciaux très-importants, poutrelles en fer et en acier, chaînes, ancres, arbres de machines, etc., etc.; tout était dans des proportions considérables et dénotait une grande puissance de fabrication.

Il est à regretter qu'on n'ait pu avoir aucun document écrit ou imprimé sur cette importante affaire, et qu'on ait été assez avare de renseignements.

Nous n'aurons donc que peu de chose à en dire.

La fabrication de l'acier chez ces messieurs, a lieu par le pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédé Siemens-Martin; il y a un four de 12 tonnes et on en construit un autre de 20 tonnes.

On remarquait dans ce pavillon :

Une poutrelle en acier Siemens-Martin, de 24^{m}00 de longueur et 0^{m}25 de hauteur; une autre de 22^{m}50 × 0^{m}30. Le plus grand profil des poutrelles en acier exposées avait 0^{m}30 de haut et 0^{m}011 d'épaisseur.

On voyait aussi une poutrelle en fer de 19^{m}60 × 0^{m}25 et une autre de 22^{m}00 × 0^{m}20 de hauteur.

Une chaîne d'une grue à blindage de l'usine, de 0^{m}07 de diamètre; une ancre et chaîne en fer de fortes dimensions; une énorme chaîne de marine en fer à étais, fabriquée au pilon; le diamètre des anneaux était de 0^{m}10; le pilon qui a été employé a un poids de 25 tonnes; cette chaîne pourrait, sans se déformer, porter un poids de 250,000 kilogr.

Un arbre intermédiaire de machine marine à quatre coudes, du poids de 7,900 kilog., fort bien réussi et parfaitement travaillé; d'autres arbres de machines, dont un en acier, du poids de 9,984 kil., ayant 12^{m}00 de longueur sur 0^{m}81 de diamètre.

Une plaque de blindage en fer laminé, du poids de 16,246 kil., ayant 6^{m}650 de longueur, 1^{m}07 de largeur et 0^{m}30 d'épaisseur, montrant la pénétration de cinq boulets de canon sans qu'il y ait eu rupture.

Une plaque de blindage de pont, en fer laminé, de 17,864 kil., ayant 15^{m}00 de longueur, 1^{m}84 de largeur et 0^{m}081 d'épaisseur ; elle avait été fabriquée à un train de laminoir dont les cylindres ont 1^{m}03 de diamètre et 3^{m}30 de table.

Une plaque de blindage en fer laminé, de 6^{m}650 de longueur, 1^{m}00 de largeur et 0^{m}30 d'épaisseur, pesant 15,380 kil., et portant la trace de cinq coups de boulets de canon.

Enfin *une plaque de blindage* en fer laminé, pesant 38,022 kil., et ayant 4^{m}250 de longueur, 1^{m}60 de largeur et 0^{m}715 d'épais-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seur ; elle était composée de quatre plaques (mises) et de deux couvertures soudées ; la grande difficulté était de laminer un tel paquet, qui avait 47,000 kilog. de poids ; le forgeage aurait été beaucoup moins difficile. Cette plaque de blindage de fer puddlé était la plus forte de ce genre de toute l'Exposition.

Cette Société fabrique aussi des canons en acier Siemens-Martin, et elle obtient de bons produits ; elle dit n'avoir pas réussi à faire des canons de qualité convenable avec l'acier de Terre-Noire.

Telles étaient les pièces les plus remarquables de ce pavillon ; comme MM. Marrel sont des fournisseurs importants de la marine de guerre française, il ne leur a pas été permis de donner des détails sur leurs procédés de fabrication, ni sur certains de leurs produits.

Jacob Holtzer et C^ie^. Aciéries et forges d'Unieux, près Firminy (Loire).

Cette Compagnie possède à Unieux une usine importante comprenant : 30 machines à vapeur, 12 fours à puddler, 10 fours à réchauffer, 22 marteaux-pilons, 10 marteaux à cames, 5 trains de laminoirs, 7 fours à acier fondu de 24 creusets chacun, chauffés au gaz, 10 fours doubles au gaz pour chauffage de lingots acier fondu et pour la fabrication des aciers corroyés, 12 fours à cémenter, dont 6 pouvant contenir 30 tonnes chacun et les autres 15 tonnes ; enfin, un four à chalumeaux au vent et au gaz, pour chauffer uniformément des pièces d'acier d'une très-grande longueur.

Dans les Pyrénées-Orientales, elle possède les mines et hauts fourneaux de Ria, près de Prades, sous le nom J. Holtzer, Darion et C^ie^.

Elle avait exposé : des aciers en barres, des aciers ordinaires,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des canons de campagne en acier, diverses compositions d'acier et de chrome, d'acier et de tungstène, des outils en fer et en acier, des fontes et des minerais.

Cette Compagnie a la spécialité des aciers fins de qualité supérieure pour outils, limes, matrices, tarauds, coins de monnaie; elle fait des aciers puddlés pour ressorts, outils agricoles, coutellerie, faux, faucilles, et des aciers corroyés pour armes blanches et taillanderie.

Sa production annuelle peut s'élever à 3,000 tonnes d'acier fondu au creuset, 3,600 tonnes d'acier puddlé obtenu des fontes au bois de Ria, 600 tonnes d'acier corroyé, 1,000 tonnes de fer puddlé venant des fontes au bois de Ria, 400 tonnes de grosses pièces de forge en fer et en acier fondu; enfin beaucoup d'outils en acier fondu, première qualité, tels que marteaux, tranches, chasses, bouterolles, etc.

Les aciers finis pour outils, fondus au creuset, sont exclusivement produits avec les meilleurs fers de Suède, de Danemora; d'autres aciers fondus sont employés à la fabrication des faux, faucilles, canons de fusil, lames d'épées-baïonnettes, etc.

Les aciers corroyés marqués tête de bœuf, une, deux, trois ou quatre fois, suivant le nombre de corroyages, servent principalement à acérer des outils en fer de toutes espèces pour la fabrication de la coutellerie, de la taillanderie, pour pièces détachées dans les manufactures d'armes. On voyait à l'Exposition une barre d'acier à quatre corroyages de 300 sur 110 millimètres, pesant 500 kil. et dont la cassure accusait un soudage parfait des languettes (60 sur 8 millimètres) composant cette barre.

Quant à l'usine de Ria, près Prades, elle comprend trois hauts fourneaux au charbon de bois, produisant chacun par jour de 12 à 14 tonnes de fonte fine, avec une consommation de 25 tonnes de minerai grillé et de 11 à 12 tonnes de charbon de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois d'essence dure. La fonte obtenue est manganésée, douce et résistante, propre à être convertie en acier fin pour tous usages, et en fer fort pour blindages. Les fontes grises coulées en éprouvettes de 4 centimètres sur 4 centimètres, résistent à la chute d'un mouton de 12 kil. tombant de 0^m40 et dix-sept fois de suite, le barreau de fonte étant porté sur des couteaux espacés de 16 centimètres et faisant corps avec une chabotte de 800 kil. La même fonte résiste à des chocs successifs du même mouton, tombant à chaque coup de 10 centimètres plus haut, depuis 40 jusqu'à 70 et 80 centimètres. La résistance serait encore de beaucoup augmentée par la diminution du manganèse dans la composition de la fonte, si le but était de produire des fontes de moulage résistantes, au lieu de fontes d'affinage pour acier.

Aciers chromés. — Depuis quelques années, on s'occupe très-particulièrement de l'emploi du chrome en alliage avec le fer et l'acier; ce n'était pas tout à fait une nouveauté, car en 1821, M. Berthier avait déjà fait en petit de l'acier chromé et du ferro-chrome; mais on n'avait pas poursuivi cette application. Ce n'est que depuis peu d'années que la Société Chromo-Steel C° Brooklyn, New-York, s'est mise à étudier les propriétés de ce composé et à le préparer en grand. Le minerai qu'elle a employé contenait jusqu'à 60 p. c. d'oxyde de chrome; après avoir été pulvérisé, il était mêlé avec du charbon en poudre et un fondant convenable, et on le réduisait dans des creusets en graphite. Le produit est une fonte chromée que l'on appelle ferro-chrome par analogie avec le ferro-manganèse. Ce métal contient jusqu'à 60 p. c. de chrome et il est, comme le ferro-manganèse, introduit dans les bains de fer ou d'acier en quantité variable, suivant la teneur en chrome que l'on veut donner au produit final.

Il a été reconnu que le chrome, sans la présence du carbone,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne communique pas au fer pur les propriétés de l'acier; mais on a trouvé que les aciers chromés sont excessivement durs et résistent très-bien à la traction; et cependant, ces aciers ne contiennent que 0,5 à 0,9 p. c. de chrome.

A la coulée, l'acier chromé est un peu plus pâteux que l'acier ordinaire; il ne se détériore pas comme ce dernier, lorsqu'on le soumet à une chaleur élevée et prolongée; il paraît se souder mieux et plus facilement.

Quant à la trempe, elle exigerait plus de précautions que celle de l'acier ordinaire; mais la Société Chromo-Steel prétend que la trempe donne à l'acier chromé une dureté telle, qu'il attaque n'importe quel acier trempé à égalité de teneur en carbone. On cite des essais faits sur des barres martelées d'acier chromé de Brooklyn, qui ont montré que ces barres résistaient à des charges de rupture maxima de 139^{k}84 et minima de 115^{k}13 par millimètre carré.

Ces qualités de l'acier chromé avaient attiré l'attention de la maison Jacob Holtzer, et il y a trois ans, elle se mit à faire des essais qui la convainquirent aussi, que le chrome et le carbone, en proportions convenables dans les aciers, leur donnaient une supériorité incontestable, et que ces aciers étaient moins cassants que ceux au wolfram. Elle commença alors à en produire en grand.

Cette Compagnie a fabriqué des aciers contenant jusqu'à 2 1/2 p. c. de chrome; ils étaient très-durs et convenaient pour outils; mais après de nombreux essais, elle en est venue à ne pas dépasser généralement 1 p. c.

La production de ce mélange qui est assez difficile à obtenir, est limitée à Firminy, à cause du manque de commandes; mais il est probable qu'avec le temps, son emploi se développera.

Nous croyons devoir consigner ici ce que la Compagnie J. Holtzer dit de son acier chromé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Le chrome a pour effet d'élever dans un acier non trempé la charge à la rupture et surtout à la limite d'élasticité, tout en laissant à cet acier l'allongement correspondant à sa teneur en carbone, c'est-à-dire qu'un acier chromé, tout en présentant les résistances d'un acier dur, est moins cassant qu'un acier de même dureté simplement carburé.

» Le chrome allié au fer, ne lui communique pas la propriété de prendre la trempe comme le fait le carbone; mais un acier chromé et carburé prend plus vivement la trempe et devient plus dur qu'un acier à même teneur en carbone sans chrome.

» Non trempés, les aciers chromés sont en général très-difficiles à casser à la masse, après qu'on les a entaillés à la tranche; ils ont une cassure très-nerveuse.

» Par la trempe à une température convenable, ils prennent un grain très-fin, à tel point que pour de fortes teneurs en chrome et en carbone, la cassure est pour ainsi dire vitreuse.

» Un acier à fortes teneurs de chrome et de carbone, soit 10 à 15 pour 1,000 de carbone et 25 à 40 pour 1,000 de chrome, est tellement dur, qu'il résiste aux outils ordinaires trempés. Mais un pareil acier devient cassant après la trempe à l'eau.

» Des fraises, simplement trempées à l'huile, deviennent suffisamment dures pour faire un très-bon usage.

» A la trempe à l'eau, les aciers chromés ne décapent pas, la pellicule d'oxyde reste adhérente.

» Chauffés trop chaud ou trop longtemps pour la trempe, la cristallisation s'accentue et les aciers perdent leur solidité.

» Pour faire les aciers chromés, nous réduisons le minerai dans des creusets en terre qui servent à la fusion de l'acier. Avec les minerais de Grèce ou de l'Oural, nous obtenons un alliage contenant 50 à 60 p. c. de chrome, dont nous ajoutons à l'acier des poids déterminés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Pour avoir des alliages plus riches en chrome, nous avons recours au bichromate de potasse.

» Ces alliages fondus en se refroidissant à l'air, se recouvrent d'une couche verte de sexquioxyde.

» La scorie chromée fondue se recouvre, dans les parties exposées à l'air, d'une pellicule d'un brun de cuir, due probablement à ce qu'au contact de l'oxygène de l'air, il commence à se former un chromate.

» Les aciers contenant du chrome se solidifient à une température plus élevée que ceux qui n'en contiennent pas; cet effet est déjà sensible à une teneur de 1/2 p. c. de chrome. Aussi, pour fondre les aciers chromés, faut-il une température plus élevée, ce qui augmente le retrait des lingots et donne lieu à d'autres inconvénients d'autant plus difficiles à éviter, que l'on coule des lingots plus gros.

» Nous considérons la supériorité des aciers chromés comme incontestable et leur usage comme devant prendre une grande extension, une fois que les difficultés de leur fabrication auront été surmontées.

» Nous avons été amenés à diviser ces aciers en six qualités différentes : à deux teneurs en chrome et trois teneurs en carbone.

» Ci-après le tableau donnant le procès-verbal des résultats d'épreuves à la traction, faites à l'Exposition par M. Thomasset, sur des éprouvettes cylindriques de 150 millimètres carrés de section et 100 millimètres de longueur entre reprises.

» Les lettres A et B indiquent les teneurs en chrome, les indices 1, 2, 3 les teneurs décroissantes en carbone.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ACIERS CHROMÉS. — Essais à la traction faits par M. Thomasset.

	CHARGE PAR MM² A LA LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE PAR MM² A LA RUPTURE.	ALLONGEMENT POUR 100.	RAPPORT DE LA SECTION DE RUPTURE A LA SECTION PRIMITIVE.	OBSERVATIONS.
			Aciers recuits, non trempés.		
	kil.	kil.			
A_1	53,5	89,3	8 ½	0,640	
A_2	46,6	75	15 ½	0,424	
A_3	57,8	92,1	7 ½	0,700	Résultat normal. Erreur possible.
B_2	73,3	126	7	0,920	
B_3	60,2	91	8	0,500	
B_4	46,1	71,2	15	0,306	
			Aciers trempés à l'huile et recuits au rouge.		
A_1	80	113,6	6,8	0,780	
A_2	100,2	110,4	4 ½	0,630	
A_3	90,4	96,7	5 ½	0,424	
B_2	73,3	119,3	7 ½	0,84	Effet de la trempe détruit par trop de recuit.
B_3	90	114	5 ½	0,71	
B_4	46	71,8	15 ½	0,310	Id.
			Acier trempé non recuit.		
B_4	113,3	133,2	6	0,57	Éprouvette remarquable par la striction au point de rupture en face de la charge.

Avec des trempes à l'huile convenables, on arrive à dépasser 140 kilogr. par millimètre carré.

Les échantillons d'acier chromé que la Société J. Holtzer avait exposés, étaient beaux, présentaient un grain excessive-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment fin et une texture parfaitement uniforme; aussi attiraient-ils beaucoup l'attention des visiteurs.

Il y avait en outre dans cette vitrine des aciers au tungstène très-remarquables par leur résistance, leur ténacité et leur dureté après la trempe ; la teneur de ces aciers allait jusqu'à 8 et 9 p. c. de tungstène. Depuis assez longtemps déjà, on a fait des essais en Allemagne sur des aciers au tungstène (acier Wolfram) et on en a fabriqué dans des creusets de fonderie; on leur a reconnu aussi des propriétés analogues à l'acier chromé.

Mais l'on pouvait s'assurer à l'Exposition que ces produits spéciaux n'ont encore qu'un emploi restreint, malgré certaines qualités qui leur sont propres, et que l'on aura à modifier les procédés de fabrication avant d'arriver à un prix de revient modéré qui permette d'en étendre les applications; d'ailleurs, on ne peut pas encore dire que l'on connaisse parfaitement le rôle que jouent le chrome, le tungstène, etc., lorsqu'on les allie au fer ou à l'acier; c'est une étude et des expériences à poursuivre.

Compagnie des forges d'Audincourt, à Audincourt (Doubs).

La Compagnie des forges d'Audincourt possède sept établissements, dont quatre comprennent chacun un haut fourneau au bois; deux de ces hauts fourneaux sont éteints depuis plusieurs années déjà, à cause de la concurrence que sont venues faire, dans le rayon de la Franche-Comté, les fontes au coke du groupe Sud-Est, et aussi à cause du renchérissement des charbons de bois.

Voici, d'après une notice de la Compagnie, comment sont composés les divers établissements :

1° Les forges, laminoirs et ferblanterie d'*Audincourt*, usine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

créée en 1619, comprenant un haut fourneau au bois (inactif), 9 feux d'affinerie au bois (méthode comtoise), 2 fours à puddler, 11 fours à souder et à réchauffer, 5 marteaux-pilons de 1,000 à 1,800 kil. chacun, 4 trains de laminoirs pour tôles minces, 3 d'étirages pour fers laminés, 1 pour laminage de la verge de tréfilerie, etc., etc. On produit dans cette usine des fers forgés et laminés, des tôles minces, des fers-blancs et des tôles plombées. En 1876, la production a été de 3,913 tonnes.

2° Les forges et laminoirs de *Bourguignon* (Doubs), établissement fondé vers 1700, comprenant 7 feux d'affinerie au bois, (méthode comtoise), 8 fours à souder et à réchauffer, 4 marteaux-pilons à vapeur du poids de 1,000 à 5,000 kil. chacun, 3 trains de laminoirs à tôles minces, 1 pour grosses tôles, 1 d'étirage pour fers laminés, 1 atelier de décaperie, etc. On produit des fers forgés, de grosses tôles et des tôles minces; on a fini en 1876, environ 1,969 tonnes.

3° Haut fourneau et fonderie de *Pont-de-Roide* (Doubs), créés vers 1700, comprenant un haut fourneau au bois (en chômage), une fonderie en première et deuxième fusion avec deux fours à réverbère et 3 cubilots; un atelier de fabrication de cylindres pour laminoirs, une fonderie en cuivre. La production en 1877, a été de 656 tonnes en cylindres de laminoirs et moulages divers.

4° Haut fourneau et fonderie de *Clerval* (Doubs). Cette usine a été érigée de 1795 à 1800; elle comprend un haut fourneau, une fonderie de première et deuxième fusion avec 2 cubilots, un atelier d'ajustage et de tournage. La production du haut fourneau a été en 1876, de 1,900 tonnes de fonte de moulage, et celle de la fonderie, de 1,200 tonnes; ce sont des projectiles oblongs pour la majeure partie, que l'on n'a pas été autorisé à exposer.

5° Forges et martinets de *Belfort* (Haut-Rhin), créés en 1680, comprenant 4 feux d'affinerie au bois (méthode comtoise), un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marteau-pilon de 1,200 kil., 7 marteaux et martinets à eau de 100 à 400 kil., etc. On a produit en 1876, 1,000 tonnes de fers forgés, essieux bruts et finis, outils aratoires et autres.

6° Haut fourneau, scierie de *Chagey* (Haute-Saône). Cette usine a été créée en 1619; elle comprend un haut fourneau au bois et une scierie. On a produit en 1876 environ 2,000 tonnes de fonte grise pour affinage au feu comtois.

7° Des ateliers *à Paris*, pour la fabrication de chaînes Gall, de fers étirés, de tuyaux en cuivre et en fer sans soudure, d'objets en bronze fondu, etc.

La production de fonte de cette Compagnie est peu importante, puisque les deux hauts fourneaux en feu en 1876, n'ont donné que 3,900 tonnes en tout; la fonte exposée était belle et accusait un travail soigné; les fers de cette Société sont très-connus et fort estimés dans le commerce.

Les minerais que l'on traite dans ces deux usines proviennent de l'exploitation à Audincourt, d'une couche que l'on travaille à des profondeurs variant entre 30 et 100 mètres; le rendement des terres est d'environ 50 p. c. de minerai lavé dont le poids est de 2,050 kil. par mètre cube. Le rendement au haut fourneau est estimé de 45 à 46 p. c.

Ce minerai contient environ 10 p. c. de silice, 6 p. c. d'alumine, 0,50 de chaux, et subit, à la calcination, une perte de 14 p. c.

On traite aussi du minerai du Val de Dolémont, en Suisse, de première qualité et analogue à celui d'Audincourt; il pèse 2,006 kil. le mètre cube et rend 42 à 45 p. c. au haut fourneau; il renferme environ 8 p. c. d'alumine, 19,6 d'argile et perd au feu 16 p. c.

Enfin, on consomme encore un minerai de fer en roche très-calcareux et pur nommé minerai de Chamesol, contenant environ 15 à 20 p. c. de fer et qui remplace en partie la castine;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce minerai est composé en moyenne de 19 p. c. de peroxyde de fer, 9 p. c. de silice, 4 p. c. d'alumine, 36 p. c. de chaux; il perd à la calcination 32,50 p. c.

Quant au combustible, il consiste en charbon de bois; on consomme annuellement avec deux hauts fourneaux et 20 à 22 feux d'affinerie au bois, de 45,000 à 50,000 mètres cubes de charbon de bois produit dans les forêts de la Société et acheté à des particuliers des environs; on prend en outre de 30 à 40,000 stères de bois de la vallée du Doubs supérieur, que l'on reçoit par flottage à bûches perdues. Le poids de l'hectolitre de charbon de bois est de 18 à 21 kilogr., suivant les essences; les plus durs sont réservés pour le service des hauts fourneaux.

La Compagnie avait exposé une série d'échantillons de fontes au bois brutes et moulées; elle produit généralement des fontes grises ou noires, à gros grain brillant avec paillettes de graphite. Ces fontes en deuxième fusion donnent des moulages très-résistants au choc, tenaces au feu et ils prennent très-bien la trempe; aussi en fabrique-t-on des cylindres de laminoirs excellents, très-estimés et dont plusieurs spécimens figuraient à l'Exposition. Parmi eux l'on remarquait : un cylindre dur, tourné de $1^{m}200$ de table et $0^{m}520$ de diamètre pour tôles, une cassure d'un cylindre dur tourné de $1^{m}000$ de table et $0^{m}450$ de diamètre pour tôle d'acier, et une cassure de cylindre dur creux de $1^{m}226$ de table et $0^{m}498$ de diamètre pour papeteries; il y avait en outre des cylindres pour petit mill, pour métaux précieux, pour feuillards d'aciers, etc., etc., tous très-beaux. La trempe de ces cylindres était de $0^{m}025$ à $0^{m}030$ d'épaisseur.

On voyait aussi des tuyaux de conduite et de descente de différents diamètres bien conditionnés; des fers forgés et laminés, des barres carrées forgées de $0^{m}040$ à $0^{m}300$, des barres plates, rondes laminées de $0^{m}015$ à $0^{m}050$, des barres rondes en fer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forgé de 0^m040 à 0^m120; des cassures et divers échantillons d'épreuves à froid et à chaud, fendus en quatre avec bouts rabattus, percés de trous, fendus et repliés, percés de trous et tordus; des barreaux pliés une et plusieurs fois sur eux-mêmes; on remarquait aussi un essieu brut noué, un essieu avec les fusées repliées sur elles-mêmes, etc., etc.

Tous ces fers provenaient de l'affinage de fontes au bois par le procédé comtois; ils étaient à grain régulier, parfaitement soudés et les cassures étaient à nerf de plusieurs ronds.

Dans les échantillons d'épreuves à chaud, on remarquait des carrés de 0^m150 dans lesquels on avait ouvert des trous de 0^m340, c'est-à-dire plus du double de la section, et auxquels on avait fait subir ensuite un ployage ou une torsion; ces barres avaient parfaitement résisté et ne présentaient pas la moindre trace d'altération.

Une série de tôles faisait apprécier la qualité de la matière première employée; on remarquait 2 tôles de $1^m00 \times 2^m00 \times {}^1/_4$ de millimètre d'épaisseur, pesant $4\,{}^1/_4$ kil. la feuille, très-difficiles à fabriquer : une caisse de 150 feuilles tôle noire de ${}^{325}/_{244}$ et ${}^6/_{100}$ ou ${}^1/_{17}$ de millimètre d'épaisseur, pesant en tout 6 kil.; ces tôles avaient été laminées à chaud; il y avait aussi des tôles fer non décapé et lustrées, des grosses tôles dont une feuille circulaire cisaillée à 2400 millimètres de diamètre et 24 millimètres d'épaisseur, une rectangulaire de 15 millimètres d'épaisseur non cisaillée, et de 2^m20 sur 5^m50, et une rectangulaire non cisaillée de $10^m00 \times 1^m00 \times 0^m003$; — des tôles minces emboutées, des grosses tôles travaillées et des bandes de tôle fine à l'appui d'essais faits à froid.

Les tôles minces de cette Compagnie prennent un très-beau poli, sont résistantes et sont employées sous la désignation de tôles décapées, à la fabrication de l'article de Paris, soit : perles, garnitures de porte-monnaies ou de sacoches, dés à coudre, bou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tons, plumes métalliques, porte-plumes et montures de lunettes. On en fait aussi des tôles lustrées pour tuyaux de poêle; il y avait 25 de ces feuilles ayant 1000/430^{mm} et 5/10^{e} de millimètre d'épaisseur, très-belles et parfaitement polies.

Quant aux grosses tôles, on les soude toutes sous le marteau-pilon; les paquets de fer au bois reçoivent des chaudes successives dans des fours à souder, et sont convertis, toujours sous le marteau-pilon, en un lopin rectangulaire de 10 à 15 centimètres d'épaisseur, puis passés au cylindre et laminés en long et en large.

Pour ce qui est des essais à froid, la Compagnie avait exposé: une bande de tôle fine dont la barrette avait comme section primitive 20 × 7 × 8/14, soit 305$^{mm^2}$7 avec une longueur de 0^{m}20, et après allongement sans être cassée 255^{mm}, ce qui donne une résistance à la rupture de 34^{k}11 par millimètre carré, allongement 27 1/2 p. c.; — une bande de tôle fine dont la barrette avait comme section primitive 14 × 6/21 × 2, soit 309$^{mm^2}$5 et 0^{m}20 de longueur, et après allongement 0,24, soit 20 p. c., et une résistance à la rupture de 37^{k}65 par millimètre carré; cette bande avait été tordue sur elle-même d'un demi-tour; — enfin, une bande de tôle fine, ayant une section de 14 × 1 × 9/21, soit 314$^{mm^2}$3 et 0^{m}20 de longueur, tordue sans traction d'un tour entier sur elle-même.

La Compagnie avait aussi produit des fers-blancs très-beaux et deux feuilles de tôles plombées de 1^{m}00, sur 2^{m}00 et 0^{m}0006 d'épaisseur, ne présentant aucun défaut.

Cette exposition des produits des usines était complétée par des fabricats sortant des ateliers de Paris; on voyait :

A — Des *chaînes Gall*, anciens types à maillons évidés; types Neustadt à maillons droits et à trous excentrés, échantillons de 50 à 30,000 kilog. de force; un spécimen pesait 7,500 kilog; chaînes à trois cours, type Neustadt et Guyenet, de 1,500 à 30,000 kil.; un échantillon pesait 5,000 kilog.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B — Des tubes en cuivre rouge de manomètres, de presses hydrauliques, etc., emboutis sans soudure, à l'aide de la presse hydraulique et du balancier, par flexion ou emboutissage et étirage à la filière; des tubes en cuivre jaune, en acier et en fer; en zinc, en étain et même en aluminium.

C — Des barres pleines en fer, en acier, en cuivre rouge et en laiton, étirées, cannelées, rondes, plates, carrées, d'une très-belle exécution.

D — Enfin, deux cylindres d'impression de 225/500 millimètres en cuivre rouge, et deux de 225/500 millimètres en bronze; l'enveloppe en cuivre était obtenue par l'emboutissage et fixée sur le manchon en fonte par l'étirage; celle en bronze était étirée et fixée à la presse sur le manchon en fonte.

Tous ces spécimens, et en particulier les tubes étirés à collets non soudés, étaient fort beaux et dénotaient une fabrication soignée et surtout une excellente qualité de fontes et de fers.

Société anonyme de Commentry-Fourchambault.

Minerais de fer; fontes de fer brutes et ferro-manganèse; fers marchands; fers spéciaux; tôles, etc.; pelles, bêches, pièces de charrues en fonte et en acier; essieux montés; roues trempées; ressorts de voitures et de wagons, etc.

Outre les exploitations houillères de Commentry et de Montvicq (Allier), la Société possède des hauts fourneaux à Torteron (Cher), des hauts fourneaux et aciéries Bessemer à Montluçon (Allier), des forges, aciéries et ateliers à Imphy (Nièvre), des forges, tréfileries, fonderies et ateliers à Fourchambault (Nièvre) et des fonderies et ateliers à la Pique, près Nevers.

Les minerais que l'on traite dans les hauts fourneaux proviennent en très-grande partie des exploitations de l'arrondis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sement de Bourges et de la vallée de l'Aubois (Cher); puis viennent suivant l'ordre d'importance, des minerais de la Bidassoa et de la côte est et de Somorrostro (Espagne), de Mokta-el-Hadid (Afrique) et de l'île d'Elbe.

Les minerais de Bourges et de la vallée de l'Aubois sont exploités dans les couches d'argile recouvrant les calcaires jurassiques; ce sont des peroxydes hydratés rendus réfractaires par la présence de beaucoup d'alumine; on les nomme mines froides; ils se présentent en grains plus ou moins réguliers de 2 à 8 millimètres de diamètre; leur rendement moyen est de 40 à 42 p. c. de fer.

Les autres minerais employés sont assez connus pour n'avoir pas à en parler ici.

Hauts fourneaux de Torteron. — Cet établissement comprend trois hauts fourneaux au coke avec appareils Cowper, 69 fours à coke, 3 cubilots, un grand atelier de moulerie de 1re et 2me fusion pour la fabrication de projectiles et de tuyaux coulés debout. Tous les gaz des hauts fourneaux sont utilisés et appliqués au chauffage des appareils, des étuves et des chaudières.

Cette usine produit annuellement environ 13,000 tonnes de fonte ordinaire et 12,000 tonnes de fonte moulée de 1re et 2me fusion; elle emploie principalement les minerais du Val de l'Aubois.

La fabrication des tuyaux se fait avec des noyaux étuvés pour les petits diamètres, et pour les gros tuyaux de conduite, on étuve le moule lui-même.

Pour les tuyaux moulés et coulés debout par le procédé de Clervaux, le châssis composé de deux moitiés symétriques, est fixé verticalement près des parois d'une fosse circulaire; il reste en place pendant le moulage, l'étuvage, la pose du moyeu, le coulage et le démoulage; la poche de coulée est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

amenée sur wagon ainsi que le foyer d'étuvage pour le châssis.

Hauts fourneaux et aciéries de Montluçon. — Cette usine possède 9 hauts fourneaux au coke, dont 8 presque toujours en feu ; un atelier de moulage en fonte ; un atelier de fabrication d'acier Bessemer et un four à gaz pour fondre l'acier sur sole par les procédés Lechâtelier, au moyen des appareils régénérateurs de M. Siemens.

Les hauts fourneaux dont plusieurs sont pourvus de chaufferies d'air Cowper, produisent par an 40,000 tonnes de fonte ordinaire, 14,000 tonnes de fonte spéciale pour acier Bessemer et 3,000 tonnes de ferro-manganèse.

Les minerais traités sont principalement ceux des vallées du Cher et de l'Yèvre, et ceux venant de l'étranger, tous de première qualité.

L'aciérie Bessemer comprend quatre convertisseurs, et produit annuellement 11,600 tonnes de lingots d'acier ; les grosses pièces d'acier fondu sont coulées directement des convertisseurs, et les petites sont faites avec de l'acier refondu au creuset.

Quant à la fabrication de l'acier sur la sole d'un four à réverbère, c'est à Montluçon qu'elle fut appliquée pour la première fois en France, en 1863 ; on suivit le procédé dit Lechâtelier, avec fours à gaz et à chaleur régénérée, de M. Siemens. A la première opération, en 1863, la grande chaleur produite fit fondre les matériaux, et l'on dut arrêter la fabrication par ce procédé ; on avait employé, pour le revêtement intérieur du four, des briques en terre alumineuse au lieu de sable siliceux, et la voûte s'est rapidement fondue ; ce ne fut qu'un peu plus tard que l'on reconstruisit le four, qui fut remis en marche sans donner lieu à de nouvelles déceptions ; on a continué jusqu'à présent à employer ce système, soit pour refondre des riblons de fer et d'acier, soit pour fabriquer de l'acier sur sole, tiré directement du minerai au moyen d'un bain initial de fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le procédé Siemens-Lechâtelier a fait l'objet d'un brevet octroyé en février 1863 à MM. Boigues, Rambourg et C^e^, alors propriétaires de l'usine de Montluçon; voici ce qu'on lit, entre autres, dans ce brevet :

« Étant donné un four contenant de la fonte apportée liquide du haut fourneau ou liquéfiée sur la sole même, mais n'occupant qu'une partie de sa capacité, ou du fine métal liquéfié, on incorporera successivement dans ce bain soit des loupes encore suantes, extraites d'une série de fours à puddler voisins, soit des blooms, soit des barres de fer brut ou même corroyé, soit des riblons, de la ferraille, etc.; la température du four étant toujours poussée de manière à maintenir la masse constamment liquide. Soit par la conduite du chauffage, soit par le contact de l'oxyde de fer apporté par les matières incorporées, soit par des additions de matières oxydées, on réglera le travail de manière à obtenir finalement le produit voulu. »

Le brevet parle aussi de scories destinées à protéger le bain d'acier, et de petites coulées partielles pour étudier la marche du travail.

Peu de temps après, MM. Martin prirent leur brevet pour la fabrication de l'acier fondu au four à réverbère chauffé au gaz, et la théorie de leur procédé est pour ainsi dire celle exposée dans le brevet Boigues.

On fabrique aussi dans cette usine du ferro-manganèse de très-bonne qualité; c'est à partir d'octobre 1874 que l'on y a obtenu ce produit à forte dose, directement du haut fourneau. On en avait exposé des échantillons tenant de 50 à 81 p. c. de manganèse.

Usine d'Imphy. — On y élabore l'acier sous presque toutes ses formes : laminage de rails, barres et tôles; martelage de pièces de forges de toutes dimensions; fabrication de ressorts, de pelles en acier; moulage de pièces en acier fondu aux creu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sets chauffés au gaz, système Siemens ; confection de chaînes en acier sans soudure, brevet de MM. David et Damoiseau.

Il y a 5 trains de laminoirs, 10 pilons à vapeur, 4 fours à puddler, 8 fours à fondre au creuset, 20 grands fours à réchauffer, etc., etc.

La fabrication des roues en acier fondu, des pelles estampées et sans soudures, des trains de wagons avec boîtes à graisse pour houillères, aussi en acier fondu, a pris un assez grand développement ; ces objets, dont bon nombre de spécimens figuraient à l'Exposition, étaient parfaitement réussis, et ils méritent la vogue qu'ils ont dans beaucoup de charbonnages, même en Belgique.

Ces roues sont formées d'acier puddlé et d'acier Bessemer ou Siemens-Martin fondus dans des creusets de plombagine; on introduit dans le bain, un peu avant la coulée, une faible proportion de ferro-manganèse ; on coule à température élevée, ce qui oblige à recuire dans des caisses pendant sept à huit jours avec du petit coke, afin de diminuer la fragilité.

Cette usine livre annuellement environ 13,000 tonnes de produits finis dont 11,000 tonnes de rails, 1,100 tonnes de ressorts, 500 tonnes de pelles en acier fondu et laminé; on compte qu'il sort des ateliers 18 à 20,000 pelles par mois.

Quant aux chaînes, on en avait exposé de très-lourdes, en acier Bessemer sans soudure, fabriquées par estampage et d'après le procédé breveté David-Damoiseau ; ce n'est qu'après que la pièce a été amenée à sa forme approximative par trois opérations distinctes à la forge, qu'on la passe enfin à l'estampage où elle prend ses dimensions définitives; on la plie ensuite en deux et on a le maillon.

Usines de Fourchambault. — Les forges, fonderies et ateliers de Fourchambault comprennent 2 feux d'affinerie au bois, 36 fours à puddler, 21 fours à réchauffer dont 3 au gaz,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

54 bobines de tréfilerie, etc. On y fabrique des objets en fonte coulée, en fer; des ponts, grues, croisements de voies; des canons de bronze, des caissons et affûts; des roues pour wagons, des wagons à marchandises; des fils de fer, etc., etc.

La production annuelle peut s'élever à 26,000 tonnes de fer dont 11,500 tonnes de laminés ordinaires, 3,500 tonnes de fils de fer; 4,500 tonnes de mouleries diverses de deuxième fusion et 5,000 tonnes de travaux métalliques en fers et tôles.

Atelier de la Pique. — Cet établissement qui comprend entre autres 2 cubilots de fonderie, 22 forges, produit principalement des mouleries pour instruments d'agriculture, des boîtes à graisse, des roues de wagons en fonte trempée, des chaînes-câbles, etc., etc.; on y moule 2,000 tonnes de fontes en deuxième fusion et l'on y fabrique 1,000 tonnes de ferronnerie.

Parmi le grand nombre d'objets que cette Société avait exposés, on pouvait remarquer spécialement : les roues en acier fondu au creuset, les essieux de wagons en acier fondu moulés, ainsi que les pelles en acier fondu qui peuvent être considérées comme une des spécialités de la fabrication de la Compagnie et qui sont très-estimées dans le commerce; on voyait un grand nombre de modèles de roues d'une exécution parfaite; des essieux d'affûts et de locomotives en acier fondu forgé, très-bien réussis; beaucoup de bottes de fil de fer clair dont une n° 1 ou $0^{m}0006$ de diamètre du poids de 35 kilos et ayant une longueur de 15,972 mètres! Une autre n° 5 ou $0^{m}0010$ de 41 kilos et de 6,721 mètres de longueur; une troisième n° 10 ou $0^{m}0015$ de 51 kilos et 3,642 mètres de long; des fils de fer recuits pour télégraphe, des fils galvanisés, des fils cuivre rouge, jaune; des fils d'acier pour ressorts, etc., etc.; des pièces de charrue en acier fondu au creuset; plusieurs objets en acier fondu forgé et en acier fondu moulé dont un pignon de laminoir de 2,000 kilos et une aile d'hélice pesant 900 kilos; enfin des rails en acier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et en fer, des tôles et des tuyaux droits en fonte de 30 à 54 millimètres de diamètre et 2 mètres de longueur utile, de 60 à 250 millimètres et 3 mètres de longueur; de 300 millimètres à 1^{m}10 de diamètre et 4 mètres de longueur utile; des chaînes en acier sans soudure de 9 à 33 millimètres de diamètre, etc., etc.

Tous ces objets étaient remarquables par leur fini et leur bel aspect.

Société anonyme des forges et fonderies de Montataire.

La Société anonyme de Montataire possède trois établissements assez importants :

1° *L'usine d'Outreau,* près Boulogne-sur-Mer. Il y a trois hauts fourneaux au coke, dont deux étaient à feu; on y traite les minerais du Boulonnais (Pas-de-Calais) et de Somorrostro (Espagne). Les minerais du Boulonnais d'excellente qualité de fer fort, ne contiennent ni soufre ni phosphore; c'est du fer hydraté d'une richesse moyenne de 36 p. c. à gangue quartzeuse, et se présentant en grains et en géodes. Quant au minerai de Somorrostro, il rend au fourneau 52 p. c. de fer; c'est, comme l'on sait, un minerai de toute première qualité; aussi avec ces matières, la Société de Montataire fait à Outreau, des fontes d'affinage de fer fort très-belles.

D'après les indications de la Compagnie, la consommation de coke par tonne de fonte est de 1,050 kil. lorsqu'on emploie le minerai du Boulonnais seul, et de 950 kil. lorsque le lit de fusion se compose de 50 p. c. de minerai du Boulonnais et de 50 p. c. de Somorrostro; par 100 kil. de minerais du Boulonnais, l'on consomme 35 kil. de calcaire.

Le coke revenait en juillet 1878 à l'usine à 27 francs la tonne; il était fabriqué avec du charbon de Newcastle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les hauts fourneaux ont 16 mètres de haut et 2m80 de diamètre au gueulard ; ils sont desservis par des appareils à air chaud ordinaires. La production par haut fourneau est de 50 à 55 tonnes par jour ; en 1877, la production totale des deux hauts fourneaux a été de 37,200 tonnes.

2° *L'usine de Frouard,* près de Nancy, dans la vallée de la Meurthe. Comporte 3 hauts fourneaux à feu, de 15m50 de hauteur et 2m80 de diamètre au gueulard, avec appareils à air chaud spéciaux ; ils marchent au coke et ne donnent que de la fonte d'affinage de qualité ordinaire ; les minerais traités viennent de Bouxières-aux-Dames, et de Frouard, et consistent en fer hydroxydé oolithique, à petits grains de la grosseur d'une tête d'épingle, à gangue calcaire ou argileuse. C'est le minerai que l'on trouve en grande abondance entre Longwy et Pont-Saint-Vincent ; il est très-fusible, rend en moyenne 33 p. c. de fer au fourneau ; celui de Bouxières tient du calcaire en excès, et celui de Frouard n'en renferme que la partie nécessaire.

Le rendement moyen du lit de fusion est de 32 1/2 p. c. ; la moyenne de la consommation de coke par tonne de fonte est de 1,100 kil. ; mais on a fait observer que deux des trois hauts fourneaux sont en feu depuis neuf et sept ans.

La production annuelle de l'usine est de 55,000 tonnes de fonte d'affinage.

3° *Les usines de Montataire,* fondées en 1810, fabriquent des fers marchands, des tôles fines, décapées, étamées, plombées, galvanisées, ondulées, du fer-blanc, des fers noirs, des fontes moulées, des ardoises métalliques, etc.

Il y a 24 fours à puddler dont 20 doubles, 6 feux d'affinerie, 24 fours à réchauffer, 20 fours dormants à recuire, 5 trains à fer, 7 trains à tôles, 1 train vertical ou laminoir universel, 5 trains à fer-blanc, 12 chaudières d'étamage, de plombage et de galvanisation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On le voit par cette énumération, l'usine de Montataire est très-importante.

La production, en 1877, s'est élevée à 18,700 tonnes de fers marchands, 9,100 tonnes de tôles de toutes sortes, 3,500 tonnes de fer-blanc et de tôle étamée, et 900 tonnes d'ardoises métalliques.

Le puddlage à Montataire paraît être digne d'attention ; avec la fonte d'Outreau, on peut faire dans les fours doubles ordinaires, 10 charges par 12 heures, avec un déchet de 10 p. c. et une consommation de charbon de 625 à 650 kil. par tonne de fer ébauché.

Les spécimens de fonte et de fers exposés par la Société de Montataire, ne présentaient rien de particulier ; ils étaient tous choisis et bien fabriqués, eu égard à la nature des minerais ; on en trouvait, du reste, d'aussi beaux chez les exposants qui ont à traiter les mêmes matières premières. Ce qui méritait d'être signalé particulièrement dans cette exposition, c'étaient les tôles diverses et les fers-blancs ; les échantillons étaient fort beaux ; on remarquait : un fond en tôle puddlé de $2^{m}30$ de diamètre, 14 millimètres d'épaisseur et pesant 485 kil. ; des tôles fines puddlées de diverses dimensions, dont une de $3^{m}10 \times 1^{m}03$ et 3/10 de millimètre, pesant $7^{k}50$, et d'autres dont la plus fine de $1^{m}65 \times 0{,}80 \times 14/100$ de millimètre d'épaisseur pesant $1^{k}40$.

L'exhibition de cette Société comprenait aussi : des tôles ondulées à diverses ondes pour toitures, fabriquées avec des cylindres finisseurs de forme appropriée ; — des tôles décapées à l'acide sulfurique étendu, fort douces, malléables, pouvant recevoir un beau poli, et être embouties ou pliées de manière à permettre la fabrication des objets désignés sous le nom d'articles de Paris ; — des tôles striées, galvanisées à saillies plus ou moins hautes pour plates-formes de locomotives, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seuils de porte, etc., fabriquées au moyen d'un cylindre portant le dessin gravé et marchant avec un autre cylindre à table unie; — des tôles plombées qui remplacent le zinc laminé et le fer dans certains cas, et le fer-blanc dans les tuyaux de descente d'eau, des chéneaux, etc., qui servent aussi pour la conduite des gaz. Ces tôles plombées s'obtiennent en plongeant la plaque dans un bain de plomb recouvert d'une couche de chlorure de zinc qui décape très-bien le métal avant qu'il arrive dans le plomb liquide, et en faisant passer la feuille couverte de métal entre deux cylindres de fonte bien dressés et animés d'une faible vitesse; par cette opération, on enlève l'excès de plomb et on égalise les faces; en quittant les cylindres, les feuilles traversent une couche de résine ou de colophane et n'ont alors plus besoin d'être nettoyées.

L'attention était aussi appelée sur les tôles galvanisées ou zinguées, ondulées, planes, à grandes dimensions; on en voyait une puddlée, galvanisée, de 10 mètres le longueur sur $1^{m}45$ de largeur et 12 millimètres d'épaisseur; elle pesait 1,400 kil.

Enfin, les ardoises métalliques et les tôles moirées et plombées moirées, étaient remarquables comme fini; ces dernières sont produites en provoquant sur la tôle de fer un alliage de zinc et de plomb qui forme des dessins superficiels très-variés et fort jolis.

La Société avait encore exposé des ardoises métalliques de tôle galvanisée qu'elle fabrique depuis plusieurs années déjà, par un procédé breveté en sa faveur; les ardoises ont $0^{m}41$ de longueur, $0^{m}21$ de largeur et 1/3 de millimètre d'épaisseur; sans comprendre les deux bords longitudinaux repliés de manière à faciliter l'assemblage avec les ardoises voisines, il y a trois plis peu relevés, également espacés sur la largeur, et courant sur toute la longueur. Ces ardoises, employées pour toitures, ont été adoptées pour les couvertures des bâtiments du Champ-de-Mars

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur une surface de 120 mille mètres carrés ; leur emploi paraît se développer assez bien dans certains centres, surtout pour la couverture de hangars, de gares de chemins de fer, de halles à marchandises, lavoirs, etc. ; elles sont légères, présentent les avantages du zinc sous le rapport de la non-oxydation, pourvu toutefois qu'elles aient été bien fabriquées, car la moindre lacune ou paillette qui se produit dans la couche recouvrant le fer, donne lieu à la formation d'un trou. Ces ardoises ont sur le zinc un avantage de prix ; mais nous croyons qu'elles ne parviendront pas à remplacer ce dernier métal, parce que leur durée sera moindre et parce que, quand elles seront hors d'usage, elles ne présenteront plus la moindre valeur. Il n'en est pas de même des couvertures en zinc.

Enfin la Société de Montataire avait appelé particulièrement l'attention du jury sur les procédés qu'elle emploie pour l'impression sur métaux. Depuis longtemps, cette opération sur fer-blanc se fait en imprimant directement sur le métal à sec, et avec la pierre mise en relief, puis en recouvrant d'une couche de vernis ; les produits étaient généralement assez défectueux. Lorsqu'on avait affaire à la tôle de fer, il fallait d'abord recourir à des préparations longues et coûteuses et l'on terminait par la décalcomanie.

Le procédé employé par la Société de Montataire et par M. Édouard Normand, qui est breveté, consiste à recouvrir préalablement le fer-blanc d'une couche de papier minéral adhérant parfaitement au métal. Ce papier, dont l'une des bases principales est le kaolin, doit être assez solide pour résister à toutes les intempéries et à des ébullitions dépassant même 130 degrés, et assez souple pour permettre de recevoir des lithographies aussi belles que celles obtenues sur le papier.

Ce procédé s'applique très-bien aux boîtes à conserves alimentaires, aux pancartes, tableaux de publicité, plaques et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même aux paysages avec plusieurs couleurs ; il permet de remplacer les étiquettes lithographiées sur papier et d'avoir des impressions qui ne s'enlèvent pas facilement même par l'ébullition et qui assurent la sincérité des produits qu'elles abritent. C'est ce dont on pouvait facilement s'assurer par une simple inspection des spécimens exposés.

Société anonyme de l'éclairage au gaz et des hauts fourneaux et fonderies de Marseille et des mines de Portes et de Sénéchas.

Les hauts fourneaux de cette Société, au nombre de trois, dits de Saint-Louis, sont situés dans les environs de Marseille ; le premier a été mis en feu en 1857 ; ils sont à grande production avec appareils à air chaud Withwell, etc. Le combustible employé est le coke.

La fabrication annuelle peut atteindre 50,000 tonnes.

Ces fourneaux ont été établis dans le but de traiter les minerais premier choix venant des sources les plus renommées de Mokta (Algérie), de Carthagène (Espagne), de l'île d'Elbe, de Rapolano (Italie), etc., et d'employer les cokes du bassin du Gard. Avec des matières premières aussi bonnes et une direction intelligente, ses débuts furent heureux ; ses fontes ordinaires, déjà spéciales par leurs bonnes qualités, furent recherchées ; mais suivant de près le progrès, elle se mit bientôt à produire ce que l'on nommait, il y a plusieurs années, les fontes spéciales.

On connaît le rôle important du manganèse dans la fabrication de l'acier et du fer coulés ; on en arriva bientôt à reconnaître que sa présence était indispensable dans l'affinage par les procédés Bessemer et Siemens-Martin, surtout lorsqu'on vou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lait produire du fer doux ou de l'acier doux, et l'on imagina de l'introduire dans les bains, soit à l'état de spiegeleisen, soit sous forme de ferro-manganèse.

C'était donc une nouvelle fabrication qui s'imposait à l'industrie métallurgique.

La Société des hauts fourneaux, etc., de Marseille, qui, ainsi que nous l'avons dit, s'était fondée en 1855 spécialement pour traiter au coke de riches minerais étrangers, s'appliqua tout de suite à produire cette nouvelle fonte, le spiegeleisen, et elle réussit parfaitement; son métal fut bientôt apprécié et demandé non-seulement en France, mais encore dans les pays voisins, où il fit concurrence au spiegeleisen allemand.

En 1862, elle fabriquait couramment des fontes dites à facettes, qui contenaient de 3 à 6 p. c. de manganèse; elle prit, à la fin de cette année, un brevet pour la fabrication au haut fourneau des carbures de fer et de manganèse.

En 1864, elle était déjà parvenue à produire de grandes quantités de fontes manganésées miroitantes, tenant de 7 à 10 p. c. de ce dernier métal.

Comme les perfectionnements dans la fabrication de l'acier et du fer coulé réclamaient des composés manganésés de plus en plus riches, la Société s'appliqua à perfectionner son travail et à produire les alliages demandés par l'industrie; elle fabriqua des fers manganésés plus avantageux que le spiegeleisen, et, marchant de progrès en progrès, elle en est arrivée, en avril 1878, à produire au haut fourneau, du ferro-manganèse contenant jusqu'à 87,4 p. c. de manganèse, teneur qui, pensons-nous, n'avait pas été atteinte à cette époque.

Nous ne savons pas encore si ce produit sera industriel, parce que la fabrication du ferro-manganèse riche au haut fourneau, exige une température très-élevée; ainsi, par exemple, du métal à 81 p. c. de manganèse est déjà très-réfractaire et de-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mande une forte chaleur pour être tenu à l'état fluide, de manière à ne pas empâter le creuset. On calculait que pour 2,000 kil. de fonte avec du vent à 715 degrés centigrades, il faudrait consommer 8,300 kil. de coke, afin d'utiliser 65 à 70 p. c. du manganèse du lit de fusion et produire 10 à 11 tonnes par 24 heures. La consommation de combustible doit donc être très-élevée; aussi, un haut fourneau qui, en 24 heures, donne 50 à 55 tonnes de fonte grise aciéreuse, ne peut fournir que 20 à 24 tonnes lorsque l'on fabrique des alliages riches en manganèse.

Le ferro-manganèse est donc, pour la Société des hauts fourneaux de Marseille, une fabrication spéciale; aussi exposait-elle des spécimens de spiegeleisen ayant jusqu'à 42, 44 p. c. de manganèse, et du ferro qui en tenait jusqu'à 87 p. c. L'aspect de ce dernier est différent de celui du spiegeleisen; sa couleur se rapproche plus de celle de l'acier que de celle de la fonte blanche ou grise, et sa texture est grenue.

On paraît avoir observé qu'à cette teneur de 87 p. c., le métal fonte commençait à s'oxyder et qu'il se délitait facilement.

Cette partie de l'Exposition comprenait 40 échantillons de spiegeleisen, fontes extra-manganésées, ferro-manganèse, fontes de manganèse, depuis 10 jusqu'à 87 p. c.

Outre ces échantillons, la Société avait encore dans sa vitrine:

Des fontes fines grises employées pour l'affinage au bas foyer au charbon de bois pour la production de l'acier Bessemer; elles étaient pures, un peu manganésifères et propres à la fabrication des fers fins au bois dit de Comté;

Des fontes fines grises, blanches, truitées et rubanées pour la fabrication des fers fins puddlés et des aciers Siemens-Martin; les blanches et les rubanées servent à la fabrication des fers fins à la houille destinés aux grosses pièces de forges et aux blindages;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des fontes spéciales pour la fabrication de la fonte malléable, très-pures et très-résistantes ; étant fabriquées avec les minerais de l'île d'Elbe et de Somorrostro, on conçoit qu'elles doivent être excessivement bonnes pour le moulage de certaines pièces et qu'elles doivent bien mériter la réputation de grande ténacité dont elles jouissent dans le commerce ;

Enfin, *des tôles, des fers divers* du commerce, des aciers, des fils de fer, etc., tous produits fort bons puisqu'ils proviennent de matières premières excellentes.

Tous ces spécimens étaient magnifiques et donnaient une haute idée de la conduite de cette usine, dont M. Jordan, professeur à l'École centrale de Paris, et M. J. Couture, sont les directeurs.

Voici quelques analyses de fontes qui avaient été envoyées par la Société :

	Fer.	Manganèse	Silicium.	Carbone.	Soufre.	Phosphore.
Fontes fines aciéreuses. N° 1.	89,89	2,80	2,99	3,50	0,014	0,002
Fontes fines aciéreuses. N° 3.	92,40	2,32	1,82	3,40	0,09	0,006
Fontes de moulage. N° 1.	92,80	1,15	2,50	3,00	traces	0,006
Fontes de moulage. N° 3.	92,80	1,87	2,70	2,50	traces	0,007
FONTES MANGANÉSÉES.						
(Pour ces fontes manganésées, le fer a été calculé par différence.)	83,958	10,93	0,690	4,410	0,010	0,002
	75,562	18,50	0,168	5,750	0,005	0,015
	66,185	28,40	0,190	5,200	0	0,025
	54,436	39,90	0,186	5,450	0,008	0,020
	42,109	52,12	0,830	4,900	traces	0,041
	30,209	63,69	0,069	6,000	0,019	0,013
	8,640	84,96	0,660	5,700	0,035	0,005

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'usine de Saint-Louis est la première en France qui ait consommé les minerais riches et purs du littoral méditerranéen; qui ait livré au commerce des fontes au coke propres à remplacer les fontes au charbon de bois pour la fabrication des fers fins et des aciers puddlés; qui ait produit des tonnages importants de spiegeleisen de 7 à 10 p. c. de manganèse; et enfin, qui ait obtenu au haut fourneau le ferro-manganèse le plus riche en manganèse connu jusqu'aujourd'hui, qui devrait plutôt porter le nom de fonte de manganèse que celui de ferro, puisqu'il ne contient que 8 à 10 p. c. de fer.

La vitrine de cette Société comprenait encore des produits fabriqués à froid avec les laitiers des hauts fourneaux et de la chaux hydraulique par M. A. Savournir dans son usine à Séon Saint-André. Cette industrie a été créée en 1868; un brevet a été accordé pour la conversion du laitier en un sable très-léger dont le grain présente, sur toutes ses faces, des aspérités qui le rendent propre à un mélange intime avec la chaux hydraulique; on a eu l'idée de façonner les grains d'une manière particulière, parce qu'on avait remarqué que le sable rond à surfaces lisses, était très-difficile à agglomérer avec la chaux, cette forme ronde permettant aux grains de glisser sous une pression un peu forte.

Le mélange de ces grains irréguliers avec la chaux dans de certaines proportions, donne un produit que l'on peut facilement mouler et dont on fait des briques, des blocs et diverses pièces propres à la construction; ces briques et autres objets semblent présenter beaucoup de solidité, résistent bien à l'écrasement, sont plus légers que la pierre et la brique cuite, et surtout, coûtent moins cher. Il paraît que l'usage de ces matériaux se propage beaucoup; on cite une maison construite entièrement en laitier, rue Tapis-Vert, à Marseille, dont on admire la solidité et le bon état.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il serait à désirer, dans l'intérêt des usiniers qui voient leur tas de scories s'étendre d'une manière désolante, que cet emploi des laitiers pût prendre un développement sérieux et eût un meilleur sort que les pavés et les laines de laitiers; il y a des usiniers qui ont parfois la bonne fortune de voir enlever leurs tas de scories par les Compagnies des chemins de fer pour remblais ou balast; mais il en est beaucoup d'autres qui subissent le supplice de devoir acheter à poids d'or des terrains pour déposer ces déchets et former autour de leur usine un rempart dont la vue n'a rien de bien réjouissant.

Société anonyme des hauts fourneaux et forges de Denain et d'Anzin.

Cette importante Société possède cinq hauts fourneaux marchant au coke et traitant des minerais hydratés oolithiques de Meurthe-et-Moselle, des hydrates granulaires de Champagne, des hématites brunes d'Espagne, des oxydulés magnétiques d'Algérie et un peu de minerais de Norwége tenant 5 p. c. et plus de titane.

Avec de tels éléments, on obtient de la fonte de première qualité, spécialement destinée à la fabrication des tôles et des fers spéciaux, ainsi qu'à la production des aciers; aussi, tous les échantillons exposés présentaient-ils le cachet d'une excellente nature, d'une belle et importante fabrication, et le pavillon de cette Société, à l'intérieur du bâtiment du Champ-de-Mars, attirait-il l'attention des visiteurs.

La Société possède aussi une aciérie Bessemer comprenant deux convertisseurs; elle y traite ses fontes obtenues particulièrement avec les minerais d'Espagne, fontes qui sont aussi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mises en œuvre pour la production des fers que l'on veut avoir très-bons.

Cette aciérie paraît être parfaitement montée; la fonte liquide sortant du haut fourneau, arrive aux convertisseurs; les lingots d'acier encore chauds sont amenés au laminoir et transformés en rails, sans que le métal ait eu le temps de se refroidir.

La production de l'acier dans cette usine se développe beaucoup, grâce aux bonnes conditions dans lesquelles elle se trouve sous le rapport de l'approvisionnement du combustible et des minerais; ces derniers, comme nous venons de le dire, proviennent d'Espagne (mines du groupe de Somorrostro), tandis que d'autres usines de France, notamment celles de la Loire, doivent prendre les minerais d'Afrique dont le coût du transport en France est moins avantageux.

Parmi les objets exposés, on pouvait signaler spécialement :

Un plat en fer de 42 mètres de longueur, $0^{m}307$ de largeur et $0^{m}009$ d'épaisseur, plié plusieurs fois de manière à former une sorte de pyramide et qui ne présentait pas la moindre paille ou fissure, aux nombreux points de courbure; cette pièce donnait une idée de la bonne qualité fer;

Une tôle de fer de $9^{m}50 \times 1^{m}46 \times 0^{m}011$ très-nettement travaillée;

Une tôle de fer de $8^{m}7 \times 2^{m}00 \times 0^{m}011$ aussi fort belle;

Un fer en double T de 24 mètres de longueur;

Une tôle d'acier de $6^{m}90 \times 1^{m}620 \times 0^{m}012$ d'une pureté et d'un poli remarquables;

Enfin, une série de cassures de fer et d'acier pour montrer le grain et la nature des produits variés de la fabrication.

Tout ce que cette Compagnie avait exposé, devait être classé dans la catégorie des plus beaux spécimens du genre qui se trouvaient au Champ-de-Mars; mais il n'y avait rien de nouveau à signaler, ni aucun procédé qui se distinguât de ceux que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'on suit dans les usines similaires. On sentait qu'on se trouvait en présence d'une usine fortement outillée et habituée à ne laisser sortir de ses chantiers que des produits irréprochables.

Haldy Kœchling et C^ie^.
Usines à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).

Cette usine comprend quatre hauts fourneaux au coke (deux en affinage et deux en moulage), pouvant donner 50,000 tonnes de fonte brute, une fonderie en première et deuxième fusion, capable de produire 18 à 20,000 tonnes de fonte moulée et des ateliers de fabrication de tuyaux coulés verticalement, dont il sort par an 350 kilomètres de tuyaux de tous diamètres.

Le minerai traité aux hauts fourneaux est de l'hydroxyde de fer oolithique de la Moselle, à grains de la grosseur d'une tête d'épingle, à gangue siliceuse et calcareuse, dont la couleur varie du jaune au noir bleuâtre; on trouve plus ou moins de fossiles dans le gîte, d'où le minerai est plus ou moins phosphoreux; on l'exploite dans la concession de Marbache, située à 14 kilomètres de l'usine.

Voici, d'après les données fournies par les exposants, une coupe du terrain minier dans cette concession :

	Calcaire ferrugineux	Puissance	0m50
I.	Minerai jaune brun (calcareux)	»	0m90
II.	Minerai jaune mélangé de noirâtre (alumineux)	»	1m05
	Argile ferrugineuse	»	1m60
	Minerai imparfaitement connu	»	1m30
	Couche stérile		

Les couches I et II sont seules exploitées et donnent du mi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nerai dont voici la composition, ainsi que celle d'un minerai employé en guise de castine :

	Perte au feu sur 1,000 parties.	Silice.	Acide phosphorique.	Peroxyde de fer.	Alumine.	Chaux.	Magnésie.	Fer métallique.	Fer du minerai calciné
I. . . .	247	46	8,5	404	74	213	16	283	375
II. . . .	256	114	0,7	510	100	88	30	357	423
Minerai castine . .	291	48,5	»	297,5	62	265	30	»	»

Avec ces minerais, on ne fait d'habitude que des fontes ordinaires ; aussi les spécimens exposés par la Compagnie ne présentaient-ils rien de particulier.

Deux des hauts fourneaux ont $14^{m}50$ de hauteur et 4 mètres de diamètre intérieur au ventre ; les deux autres, de construction plus récente, ont $16^{m}70$ de haut et $4^{m}25$ de diamètre au ventre.

Voici la composition des charges telle qu'elle a été renseignée par la Compagnie :

	POUR FONTE BLANCHE. KIL.	POUR FONTE GRISE. KIL.
Minerais	2.800	2.300
Minerai calcaire	200	200
Débris	100	100
Castine	—	200
Coke	1.300	1.300
Nombre de charges par jour	43	40
Rendement pour cent	35,16	32

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Diverses analyses de fontes blanches d'affinage ont donné pour 100 :

Carbone combiné	1,819	2,791	2,278
Silicium	1,030	0,733	0,576
Manganèse	0,306	0,198	0,162
Phosphore	1,967	1,910	1,679
Soufre	0,375	0,410	0,456

Le chargement des minerais dans le haut fourneau se fait au moyen du *cup and cone;* depuis la mise en usage de ces appareils, on a observé que la chemise s'usait beaucoup plus rapidement dans la zone voisine du gueulard, et l'on attribuait cette altération bien plus à l'action de la vapeur d'eau qui se dégage en cet endroit en grande quantité du minerai humide, qu'au frottement occasionné par le choc des charges envoyées par le cône.

Voici encore un autre fait signalé et qui mérite d'être noté : un des hauts fourneaux, après avoir produit 74,000 tonnes de fonte est resté une année entière bouché et plein de coke en feu ; c'était pendant la dernière guerre; les matières premières faisant défaut, on devait arrêter la fabrication de la fonte; le 11 août 1870, on boucha le fourneau plein de coke, en faisant des grilles d'abord tous les jours, puis tous les mois; enfin, on est resté trois mois sans y toucher. Le 12 août 1871, on a chargé du minerai et donné le vent, et le 13 on a coulé de la fonte.

La grande spécialité de cette usine est la fabrication des tuyaux de conduite d'eau, de gaz et de vapeur; aussi voyait-on par les échantillons exposés combien cette industrie y est soignée. On remarquait beaucoup de tuyaux fort bien réussis, et, entre autres, un de 4 mètres de longueur et 1 mètre de dia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre, destiné à l'alimentation du canal de l'Est, et obtenu en première fusion.

La Compagnie nous ayant remis une notice sur sa fabrication, nous croyons qu'il ne sera pas sans utilité de consigner ici quelques extraits de ce travail.

Le moulage des tuyaux se fait *debout;* on en fabrique d'une manière courante depuis 0^m075 de diamètre intérieur jusqu'à 0^m30 en 3 mètres de longueur, et depuis 0^m25 jusqu'à 0^m80 en 4 mètres.

On emploie pour former l'âme des noyaux, des lanternes creuses en fonte présentant une série de trous pour le dégagement de l'oxyde de carbone à l'intérieur. Pour les gros tuyaux (au-dessus de 2 mètres), la première couche est composée de terre végétale avec environ 1/7 de sable vert de Sermaize et un peu de tannée. Après cette couche appliquée à la main, on sèche et on étuve. Puis on met la deuxième couche formée de sable vert neuf et de sable vieux mélangés à peu près par moitié; puis on étuve de nouveau; enfin, on répare les noyaux, on les enduit de noir à la brosse et on étuve une troisième fois.

Le badigeon liquide est un mélange de poussier de charbon de bois et de terre glaise blanche.

Pour les petits tuyaux, de 0^m057 à 0^m200, la première couche des noyaux est composée de terre, de 1/4 de sable rouge grillé provenant des débris de noyaux en sable vert, et de 1/20 de tannée ou de sciure de bois; la deuxième couche est la même que pour les gros tuyaux.

Les fosses de coulée ont 3 ou 4 mètres de profondeur.

Pour le moulage des gros tuyaux, on a commencé par faire le moule du cordon dans la cuvette en fonte, au moyen d'un bas de modèle mobile, centré dans le premier cône intérieur de cette cuvette. Cette première partie du moule est en sable vert; on la recouvre d'une rondelle de tôle, et on descend le corps du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modèle qui vient s'emboîter sur la pièce mobile. Ceci fait, on exécute la partie cylindrique du moule, en jetant le sable par la partie supérieure du châssis au jour, et en le serrant à la main au moyen de trois ou quatre battes en bois. Puis on descend sur le corps du modèle la tête mobile destinée à former le moule de la tulipe et on achève le serrage du sable. Les modèles sont tous en fonte.

Pour les petits tuyaux, on commence par faire le corps du moule, sans cordon, en descendant le modèle sur une fausse cuvette, placée dans la première, et on fait au jour, dans une boîte spéciale, la galette annulaire en sable vert destinée à former le moule du cordon. On l'étuve à part, on la badigeonne de noir, et on ne la place dans la cuvette qu'au moment de la coulée.

Le sable employé pour tous ces moules est un sable ordinaire de fonderie, contenant environ 1/20 de houille pulvérisée.

Le séchage des moules se fait sur place, au moyen de réchauds à houille que l'on place sur les cuvettes après avoir remonté les châssis de 60 centimètres; c'est un système de chauffage qui laisse à désirer.

Les moules étant séchés, on les badigeonne entièrement.

Lorsque les moules sont prêts, on les fait reposer sur des cuvettes, et on y descend les noyaux dont la partie inférieure se centre au moyen d'un cône qui s'emboîte dans l'évasement central de la galette en sable vert et de la cuvette en fonte.

On coule au moyen de poches ordinaires de 1,000 kilog.

Aussitôt la fonte solidifiée, et avant que le retrait ait pu se produire, on enlève les lanternes des noyaux, puis au moyen d'une chaîne les prenant par le bas, on retire les tuyaux eux-mêmes encore rouges et on les dépose à plat sur le sol ou sur des wagonnets, ce qui les ovalise quelquefois un peu quand ils sont trop chauds.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces tuyaux sont mieux centrés et moins souffleux que les anciens tuyaux coulés à plat; mais leur épaisseur va toujours en décroissant de la tête au petit bout.

Tous ces tuyaux sont coulés indistinctement en première ou deuxième fusion; on a soin d'employer la fonte la plus graphiteuse pour les gros tuyaux debout, parce que le métal y coule mieux et s'y tasse davantage; la fonte un peu serrée est employée pour les petits tuyaux où la circulation est plus difficile.

Les masselottes et les bavures des tuyaux sont enlevées au burin et à la lime; la surface extérieure est dessablée au moyen de râpes en fonte presque blanche.

Les tuyaux coulés debout peuvent, dit la Compagnie, résister à 20 ou 30 atmosphères, avec des épaisseurs moyennes, tandis que coulés à plat, ils ne résistaient qu'à 10 ou 15 atmosphères.

Une fonte trop grise devient poreuse et donne lieu à des suintements dans la partie voisine de la masselotte.

Les tuyaux coulés accidentellement en fonte blanche résistent à l'épreuve de la presse, mais se brisent au moindre choc.

D'après des expériences récentes, sur 25 essais, la charge par millimètre carré produisant l'écrasement, est restée comprise entre les limites de 118 et 140 kilogr.

Voici le prix de revient :

Pour produire une tonne de tuyaux moulés, on emploie à peu près 1,500 kil. de fonte brute, dont 450 kil. environ resteront dans le roulement sous forme de bocage provenant des tuyaux cassés, des jets, masselottes, etc.

En admettant un prix de revient de la fonte grise brute de première fusion de fr. 81.60 la tonne, on aura :

1,500 kil. de fonte à fr. 81.60	fr.	122 40
Moins 450 de bocage à fr. 70		31 50
Soit pour dépense en fonte de première fusion. .	fr.	90 90

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les tuyaux coulés en deuxième fusion, on charge au cubilot :

1,000 kil. de bocage à fr. 70	fr.	70 00
600 » de fonte grise à fr. 81.60		48 96
100 » de coke à fr. 30		3 00
Frais d'allumage et d'entretien des cubilots		1 04
Total.	fr.	123 00
Moins 450 kil. de bocage à fr. 70.		31 50
	Fr.	91 50

Soit à peu près la même dépense que pour la première fusion.

Le moulage des tuyaux est payé à la pièce suivant des tarifs variables avec les dimensions.

En prenant pour exemple les tuyaux de 0m30 qui sont payés fr. 8.50 et pèsent environ 388 kil., on aura pour le moulage d'une tonne de tuyaux.	fr.	22 00
Coût de l'ébarbage		3 00
Pour sable, terre, noir, frais d'étuve.		20 00
Frais de machine et surveillance		4 00
Essais, goudronnage et chargement		1 50
Frais généraux.		14 00
Total.	fr.	156 00

Ce prix est à peu près la moyenne.

Nous croyons devoir faire remarquer que ces procédés de fabrication ne sont pas nouveaux; depuis bon nombre d'années déjà, on fait cette espèce de coulage dans notre pays, à Liége et dans le Hainaut entre autres, et les produits que nos industriels livrent au commerce, sont au moins aussi beaux et aussi bons que ceux qui étaient exposés par la Société de Pont-à-Mousson; nous dirons encore que pour ce qui concerne le prix de revient, nos usines belges n'ont pas des chiffres aussi élevés que ceux donnés par Pont-à-Mousson, notamment pour le sable, la terre, etc., et les frais généraux.

Nous terminerons par quelques chiffres relatifs aux diamètres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longueurs, poids de quelques tuyaux de fabrication courante à Pont-à-Mousson et qui ont été essayés à une pression minima de dix atmosphères.

DIAMÈTRE intérieur.	LONGUEUR utile.	POIDS du tuyau.	POIDS du mètre.
27 mm.	1,50 mèt.	10,00 kil.	6,66 kil.
38 »	1,50 »	11,20 »	7,50 »
40 »	1,50 »	14,00 »	9,50 »
50 »	2,00 »	24,00 »	12,00 »
60 »	2,00 »	30,00 »	15,00 »
70 »	2,00 »	36,00 »	18,00 »
80 »	2,50 »	55,00 »	22,00 »
100 »	2,50 »	65,00 »	26,00 »
120 »	3,00 »	90,00 »	30,00 »
150 »	3,00 »	120,00 »	40,00 »
200 »	3,00 »	174,00 »	58,00 »
250 »	3,00 »	234,00 »	78,00 »
300 »	3,00 »	291,00 »	97,00 »
350 »	3,00 »	354,00 »	118,00 »
400 »	4,00 »	560,00 »	140,00 »
450 »	4,00 »	680,00 »	170,00 »
500 »	4,00 »	780,00 »	195,00 »
600 »	4,00 »	1000,00 »	250,00 »
700 »	4,00 »	1240,00 »	310,00 »
800 »	4,00 »	1600,00 »	400,00 »
1000 »	4,00 »	2120,00 »	530,00 »

Durenne (A.). — Hauts fourneaux et fonderies à Sommevoire (Haute-Marne).

Usine de moulage très-importante.

Les objets exposés appartenant principalement à la classe 25,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fontes d'art, nous n'aurions pas à nous en occuper si l'importance de cette fabrique ne nous obligeait à en parler au point de vue métallurgique.

Cette maison qui existe depuis 1848 et qui a déjà figuré avec honneur dans toutes les expositions universelles antérieures, possède deux hauts fourneaux au coke qui traitent surtout des minerais oolithiques à grains très-fins, à gangue argileuse et alumineuse de Champagne, rendant au haut fourneau de 39 à 42 p. c. de fonte. Autrefois, on n'employait que le charbon de bois; mais la fonte moulée ayant subi une forte réduction de prix, on a été forcé de marcher au coke. Le coke vient de la mine de Bernissart, en Belgique, et donne 7 p. c. de cendres à l'incinération.

Les conditions économiques de l'industrie métallurgique dans la Haute-Marne n'étant pas favorables à la production de fontes d'affinage, l'on ne fait à Sommevoire que de la fonte de moulage et l'on fabrique sur une grande échelle des objets d'ornements moulés en première fusion, la fonte étant prise directement au haut fourneau. On calcule que le déchet dans cette fabrication s'élève à 1/3.

La difficulté du travail est de conduire l'allure des fourneaux de manière à produire une fonte d'un numéro donné, entre 2 et 3, pour obtenir des surfaces lisses, d'une grande netteté et d'un bel aspect. Les jets et les pièces manquées sont refondus dans deux cubilots ou fours de Wilkinson, pouvant produire 2 à 3,000 kilogrammes de fonte liquide à l'heure, et l'on en fait des moulages de deuxième fusion.

La production journalière de fonte liquide est de 15 à 16,000 kilogrammes qui donnent 9 à 10,100 kilogrammes de produits marchands.

Il serait impossible de décrire, même en partie, les objets qui étaient exposés; il était difficile de faire un choix, tous les spé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cimens présentant un fini remarquable, une netteté et une délicatesse de formes hors ligne. Les albums de la Société renferment beaucoup de dessins des objets coulés dans cette usine et donnent une idée de son importance, du goût de ses conceptions au point de vue artistique; c'est ce que le jury de la classe 25 aura eu occasion de faire ressortir.

Nous citerons cependant d'une manière spéciale : trois grandes statues assises, de $2^{m}25$ de hauteur, et deux groupes d'animaux, le cheval et l'éléphant établis à la grande cascade du Trocadéro, qui étaient d'une exécution remarquable; 25 mascarons de 1^{m} à $1^{m}20$ de hauteur placés autour du grand bassin du bas, et qui fournissaient de l'eau dans ce bassin; dans le jardin du Champ-de-Mars : deux fontaines monumentales d'une hauteur de 10 mètres avec un bassin de 16 mètres; dans la grande rotonde : un spécimen de fontes de verres de tableaux religieux; des grands mascarons de têtes d'animaux, etc., composant un tableau de 7 mètres de haut sur 6 mètres de large; beaucoup de spécimens étaient en fonte brute, sans peinture ni retouche, et permettaient ainsi de juger de la perfection du moulage; enfin, des statues, des lampadaires, des vases, coupes, panneaux d'applique, des groupes divers, le tout en fonte brute pour montrer le grain fin de la fonte et le fini du moulage.

En résumé, cette exposition était remarquable sous tous les rapports; M. Durenne est parvenu à produire au moyen de fontes au coke, des moulages parfaits, d'une grande netteté et reproduisant, sans dégradation, l'œuvre du sculpteur; ses fabricats dénotent un travail conduit avec un soin extrême et une grande intelligence; aussi le jury de la classe 43 a-t-il décerné la grande médaille à cet exposant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies du Val d'Osne, à Sommevoire (Haute-Marne).

C'est aussi une des usines les plus importantes de France pour la fabrication des fontes moulées et des fontes cuivrées par la galvanoplastie.

Cette Société possède deux hauts fourneaux à Sommevoire, et traite des minerais oolithiques au coke, et parfois aussi au coke et au charbon de bois.

Elle est très-connue pour la grande variété, l'importance et le fini de ses moulages; aussi, avait-elle à l'Exposition du Champ-de-Mars un pavillon spécial, dans lequel elle avait placé des statues magnifiques, très-grandes, des tableaux et d'autres ornements remarquables sous le rapport de la délicatesse et du fini.

On pouvait se faire une idée de l'importance de cette fabrication en examinant les splendides albums de modèles qui contiennent un nombre considérable de pièces diverses, de statues, de fontaines monumentales, de balcons, de colonnes, de candélabres, etc., etc.

Société anonyme des aciéries et forges de Firminy, à Firminy (Loire).

Cette Société avait exposé des fontes, des rails, des essieux, des bandages, divers échantillons d'acier brut fondu et travaillé, notamment des ressorts, des outils, etc.

L'usine principale, située à Firminy, comprend un haut fourneau, 10 fours à fondre l'acier par le procédé Siemens-Martin, 10 fours à réchauffer, 2 fours à fondre l'acier au creuset, système Siemens, 29 fours à puddler le fer et l'acier, 31 fours à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réchauffer, 1 four à réchauffer, système Bicheroux, 4 fours à cémenter, 20 marteaux-pilons, 7 trains de laminoirs, etc.

Une autre usine à Contatay renferme 4 martinets et 3 fours à cémenter.

Le haut fourneau, établi depuis huit ans environ, a 17 mètres de hauteur et peut produire de 75 à 80 tonnes de fonte au coke par jour; les minerais que l'on traite sont de toute première qualité; ils viennent d'Espagne et d'autres localités étrangères qui ont la spécialité manganésifère requise pour la production des fontes à acier.

On consomme moins de 1,000 kil. de coke par tonne de fonte.

L'aciérie est d'une grande importance; c'est la première du système Siemens-Martin qui ait été érigée en France, et les résultats avantageux obtenus dès le principe, ont beaucoup contribué à la propagation de ce procédé de fabrication.

On traite les fontes toutes spéciales que l'on produit à l'usine, et c'est ainsi que l'on arrive à des qualités d'aciers bien constantes et bien déterminées; aussi les échantillons exposés indiquaient-ils une fabrication soignée.

Cette Société soumet ses aciers à la compression au moyen de presses hydrauliques; le métal fluide est introduit dans une lingotière dont les deux fonds qui sont mobiles se rapprochent sous l'action de la compression. Il paraît que le métal n'est pas aussi bien purgé de soufflures qu'avec le procédé Whitworth; le gaz ne serait pas chassé entièrement, mais concentré vers le centre de figure du lingot.

Les progrès faits par cette Compagnie dans la fabrication de l'acier, au point de vue de la diminution du prix de revient, sont sensibles; nous en donnerons pour preuve, le résultat d'une adjudication faite en novembre 1878, à Brest, pour la fourniture, à l'administration maritime, de 15,000 kil. d'acier de cémentation dit acier poule :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Société de Firminy a été déclarée adjudicataire au prix de fr. 36.50 les 100 kilogr.

Voici les soumissions des concurrents :

Société métallurgique de l'Ariége	fr.	46 10
Louison, ou chamboa Fleugerolles (Loire)		48 00
Thomas Turton et fils, à Paris		49 00
Forges et aciéries de Saint-Étienne		53 97
Forges et aciéries de la marine et des chemins de fer		61 00
Aciéries du Saut-du-Tarn.		62 50
A. T. C. Hounsfiel, représentant de la maison William, Jessops et fils		95 00

Une des particularités de cette installation était une série d'objets en fer puddlé recouvert d'acier fondu et montrant une jonction parfaite des deux substances. Ces objets s'obtiennent en chauffant le fer doux au blanc soudant, le nettoyant ensuite parfaitement, et le mettant alors dans un moule où l'on coule l'acier qui doit le recouvrir. On fabrique de cette manière des boulons qui sont plus résistants que ceux en acier pur; on en voyait dans cette vitrine de 0^m30 de longueur et 0^m08 à 0^m10 de diamètre, fort bien réussis et qui paraissaient de très-bonne qualité.

On a laminé avec succès dans cette usine des lingots de fer et d'acier unis comme nous venons de le dire; le soudage est resté complet, malgré le travail auquel le lingot a été soumis.

Tous les échantillons exposés étaient de premier choix et ne laissaient rien à désirer; on pouvait citer comme étant d'une exécution et d'une qualité remarquables, les ressorts de carrosserie à rouleaux et à pincettes; les aciers cémentés pour limes, et les aciers fondus au creuset pour faux, coutellerie, outils, etc., étaient aussi de fort belle facture.

La production mensuelle de cette Société s'élève à environ 5,400 tonnes, dont 2,000 tonnes de fonte, 1,500 tonnes de rails, 300 tonnes de ressorts, 500 tonnes d'essieux montés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

325 tonnes de bandages; 500 tonnes d'aciers divers en barres et fers fins pour le commerce, etc., etc.

Compagnie des fonderies et forges de l'Horme, à Saint-Julien en Jarret (Loire).

Société importante possédant deux usines, l'une à l'Horme-Saint-Chamond (Loire) à deux hauts fourneaux, et l'autre à Pouzin (Ardèche) à cinq hauts fourneaux. Tous ces appareils ne sont pas en activité.

On traite à l'usine de Pouzin des minerais étrangers et surtout des minerais provenant de la mine de Veyras, qui consistent en hématites rouges faisant partie de la formation que l'on exploite à Privas; il y en a plusieurs variétés; on en avait exposé quatre qui représentent la couche exploitée. Une variété à couleur violacée, nommée agathisée, et deux autres à aspect schisteux dites feuilletées, ont donné la composition suivante :

	VARIÉTÉ AGATHISÉE.	VARIÉTÉ FEUILLETÉE.	VARIÉTÉ FEUILLETÉE DE PRIVAS.
Peroxyde de fer.	82,00 p. c.	74,00	58,16
Silice	11,00	12,40	10,90
Alumine	1,60	1,00	7,10
Chaux.	3,60	6,00	10,35
Eau, acide carbonique	1,40	6,40	»

Ces minerais sont souvent un peu phosphoreux.

L'exposition de cette Société comprenait des fontes de forge, de fonderie, des fers et tôles marchands, des petits fers et feuil-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lards, des cornières, des pièces moulées, des poutrelles, etc. ; mais il n'y avait rien à signaler d'une manière spéciale.

Les profils et les fers fins qualité n° 2, étaient annoncés comme ayant une résistance de 32 kil. et un allongement de 10 p. c.

La Société avait exposé les plans de l'appareil Lévêque pour chauffer l'air destiné au service des hauts fourneaux ; ce chauffage qui a plusieurs points de ressemblance avec le procédé Siemens, coûterait 140,000 fr. pour un fourneau produisant 70 tonnes de fonte par jour.

Les conditions d'installation de deux de ces appareils fonctionnant à l'usine de Pouzin, sont les suivantes :

	1°	2°
Diamètre intérieur	$6^{m}30$	$6^{m}65$
Hauteur	$12^{m}70$	$15^{m}65$
Section à l'entrée du vent froid	2^{m2}	2^{m2}
Section à la sortie du vent chaud	6^{m2}	6^{m2}
Vitesse moyenne du vent froid	$0^{m}55$	$0^{m}60$ à $0^{m}70$
Parcours du vent dans l'appareil	25 m.	35 m.
Température	600 à 650°	600 à 650°
Volume des briques réfractaires	205^{m3}	380^{m3}
Surface de chauffe	1.200^{m2}	1.700^{m2}
Quantité d'air à débiter par minute	100 à 120^{m3}	150 à 170^{m3}

La Compagnie a donné les chiffres ci-après comme étant les résultats obtenus et justifiés par une expérience de quatre ans :

A. En allure froide, fonte de forge ordinaire pour fer n° 2;

B. En allure chaude, fonte de fonderie n^{os} 2 et 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	A	B
Teneur moyenne du lit de fusion	42 p. c.	44 p. c.
Production par jour	40 à 50 T	25 à 27 T
Teneur en cendres du coke	13 p. c.	13 p. c.
Consommation de coke par T de fonte . .	700 à 750 kil.	900 kil.

Elle a aussi produit une note imprimée concernant cet appareil et que nous transcrirons ici :

« Trois systèmes d'appareils à air chaud, en briques réfractaires, basés sur le principe des fours Siemens à chaleur régénérée, fonctionnent aujourd'hui dans les usines françaises ; ce sont, par ordre de date, les appareils Cowper, Whitwell et Lévêque.

» L'appareil Cowper, dont la disposition est jugée bonne au point de vue de la circulation des gaz chauffants et du vent lui-même, manque de moyens extérieurs de nettoyage, et pour un appareil à air chaud en briques, ce défaut est capital.

» L'appareil Whitwell n'a pas cet inconvénient; il se nettoie sans refroidissement préalable, mais il laisse à désirer sous le rapport du tirage et de la bonne combustion des gaz. Enfin, un défaut commun à ces deux systèmes, c'est de ne pas permettre, au besoin, l'emploi direct des combustibles solides.

» L'appareil Lévêque fonctionne depuis 1873 aux hauts fourneaux de la Compagnie de l'Horme, à Pouzin; il diffère des deux précédents, surtout par sa disposition intérieure et son mode de nettoyage.

» Il se compose de deux fours accouplés, fonctionnant alternativement avec gaz et avec vent. Chaque four est renfermé dans une grande cuve cylindrique en tôle, complétement étanche et revêtue à l'intérieur d'une maçonnerie en briques réfrac-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taires. Un vide rempli de débris de briques, se trouve ménagé entre la tôle et la maçonnerie pour la dilatation. Cette vaste enceinte est divisée en cinq grands compartiments verticaux, par quatre cloisons parallèles et symétriques. Le compartiment central et ses deux voisins sont remplis de briques disposées en quadrillage; les compartiments à la circonférence sont divisés par des murs de refend percés d'ouvertures.

» Le gaz combustible arrive par des tuyaux et se répand dans l'enceinte par des carneaux horizontaux. L'air de combustion pénètre par des registres et s'écoule sur la nappe gazeuse, en la frappant normalement.

» Le gaz et l'air mélangés se partagent en deux courants, montent en brûlant dans les vastes compartiments à la circonférence, descendent dans les premiers quadrillages, remontent par le quadrillage central et arrivent refroidis aux cheminées de tirage placées sur l'appareil même.

» Lorsque le four est suffisamment chaud, on ferme les registres à gaz et à air, puis ceux des cheminées; après cela, on ouvre le registre de l'arrivée du vent froid et les registres de la sortie du vent chaud.

» Le vent s'échauffe alors méthodiquement en circulant en sens inverse de la marche que suivaient les flammes et les gaz brûlés.

» Cette division des gaz chauffants, en deux courants égaux et distincts, est très-favorable au courant gazeux. Elle permet d'avoir une surface de chauffe considérable, des conduits à sections larges et croissantes et d'un parcours faible, conditions indispensables à un bon chauffage et à un tirage facile. Elle est aussi très-avantageuse au point de vue de la circulation du vent qui a lieu à très-faible vitesse, et par suite avec une perte de pression à peu près nulle.

» Des expériences directes confirment ces appréciations.

» Un grand nombre d'analyses faites avec l'appareil Orsat,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur les gaz brûlés à leur sortie des fours, donnent pour la composition moyenne de ces produits :

Acide carbonique.	25 p. c.
Azote	73 p. c.
Oxyde de carbone et oxygène .	2 p. c.

» Un ventimètre, placé successivement à l'entrée du vent froid et à la sortie du vent chaud, accuse sensiblement la même pression.

» Une addition importante a été faite à cet appareil pour le cas où les gaz viendraient à manquer.

» Deux grilles spacieuses et commodes permettent de recourir directement aux combustibles solides.

» Elles permettent aussi d'éviter les mélanges détonnants, si l'on a soin de les tenir garnies de quelques morceaux de coke ou de gros charbon.

» Le nettoyage se fait sans refroidissement préalable et d'une façon très-rapide par l'emploi du vent comprimé.

» On a, à cet effet, une lance métallique à fourreau d'une longueur à peu près égale au diamètre des cuves. Cette lance, par son fourreau et par de petites conduites auxiliaires, peut être mise facilement en communication avec la conduite du vent froid dans toutes les positions que l'on est obligé de lui faire prendre pour procéder au travail du nettoyage.

» Des ouvreaux convenablement ménagés dans les parois de chaque four, d'un faible diamètre, faciles à boucher et à déboucher, lui donnent passage et permettent de la promener dans toutes les parties de l'appareil. Le jet d'air comprimé, porté par la lance à l'endroit même où les poussières se trouvent déposées, les chasse au dehors directement ou les fait tomber dans le bas de chaque compartiment qui a une ouverture spéciale pour la sortie des poussières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Deux à trois heures suffisent pour cette opération que l'on a à faire deux fois par an.

» Tous les registres de l'appareil sont en fonte, de même forme et sans courant d'eau.

» La nécessité de rafraîchir, par un courant d'eau, le registre du vent chaud, ne se fait pas sentir, même avec du vent chauffé au-dessus de 700°. »

—

La Société avait encore exposé des éprouvettes de fer trempé au moyen de l'acide sulfurique ; elle a remis aussi une notice sur ce procédé que nous croyons également utile de reproduire :

« *Augmentation de résistance des fers par la trempe à l'acide sulfurique. — Procédé breveté.*

» Le procédé consiste à chauffer au rouge cerise la pièce dont on veut augmenter la résistance, et à l'immerger dans un bain d'acide sulfurique étendu à 50° Baumé, bouillant à 170° environ. Les fers et pièces forgés acquièrent une augmentation de résistance de 5 à 8 p. c. environ sur le fer ordinaire, de 12 à 15 p. c. sur les fers moyens et de 20 à 25 p. c. sur les fers fins et principalement les fers manganésés, 30 p. c. et au delà sur certaines ferrures. Sur les aciers, le résultat est nul.

» Les tableaux ci-après contiennent des résultats d'expériences ; au cours des expériences, les acides nitrique, chlorhydrique et l'essence de térébenthine ont donné des augmentations de résistance remarquables, mais moins constantes.

» La trempe à l'acide sulfurique agit fortement sur la texture du fer. En général, elle tend à faire disparaître le grain, en rendant le fer nerveux. Sur les fers ordinaires, les cristaux sont souvent augmentés ; sur les fers fins, la trempe paraît plutôt les rendre plus fins encore, lorsque la texture n'est pas transformée. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS DE TREMPE SUR DES ÉPROUVETTES DE FER BRUT.

A. = Effort maximum. — *B.* = Allongement linéaire.

FERS ORDINAIRES.				FERS MOYENS.				FERS FINS.			
Non trempés.		Trempés.		Non trempés.		Trempés.		Non trempés.		Trempés.	
A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
kil.	mm.	kil.	mm.	kil.	mm.	kil.	mm.	kil.	mm.	kil.	mm.
38	21	42	20	37	11	41,4	18	38,7	22	50	13,5
38	14	40	20	37	12	40,5	16	37,5	24	48,5	14
				36	21	43,5	15	36,5	27	45,5	21
				38,2	20,5	43,3	18	41,5	21	54,2	14
				40,5	11	44,5	14	34	26	45	15
								38	23	46	11
Augmentation au moyen de la trempe.		8 p. c.		Augmentation au moyen de la trempe.		13 p. c.		Augmentation au moyen de la trempe.		28 p. c.	

ESSAIS DE TREMPE SUR DIVERSES FERRURES.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	NOMBRE DE PIÈCES.	Non trempés.		Trempés.		Augmentation au moyen de la trempe.
		Effort moyen.	Ouverture.	Effort moyen.	Ouverture.	
		kil.	mm.	kil.	mm.	
Crochets de traction.	14—20	26.900	23	34.500	34,8	28 p. c.
	13—13	23.700	14,1	29.400	12,4	24
	6—6	23.550	17,6	31.300	12	33
	31—31	27.200	15,5	33.800	21,1	24
	12—12	23.100	14,6	30.500	12	32
	6 - 6	21.930	11,6	28.600	14,8	31
Moyenne sur. . .	82—88	24.400		31.350		28 p. c.
Tendeurs d'attelage. . .	2—2	27.900	—	31.450	—	13 p. c.
	6—6	28.780	—	35.900	—	25
	2—3	26.850	—	42.330	—	57
	2—1	24.600	—	36.600	—	48
Moyenne sur. . .	12—12	27.030		36.570		35 p. c.
Chaines de sûreté. . .	2—2	14.750	—	20.900	—	41 p. c.
Colliers de ressorts de traction	5—5	28.360	—	54.040	—	20 p. c.
	1—1	28.500	—	36.900	—	29
	10—1	28.270	—	33.180	—	17
Moyenne sur. . .	16—16	28.370		34.700		22 p. c.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compagnie du chemin de fer d'Orléans. – Mines et usines d'Aubin (Aveyron).

Cette Compagnie avait exposé de la houille, des minerais de fer et de plomb argentifère; des fontes, des rails en fer et en acier, produits à l'usine d'Aubin.

La houille venait des houillères d'Aubin qui forment la continuation du bassin de l'Aveyron; des plans représentaient les allures et la composition des couches, dont les deux principales donnent de la houille, l'inférieure à 2 p. c. de cendres, la supérieure à 30 et 35 p. c.

Les minerais traités proviennent de la mine de Cadeyrac, près de celle de Mondalazac; c'est une espèce de minette à 28 p. c. de fer, phosphoreuse et difficile à réduire. Voici une analyse de ce minerai :

Peroxyde de fer	39.50
Oxyde de manganèse	0.20
Silice	12.00
Alumine	9.30
Chaux	12.00
Magnésie	7.00
Soufre	0.15
Acide phosphorique	0.25
Perte par calcination	19.00

Avec ce minerai, la Société emploie le minerai hydraté du Périgord; moitié de chaque espèce pour les fontes d'affinage. Cette mine du Périgord contient 56,50 p. c. de protoxyde de fer, 30,00 de silice, 5 d'alumine et 8 d'eau et d'acide carbonique. Enfin, quand on veut obtenir des fontes à acier ou des fontes pour fers spéciaux, on emploie des minerais d'Algérie et d'Espagne.

L'usine comprend 4 hauts fourneaux au coke, 22 fours à puddler, 12 fours à réchauffer, 5 fours Martin pour fusion d'acier, 4 trains de laminoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On ne fabrique que des rails en fer et en acier, spécialement destinés à la Compagnie du chemin de fer d'Orléans; les spécimens exposés ne présentaient rien de particulier.

La production annuelle s'élève à 30,000 tonnes de rails en fer et en acier.

Voici quelques chiffres concernant les essais faits sur les rails en fer de cette usine :

Essais avec la machine Chauvin, Marin Darbel et C^ie^.

1° Essais à la traction — sur des éprouvettes de 100 millimètres de longueur et 200 millimètres carrés de section :

Résistance à la rupture 36 kil. par millimètre carré;

Allongement à la rupture 10 p. c.

2° Essais à la flexion — sur des rails entiers, appuis écartés de 1 mètre :

Résistance à la rupture 36,000 kil.

Essais à la flexion avec un mouton de 300 kil., sur des moitiés de rails, appuis écartés de 1^m^10 :

Hauteur de chute déterminant la rupture 2^m^50.

Martin (P.-E.). — Forges de Bazacle.

Fabrique d'acier par le procédé Siemens-Martin.

Ce mode de production de l'acier est trop connu pour que nous en donnions ici une description détaillée. Il a fait sensation dans le monde des métallurgistes, surtout parce qu'il permettait de fabriquer l'acier dans des conditions telles, qu'il pouvait lutter avantageusement avec celui du procédé Bessemer.

En deux mots, le procédé Siemens-Martin consiste à produire, dans un four à réverbère, à sole creuse et avec le con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cours du gazogène à tirage naturel Siemens, un bain initial de fonte dans lequel on introduit successivement des charges de riblons de fer ou d'acier, ou de minerais de fer ; puis à la fin, du spiegel ou du ferro-manganèse. Les proportions de ces divers éléments varient selon le degré de carburation que l'on veut donner au produit final, c'est-à-dire suivant la qualité d'acier que l'on veut obtenir entre le fer pour ainsi dire pur et l'acier le plus dur, celui qui contient relativement le plus de carbone. Ce mode de travail permet mieux que tout autre, de produire des aciers d'une composition bien déterminée, parce que l'on peut interroger convenablement le bain au moyen de prises d'essai souvent renouvelées.

Il a déjà été beaucoup écrit sur ce procédé et tout ce qu'on voyait à l'Exposition confirmait la bonne opinion que l'on avait depuis plusieurs années sur l'avenir de ce mode de fabrication et sur les immenses services qu'il est appelé à rendre.

Doit-on dire acier Siemens-Martin, ou Martin-Siemens, ou Martin tout court, comme certains le prétendent? C'est ce que nous n'avons pas à examiner ; une discussion s'est élevée sur ce point entre MM. Siemens et la Société Martin et diverses correspondances ont été livrées au public par M. Siemens. L'occasion se présentera sans doute de vider définitivement cette contestation et de rendre à chacun ce qui lui appartient.

La Compagnie P.-E. Martin avait exposé un certain nombre de pièces en acier forgé et en acier coulé, qui étaient fort belles. On remarquait surtout :

Des canons de fusil en acier doux appelé par M. Martin, métal homogène ;

Des rondelles pour bandages en acier comprimé à l'état liquide ; de l'acier fait avec des vieux rails plus ou moins phosphoreux que l'on prépare comme suit : On fond dans un cubilot 3 parties de vieux rails phosphoreux avec 1 partie de bonne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonte; le phosphore joue le rôle de fondant; on obtient un acier fondu que l'on porte directement à l'état liquide dans le four à acier sans bain initial, et on termine l'opération comme à l'ordinaire, en ajoutant à la fin du ferro-manganèse; le produit est suffisamment bon pour faire de nouveaux rails en acier qui présentent les qualités de ceux obtenus par le procédé Bessemer;

Des moulages en acier, très-beaux;

Des essieux creux en acier obtenus en coulant un lingot creux, l'allongeant au laminoir et l'alésant ensuite; ces essieux remplacent avantageusement les essieux en fer;

Des cercles sans soudure formés au moyen d'une plaque que l'on ouvre partiellement, suivant le grand axe, que l'on élargit ensuite et que l'on arrondit à la machine;

Des obus en acier obtenus en faisant agir l'air comprimé sur le métal liquide;

Enfin, des boulets en acier fondu, sans soufflures, préparés en coulant plein dans le moule, et en creusant le trou au moyen d'un mandrin que chasse une presse hydraulique; le métal liquide est refoulé, se comprime et sort du moule par la partie supérieure le long du mandrin; l'acier est ainsi fortement comprimé et ne présente plus de soufflures.

Toutes les pièces exposées par cette Société étaient, comme on le voit, fort intéressantes et dénotaient qu'elle cherche à étendre les applications de l'acier fondu obtenu par le procédé Siemens-Martin.

Dalifol (A.), quai de Jemmapes, à Paris.

M. Dalifol avait une belle exposition d'objets de fonte malléable bruts et finis, de pièces en acier coulé, de fourches dites américaines, de fourches françaises, de pièces de forge en fer et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en acier, de statues en acier coulé et d'une foule de jolis objets bibelots en fonte polie.

On voyait de belles fourches en acier trempé et forgé; des roues et objets en acier fondu au creuset et purifié avec des riblons; des pièces en fonte malléable, puis plaquées en argent. Cette exposition était surtout intéressante au point de vue du développement que prend l'usage de la fonte malléable; il a fallu cependant vaincre bien des difficultés, car on comprend quels soins l'on doit apporter au moulage des petits objets qui, après coulage, sont soumis au chauffage dans de l'oxyde de fer en poudre pour enlever le carbone et transformer ainsi la fonte blanche en fonte malléable; celle-ci peut même quelquefois être soudable.

M. Dalifol possède pour ce genre d'industrie, l'usine la plus importante de France, qu'il a établie en 1848; il a produit une notice dont nous extrayons ce qui suit :

« La fonte malléable dont les applications sont déjà si nombreuses, commence seulement à être appréciée et employée sans crainte.

» Son nom a été longtemps un obstacle, et beaucoup de ceux qui en faisaient usage, n'osaient avouer qu'ils la substituaient au fer.

» La fonte malléable, lorsqu'elle est bien traitée, a toutes les propriétés physiques du bon fer. La fabrication en est excessivement délicate; aussi ne faut-il rien économiser, ni sacrifier: choix de matières premières; — précautions dans le moulage; — charges et masselottes suffisantes; — fusion au creuset; — emploi de fontes intelligemment mélangées, etc., car il reste toujours assez d'obstacles à vaincre pour arriver à un résultat convenable.

» Malheureusement, les prix obligent souvent le producteur à mettre le creuset de côté, pour opérer la fusion au cubilot et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à employer des fontes de deuxième choix, lorsqu'il y a déjà assez de difficultés avec celles de première qualité.

» On ne tient pas toujours assez compte de la nature du métal que l'on traite; les modèles sont quelquefois faits avec toute la fantaisie de conception du constructeur qui ne s'inquiète pas du retrait qui est de 18 à 20 millimètres par mètre.

» Ce retrait qui est double de celui de la fonte ordinaire, exige de grandes précautions dans le moulage et des attaques spéciales pour éviter que les angles des pièces soient noirs et souvent gercés. Enfin, un modèle mal conçu compromet la solidité d'une pièce et en rend même quelquefois la réussite impossible.

» On doit autant que possible dans la construction d'un modèle :

» 1° Chercher la régularité dans les épaisseurs;

» 2° Éviter les angles vifs;

» 3° En calculant bien le retrait, s'assurer toujours s'il peut se faire facilement.

» Avec un modèle en cuivre établi d'après les données ci-dessus, on est toujours en droit de compter sur des pièces propres et de bonne qualité. Une pièce obtenue dans de bonnes conditions de fabrication est presque toujours supérieure à une pièce qui serait faite en fer, surtout si c'est une petite pièce très-ouvragée, tourmentée et forgée en matrice, où forcément, il est impossible de tenir compte des fibres du fer, lequel se trouve énervé, pris en tous sens et souvent trop chauffé en raison de la nécessité de le faire pénétrer dans les angles des matrices.

» Dans toutes les nombreuses expériences de résistance qui ont été faites, les résultats constatés, comme chiffres de rendement, s'écartent peu de ceux du bon fer. S'il y a un peu moins d'élasticité, la résistance à la traction est presque toujours supérieure dans la fonte malléable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» La fonte malléable peut se laminer à froid, se river et se tarauder; par la cémentation et la trempe, on peut obtenir des parties dures mises à profit dans certains organes de machines, pour les parties de frottement, et dans la coutellerie pour obtenir des tranchants comparables à ceux de l'acier fondu, si cette opération est confiée à des ouvriers soigneux. »

Pour ce qui est de l'acier moulé, M. Dalifol s'exprime comme suit :

« L'emploi de la fonte malléable est limité à des pièces d'une certaine importance et ne pouvant dépasser 30 à 40 millimètres d'épaisseur, car, à mesure que celle-ci augmente, la résistance diminue et la mauvaise fonte malléable ne vaut certainement pas la bonne fonte ordinaire. Forcé d'en restreindre l'emploi, il fallait donc trouver le moyen d'obtenir de fortes pièces également coulées. L'*acier moulé* est venu compléter les résultats obtenus avec la fonte malléable.

» Si l'on s'en tient à la fonte malléable pour les petites pièces, l'on doit franchement aborder l'acier moulé pour les pièces dépassant 30 millimètres d'épaisseur. Pour les petites pièces minces, il n'y a aucun intérêt à remplacer la fonte malléable par l'acier moulé qui, par sa nature et en raison de la haute température qui lui est nécessaire, se trempe dans le sable, se dénature et exige presque les mêmes recuits que la fonte malléable. Le résultat est donc le même avec un plus grand risque de soufflures. Pour les fortes pièces, au contraire, il conserve bien toutes ses qualités et l'on bénéficie du recuit en vase clos.

» L'acier coulé sans soufflures est d'une grande résistance; on peut toujours l'employer sûrement en remplacement du fer; aussi son usage se répand-il rapidement, malgré le bas prix auquel on traite aujourd'hui les pièces de forge.

» Le retrait de 18 à 20 millimètres par mètre doit être ob-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

servé pour l'acier moulé comme pour la fonte malléable, dans la construction des modèles.

» On peut donc, avec la fonte malléable d'une part et l'acier moulé de l'autre, obtenir toutes les pièces, depuis les plus légères jusqu'à celles de plusieurs milliers de kilogrammes. »

M. Dalifol avait exposé plusieurs spécimens d'objets d'art en fonte malléable et en acier fondu qui étaient très-bien réussis et d'une netteté de formes remarquable.

En fonte malléable, on voyait des pièces de sellerie, de carrosserie, de serrurerie, de coutellerie, de quincaillerie, etc., et des bibelots magnifiques en fonte polie; on se figurait difficilement que c'était de la fonte, surtout certains petits objets bruts qui pouvaient être livrés au commerce pour ainsi dire sans retouche. (On trouvait encore ailleurs, à l'Exposition, de jolis spécimens de fonte malléable, notamment dans la vitrine de M. Legénisel.)

En acier moulé, on remarquait des statues, des roues, des pièces de forge, des poulies d'excentrique, des pointes de croisement pour chemin de fer, des engrenages, des pignons, etc., etc. Cet acier est fabriqué au creuset fermé; on met dans un creuset de 30 à 33 kil. de matières, vieux ressorts d'acier et fontes malléables ordinaires exemptes de phosphore et de silicium; on emploie 18 p. c. de ressorts. Le produit de la fusion qui est de l'acier, est coulé dans des moules en sable de kaolin, sable très-maigre ; après refroidissement, on recuit la pièce moulée avec des oxydes de fer en limaille ou en petits morceaux pour réduire une partie du carbone, et ensuite on soumet la pièce à la trempe.

C'est ainsi que l'on obtient de beaux objets en acier fondu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très-ductile, résistant et remplaçant avec avantage le fer forgé.

Cette exposition était remarquable parce qu'elle montrait les progrès qu'a faits, depuis quelques années, l'emploi de la fonte malléable et de l'acier coulé. Lorsqu'on voit que l'on arrive à fabriquer en fonte et avec succès : des clefs, même les plus petites (et elles sont, pour ainsi dire, aussi bonnes que celles en fer, mais notablement moins coûteuses); des objets mignons pour ornements, parures, etc., qui, après argenture ou dorure, peuvent lutter avantageusement avec les mêmes objets en métaux de prix ou en compositions métalliques diverses; enfin, une foule d'autres pièces qu'on ne faisait, jusque dans ces derniers temps, qu'en fer ou autres métaux plus coûteux, l'on comprend que cette nouvelle fabrication a un grand avenir et que la fonte malléable et l'acier coulé sont appelés à constituer des industries qui deviendront très-importantes.

Compagnie des fonderies, forges et aciéries de Saint-Étienne (Loire).

Société fondée depuis douze à treize ans et fabriquant des tôles, blindages, pièces de forges, canons, tubes à canons, etc., en fer et en acier.

Elle possède plusieurs établissements; le principal dit du Marais, est à Saint-Étienne; deux autres moins importants se trouvent à Izieux (Loire) et à Fourvoirie (Isère).

Dans l'usine d'Izieux, acquise récemment par la Compagnie, on fabrique des fers ébauchés et des tôles moyennes.

L'usine de Fourvoirie forge par an 1,800 à 2,000 tonnes de fers et aciers; il s'y trouve un puissant moteur hydraulique et les fours sont chauffés au gaz de tourbe; c'est la seule usine en France qui fonctionne régulièrement dans ces conditions ; la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Compagnie a acquis de vastes marais tourbeux situés à 3 kilomètres de la forge, dont elle tire par an 8,000 mètres cubes de tourbe.

L'usine du Marais, qui possède deux convertisseurs Bessemer, produit spécialement des blindages, frettes à canons, canons d'acier Bessemer, essieux, bandages, roues montées, pièces de forge, tôles, rails, etc.

Le laminoir à tôle commandé par une machine à vapeur à cylindre vertical, est, paraît-il, le plus puissant des laminoirs existant aujourd'hui en France; il y a entre autres un train avec cylindres de $2^{m}750$ de table. On a fait remarquer que le même train peut laminer dans la même journée des plaques de blindage de 33 centimètres d'épaisseur, pesant 18,000 kilogr., et des tôles de 4 millimètres d'épaisseur.

La Société a fourni les plaques de blindage de plusieurs vaisseaux italiens; actuellement, elle fabrique 1,500 tonnes de plaques de 30 et 33 centimètres d'épaisseur, destinées à la cuirasse du *Vengeur*, garde-côtes français.

On aura une idée de l'importance de cette Compagnie par les données suivantes :

Atelier de grosse forge desservi par 11 pilons; 9 fours à réchauffer; 30 feux de forges; 1 grande tôlerie pour grosses tôles et blindages et 2 autres plus petites, desservies par 10 fours à réchauffer; 4 petits mills alimentés par 8 fours à réchauffer; 2 ateliers de puddlage composés de 24 fours; atelier de bandages, de wagons et de frettes à canons en fer enroulé, en acier puddlé enroulé et en acier fondu, pourvu de 6 fours à réchauffer et de 2 forts pilons; un atelier à acier Bessemer avec 2 convertisseurs de 5 tonnes chacun, etc., etc.

Une des spécialités de cette Compagnie est la fabrication des frettes à canons en acier puddlé enroulé. L'enroulage est fait avec une seule barre d'acier puddlé de longueur suffisante. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frettes à tourillons sont produites par des procédés de forge particuliers, brevetés au nom de M. Barrouin, qui font écouler, par la pression ou le choc d'un martelage puissant, le métal vers les tourillons, de façon à assurer la continuité des fibres dans des plans perpendiculaires à l'axe des canons. On obtient ainsi, dans les tourillons, une solidité supérieure à celle que donnaient d'autres procédés consistant à souder un tourillon ou à le former par des mises rapportées.

La Compagnie fournit en ce moment à l'artillerie de la marine française des frettes à tourillons pour canons de 42 centimètres, pesant 4,500 kil. environ; ces pièces sont forgées par un procédé spécial sous un marteau de 18,000 kil.

Depuis deux ans, la Compagnie a livré des frettes en acier fondu pour des canons de 32 centimètres.

Elle fabrique aussi spécialement des tôles de grande dimension et de qualité supérieure; ses tôles n° 7 sont assimilées à l'étranger, aux tôles « Loxmoor »; elle a fourni des tôles au bois pour foyers de locomotives de $5^{m}20 \times 2^{m}30 \times 0^{m}0135$ avec 12 mètres carrés de surface; aucune autre usine en France ne pourrait, paraît-il, faire couramment des tôles de ces dimensions.

Depuis dix ans, la Société a livré pour chemin de fer :

35,500 paires de roues montées;

47,300 tonnes de bandages fer ou acier;

23,500 tonnes essieux pour locomotives, tenders et wagons.

Pendant la même période, elle a aussi fourni 53,000 tonnes de tôles.

Ces chiffres donnent une idée de l'importance de cette Compagnie.

Parmi les soixante-dix pièces diverses exposées et qui étaient toutes de très-belle et bonne fabrication, il faut mentionner d'une manière spéciale :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un blindage de ceinture de 50 centimètres d'épaisseur;

Un blindage de pont de $11^m00 \times 1^m80 \times 0^m05$, pesant 7,800 kil.;

Un disque en tôle de 2^m61 de diamètre et 0^m02 d'épaisseur;

Une feuille en tôle de $9^m560 \times 2^m400 \times 0^m018$, pesant 3,240 kil.;

Une feuille en tôle de $17^m000 \times 1^m700 \times 0^m0165$ à 0^m017, pesant 3,850 kil.;

Une frette en fer de 2^m225 de diamètre, pesant 1,746 kil.;

Un axe tubulaire pour tourelle de navire blindé, poids 2,530 kil.;

Un tube pour canon de 24 centimètres, en acier fondu;

Une frette à tourillons pour canon de 34 centimètres, en acier puddlé enroulé, pesant 2,650 kil., finie d'ajustage;

Un enroulage en acier puddlé, fait avec une seule barre, pesant 900 kil.;

Une paire de roues montées type chemin de fer Ouest, essieu et bandages en acier fondu, centre en fer et d'une pièce;

Un piston portant sa tige pour pilon de 25 tonnes;

Enfin, divers échantillons de tôles embouties en fer et en acier Bessemer.

Société anonyme des forges de Franche-Comté, à Besançon (Doubs).

Cette Société exposait des minerais oolithiques de Franche-Comté, des fontes au bois et au coke, des fers divers, fers spéciaux, fils de fer, tôles, fers-blancs, des câbles et des toiles métalliques.

Les tôles très-fines étaient assez remarquables.

Ce qui attirait particulièrement l'attention, c'était une fort belle série de fils de fer; il y avait entre autres un rouleau de fil de 1/14e de millimètre de diamètre et de trente-quatre mille cinq cent dix mètres (34,510 mètres) de longueur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'usine est pourvue de 24 turbines et de 46 roues hydrauliques ayant ensemble une force nominale de 2,210 chevaux, plus des moteurs à vapeur d'une force de 2,020 chevaux.

Sa production annuelle s'élève à 20,000 tonnes environ de fontes au bois et au coke; 6,000 tonnes de fers spéciaux; 6,000 tonnes de fers marchands; 9,000 tonnes de tôles; 1,000 tonnes de fer-blanc; 14,400 tonnes de machine de tréfilerie; 9,500 tonnes de fils de fer de toutes qualités; 5,500 tonnes de clouteries diverses; enfin 4,000 tonnes de machines, ponts, charpentes, matériel de guerre.

Société des hauts fourneaux, fonderies et ateliers de construction de Marquise (Pas-de-Calais).

Cette Société possède cinq hauts fourneaux au coke, de vastes ateliers de moulage, des fabrications spéciales et mécaniques pour tuyaux, coussinets, obus, etc.

C'est un établissement des plus importants.

On consomme des hydroxydes du Boulonnais un peu phosphoreux à gangue quartzeuse; on y mélange des minerais d'Afrique, d'Espagne et de Bretagne.

Comme on marche beaucoup en moulage, l'on doit user une assez forte proportion de castine d'autant plus que le minerai est siliceux; on a exposé des échantillons de la castine employée, ainsi que du coke obtenu dans des fours Appolt.

La production annuelle est évaluée à 35,000 tonnes de fonte de moulage et 5,000 tonnes d'affinage.

Pendant ces six dernières années, la Société a produit 159,237 tonnes de tuyaux et tubes fabriqués, dont 46,000 tonnes ont été vendues à l'étranger.

Pour le service de l'Exposition de 1878, la Société a livré en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux mois plus de 3,300 tonnes de tuyaux et plus de 1,800 tonnes de fontes pour la construction du Palais.

Les tuyaux de fabrication mécanique sont remarquables sous tous les rapports; on admirait entre autres une colonne de $2^{m}50$ de diamètre, $5^{m}50$ de hauteur, composée de tronçons et segments restés bruts en fonte et qui s'adaptaient parfaitement.

C'est cette Société qui a encore pour spécialité la fabrication des tubes pour les cuvelages Kind-Chaudron.

Boutmy et C^ie^. Usine de Messempré-Carignan (Ardennes).

Fabrication de fers en barres, forgés, laminés, en verges; de tôles fines, moyennes et fortes; et de fontes moulées pour l'industrie, le tout provenant de fontes achetées.

Cette maison produit aussi des tôles de fer à grain fin au moyen de ferrailles qu'elle traite au charbon de bois; elle obtient ainsi des tôles de très-bonne qualité, mais la quantité ne dépasse pas 1,500 tonnes par an, faute de plus de matières premières, tandis que les tôles faites avec d'autres fers bruts corroyés, atteignent le chiffre de 11,500 tonnes.

M. Boutmy fabrique aussi beaucoup d'objets en fonte moulée; il emploie des fontes de Longwy qu'il allie au fer spiegel pour les articles d'une certaine qualité; les moulages ordinaires sont faits avec les fontes de Longwy seules.

Les produits de cette Compagnie se faisaient remarquer par leur fini, leur netteté et offraient le cachet d'une parfaite fabrication et d'un travail intelligent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Charrière et C^ie^, à Allevard (Isère).

Établissement important qui avait exposé de fort beaux produits; minerais, fontes, fers et aciers irréprochables; bandages de locomotives et ressorts de chemins de fer, etc.

Cette Compagnie traite les beaux et bons minerais spathiques d'Allevard; les hauts fourneaux marchent au coke et au charbon de bois mélangés; on produit des fontes de toute première qualité pour acier au four Siemens-Martin; cette fonte est aussi très-recherchée pour fers fins, bandages, etc.

Il n'y avait rien de particulier à signaler; on ne pouvait qu'admirer les produits exposés qui étaient d'une exécution parfaite.

Dupont et Fould, à Pompey (Meurthe-et-Moselle).

Cette usine n'est construite que depuis 1873; il y a deux hauts fourneaux au coke entièrement montés; on traite les minerais oolithiques de la Meurthe provenant de la mine de Ludres, qui contiennent de 37 à 38 p. c. de fer. Ces minerais étant phosphoreux, l'on ne fabrique que des fontes ordinaires; cependant les fers qui en proviennent, sont fort beaux, ce qui indique un travail bien conduit.

La production du fer fini qui n'était que de 450 tonnes pendant le mois de septembre 1873, date de la mise en marche régulière, s'est élevée successivement et elle a atteint 1,600 tonnes en avril 1878; la fonte n'a été obtenue qu'à partir de décembre 1875, époque à laquelle les minières de la Société ont été en exploitation suivie; en décembre 1875, l'on a fabriqué 600 tonnes de fonte et l'on est arrivé à près de 2,200 tonnes en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avril 1878; la production du minerai a naturellement suivi la même marche ascendante.

De fin décembre 1875 jusqu'en avril 1876, le haut fourneau a été en allure de fonte grise; et de fonte truitée et blanche à partir de cette dernière date.

On fabrique des fers marchands, spéciaux, des fers larges plats et des tôles.

Parmi les objets exposés, on remarquait plusieurs cassures, des échantillons d'essais à chaud et d'essais d'emboutissage de tôles; — des pièces moulées, des socs, des oreilles de charrue en fer et en acier le tout bien réussi, et particulièrement : un large plat fabriqué au train universel et ayant 40 mètres de longueur et 0^m50 de largeur sur 0^m0085 d'épaisseur; — une tôle en fer de 19^m15 de longueur, 1^m12 de largeur et 6 millimètres d'épaisseur.

Comme preuve de la bonne qualité de leurs tôles cornières et des fers plats obtenus du traitement des minerais de Pompey, MM. Dupont et Fould ont donné les résultats suivants de divers essais auxquels leurs produits ont été soumis :

	RÉSISTANCE par mill. carré.	ALLONGEMENT pour cent.
	kil.	
Cornières	41,2	11
Id.	43,3	13
Id.	40,7	11
Larges plats	41,0	19
Id.	40,9	11
Id.	40,7	14
Tôles	35,2	8
Id.	35,7	4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, les produits de ces messieurs pouvaient être classés dans la catégorie des bonnes marchandises.

Cette Société s'est livrée à des expériences relativement à l'affinage des fontes phosphoreuses; elle a confirmé que l'élimination du phosphore était possible par le puddlage, lorsque l'on pouvait amener au préalable la fonte à ne renfermer que peu de silicium. Il résulte de ses observations que lorsqu'une fonte contient beaucoup de silicium et de phosphore et que le garnissage du four dans lequel on affine est trop siliceux, le silicium de la fonte ayant plus d'affinité pour l'oxygène que le phosphore, empêche l'oxydation de ce dernier; que l'acide silicique dans la scorie est un obstacle à l'élimination de l'acide phosphorique. Mais, lorsque la fonte est un peu siliceuse et la scorie peu chargée de silice, l'enlèvement du phosphore se fait sans difficulté.

Par suite, avec des minerais siliceux et phosphoreux, il ne faut pas chercher à éliminer le phosphore dans le haut fourneau : on n'y parviendrait pas. Mais il faut enlever le silicium à la fonte par une opération préalable; puis traiter la fonte simplement phosphoreuse dans un four à garnissage basique, afin de prévenir la formation de scories chargées de silice qui empêcheraient le départ de l'acide phosphorique.

On voit avancer toujours vers la solution du grave problème dont il est question en d'autres endroits de ce rapport : la fabrication de l'acier ou du fer coulé au moyen de fontes phosphoreuses. C'est déjà beaucoup que de bien connaître les réactions qui se produisent dans les fours et de n'avoir plus qu'à trouver un moyen pratique pour en tirer un bon parti.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société des aciéries du Saut-du-Tarn, à Saint-Juéry (Tarn).

Bien que cette exposition ait été examinée par la troisième section, nous en dirons un mot, parce que la Société fabrique l'acier.

L'usine se trouve à proximité des houillères de Carmaux et des fontes de qualité du Périgord et de l'Ariége; elle dispose d'une chute d'eau de plus de 2,500 chevaux.

On y fabrique des aciers fondus, cémentés, corroyés, naturels, et des fers fins à grain et à nerf.

Il y a une fonderie à creusets avec deux fours à gaz, système Siemens, dont un n'était pas entièrement terminé en juillet 1878; 3 fours à puddler, dont 2 à brassage mécanique, système Espinasse, avec chaudières à vapeur chauffées par les flammes perdues; un marteau-pilon-cingleur de 5,000 kil. de masse frappante; un train de puddlage; 4 fours à cémenter de 25,000 kil. chacun; 3 fours à réchauffer et 2 trains de laminoirs.

Les aciers fondus, cémentés, corroyés ou naturels sont étirés, forgés ou laminés aux trains de laminoirs, aux martinets ou au marteau-pilon.

Voici le classement des aciers de cette Société, basé sur la dureté et la facilité de trempe au rouge cerise :

1. Acier fondu pour limes à scies; à trempe très-énergique;
2. — fondu et cémenté pour limes; trempe très-vive;
3. — fondu et corroyé, cémenté pour outils et taillanderie; trempe vive;
4. Acier fondu et corroyé, naturel pour ressort; trempe assez vive;
5. — fondu et naturel pour faux; trempe assez vive;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6. Acier fondu et naturel très-doux pour pelles; trempe très-légère.

La spécialité de l'usine est la fabrication de faux en acier corroyé ou damassé, en acier fondu, raffiné, fondu et poli; de faucilles, de limes, de ressorts, etc.; tous les objets exposés étaient d'une exécution remarquable.

Voici d'après la Société la quantité moyenne des produits livrés chaque année aux ateliers des usines ou au commerce :

Aciers de toute nature et fers fins	1,000,000	kil.
Faux	200,000	pièces.
Faucilles	75,000	pièces.
Limes en paquets	100,000	paquets.
Limes en douzaines	15,000	douzaines.
Ressorts de carrosserie	70,000	kil.
Outils divers et pelles	100,000	»

Avec l'outillage dont on dispose, l'on pourrait augmenter de beaucoup cette production.

Trottier frères et C^ie^, à Hennebont (Morbihan).

Cette Compagnie avait exposé des échantillons de fer brut affiné au bois, des fers obtenus dans les fours à puddler au charbon, des fers laminés en barres, préparés pour le fer noir; des paquets de fer noir ordinaire et noir clinquant; des fers noirs dérochés recuits et redressés; des fers emboutis; des noirs clinquants mesurant $2^{m}00 \times 0^{m}40$ et de $0^{m}000{,}038$ d'épaisseur et pesant 300 grammes le mètre; des fers-blancs brillants, ternes, décorés par l'impression; des tôles et fers noirs décorés par le procédé litho-galvanographique; enfin des boîtes et des chaufferettes obtenues avec ses fers décorés.

Cette Société a été fondée en 1860; elle possède : une forge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour la fabrication du fer, de la tôle, du fer-blanc, etc.; une imprimerie sur métaux; une usine électro-métallurgique pour la décoration des métaux par le procédé litho-galvanographique; une usine de produits chimiques dans laquelle on obtient du sulfate de fer avec les acides sulfuriques ayant servi au dérochage, du protochlorure d'étain en opérant sur les cendres d'étain, du colcotar et de l'acide de Nordhausen, au moyen du sulfate de fer; enfin il y a encore une forge pour le laminage des fers blancs et fers noirs.

Les fontes que l'on traite viennent de Bretagne et d'Angleterre.

Comme on le voit, cette Compagnie est assez importante; sa fabrication est développée et les divers produits qu'elle avait exposés, étaient fort beaux. On remarquait surtout les fers noirs et les fers-blancs clinquants, les fers-blancs imprimés, les tôles et fers noirs décorés par le procédé litho-galvanographique. Tous ces spécimens étaient d'une parfaite exécution.

MM. Trottier avaient rédigé une notice pour le jury, et ils avaient même eu l'amabilité d'en faire tirer pour chacun des membres, des exemplaires sur tôle de fer, ce qui formait une brochure charmante et originale, ornée de dessins et présentant un joli spécimen de leur impression sur métal avec ou sans vernis, noir ou en couleur, etc.

Voici un extrait de cette notice :

« *Les fers noirs et fers-blancs clinquants*, c'est-à-dire ceux ayant moins de $0^{m}000,18$ d'épaisseur, étaient toujours restés la spécialité presque exclusive des fabricants anglais, ou du moins, les fabricants français n'en produisaient que des quantités insignifiantes. Cette fabrication nécessite un matériel spécial, des ouvriers d'une grande habileté et enfin du fer d'une qualité exceptionnelle. C'est en 1868, que nous avons entrepris cette fabrication et depuis cette époque nous avons livré au commerce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

15 millions de kilogrammes de fer noir pesant environ 1[k]40 le mètre carré, c'est-à-dire ayant 0[m]000,18 d'épaisseur.

» *Fers-blancs imprimés.* — Procédé breveté.

» Ce système de décoration du fer-blanc par l'impression a ouvert une voie nouvelle à la fabrication du fer-blanc par le fait des sérieux avantages qu'il procurait à un grand nombre d'industries, parmi lesquelles nous devons d'abord citer celle des produits alimentaires qui absorbe à elle seule près de la moitié du fer-blanc fabriqué en France. L'impression du fer-blanc fournit en effet une étiquette faisant corps avec la boîte fabriquée, rend indélébile la marque de fabrique et donne une garantie nouvelle de la qualité des produits.

» Aussi l'industrie des conserves alimentaires, s'empressa-t-elle d'adopter ce nouveau système, et les deux usines de la Société spécialement affectées à l'impression, l'une à Nantes, l'autre à Hennebont, ont livré pendant le cours du brevet plus de 14 millions de kilogr. de fer-blanc imprimé.

Tôles et fers noirs niellés et damasquinés. — Procédé lithogalvanographique, brevet Trottier.

» Bien que les fers-blancs imprimés eussent donné satisfaction à un très-grand nombre d'industries, ils ne pouvaient cependant être appliqués à la fabrication de beaucoup d'objets tels que chaufferettes, réchauds, abat-jour, calorifères, etc., qui doivent supporter la chaleur. Dans ce cas, en effet, la chaleur décompose le vernis, détruit la couleur et produit une odeur désagréable. Le nouveau procédé comble cette lacune de la manière la plus satisfaisante.

» Cette invention consiste dans la superposition de plusieurs métaux, tels que le nickel, le cuivre, l'étain, etc., lesquels sont disposés à la surface des feuilles par la voie galvanique et produisent une variété de couleurs imitant parfaitement l'ancien niellé obtenu sur argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Cette nouvelle invention permet donc l'usage de nos fers décorés à toutes les industries, sans exception. »

Nous n'avons pas eu d'autres détails sur les procédés de fabrication employés dans ces usines.

Biétrix (V.) et C^ie^, à Saint-Étienne (Loire).

Fabrication de pièces de forges diverses en fer et en acier; pièces en acier moulé; bandages et essieux de chemins de fer, etc.

Tous produits fort beaux.

Cette Compagnie possède des fours à puddler, 3 fours Siemens-Martin et des trains de laminoirs pour tôles, bandages, etc. Un des fours Siemens-Martin, reconstruit récemment, produit de 6,000 à 7,000 kil. d'acier en 9 heures.

Parmi les objets exposés, on pouvait signaler : une tôle en acier fondu de 8 mètres de longueur, 2 mètres de largeur et 0^m^01 d'épaisseur; des tôles fines en fer, très-belles; des tôles d'acier pour chaudières; des emboutissages en fer à froid; des engrenages en acier moulé (très-doux) que l'on vend 40 à 45 fr. les 100 kilos et dont le poids atteint 4 et 5,000 kil.; des tubes en acier Martin pour canons de 0^m^19, emboutis et remarquables; la Compagnie a livré à l'État des canons d'acier de 100 millimètres pour la marine, et de 190 et 90 millimètres pour l'artillerie de terre, ainsi qu'un grand nombre de pièces de culasses et de frettes; des bandages en acier en remplacement de ceux en fer que l'on paraît abandonner; ces bandages en acier sont laminé en une seule chaude; il y en avait de 3^m^50 de diamètre.

Cette maison présentait aussi des aciers sans soufflures, obtenus par compression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a cherché à comprimer l'acier par piston à 600 kil. par centimètre carré; on n'a pas réussi; la compression hydraulique a dû être abandonnée. C'est alors que l'on a essayé l'action de l'air ou de la vapeur à plusieurs atmosphères, 7 ou 8, agissant sur le bain d'acier fondu. Les lingots pour canons sont coulés sous 5 à 6 atmosphères de pression, et le métal ne présente plus de soufflures; on emploie des lingotières spéciales qui permettent de comprimer l'acier à l'air ou à la vapeur immédiatement après sa coulée dans le moule.

Voici ce que dit la Compagnie dans une note qui nous a été remise :

« L'étude de la distribution des soufflures dans les lingots ordinaires, a permis à MM. V. Biétrix de conclure *à priori*, avec une certitude à peu près complète, qu'il suffirait d'une pression inférieure à 10 atmosphères, pour empêcher le dégagement en bulles, des gaz dissous d'avance ou en voie de formation dans l'acier en fusion, et par suite, pour prévenir complétement la formation des soufflures.

» L'essai réalisé très-simplement, a prouvé que la pression nécessaire n'était même que de 4 à 6 atmosphères et a donné des lingots ne contenant pas la moindre soufflure dans toute la partie solidifiée sous pression. Plus de 150,000 kil. d'acier ont été faits par ce procédé et employés surtout à la fabrication des canons.

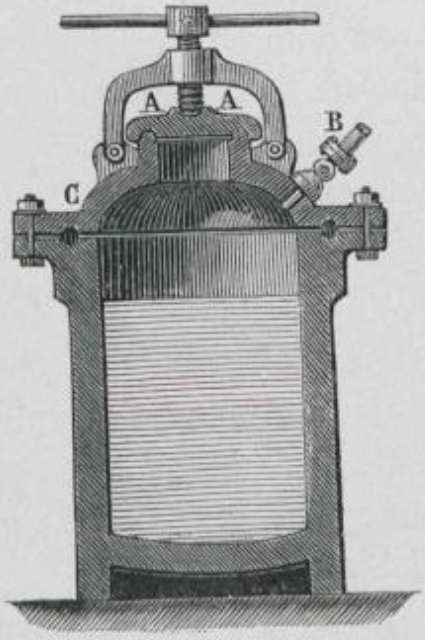
» Ce qui différencie absolument le nouveau procédé des systèmes de compression déjà connus, c'est que la pression est produite sur la surface libre du métal liquide, par une atmosphère gazeuse, et non par un piston solide dont le contact figerait immédiatement la surface de l'acier et rendrait impossible la transmission de la pression au centre du lingot malgré l'énormité des efforts employés.

» Pour réussir, on doit donner à la lingotière des formes et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des épaisseurs telles que la partie supérieure du lingot se solidifie en dernier lieu.

» Le croquis ci-contre représente l'appareil employé. Aussitôt l'acier coulé, on ferme l'obturateur, A, et l'on fait arriver par le tube B la pression d'une chaudière à vapeur que l'on maintient jusqu'à entière solidification du lingot. Le démoulage se fait en enlevant le grand couvercle C. Les joints inaltérables par la chaleur, s'obtiennent en mettant un fil de cuivre rouge entre les surfaces à réunir; il se matte par le serrage et donne un joint parfait. »



Gouvy frères et C^ie^, forges d'aciers de Dieulouard (Meurthe-et-Moselle),

Avaient exposé des aciers en barres, des tôles, des ressorts, des socs, des versoirs et autres instruments aratoires en acier ; des pelles également en acier, très-employées dans les mines ; des lames et des dents de trépans.

Tous ces objets étaient de bonne fabrication.

Cette usine, créée en 1873, comprend 4 fours à puddler, 2 à réchauffer, 14 feux de forge, 6 fours de raffinerie, etc. La production, en 1877, aurait été de

591,554 kil. de socs, versoirs et autres en acier ;
534,089 » de pelles et bêches en acier ;
134,412 » aciers raffinés au bois ;
131,461 » aciers puddlés raffinés ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

328,852 kil. aciers pour socs et pour ressorts ;
4,437 » ressorts de chemins de fer ;
97,082 » ressorts de carrosserie ;
44,632 » tôles d'acier ;
150,095 » aciers divers et pièces façonnées.

Wiellard-Migeon et C^ie^, à Morvillars (territoire de Belfort).

Exposition de vis à bois et à métaux, de boulons et rivets, écrous, œillets, clous, etc.

Cette Compagnie exploite 5 usines : elle ne fabrique pas de fonte ni de gros fer ; sa production est de 3,000 tonnes environ par an, et c'est le plus grand producteur de France en ce genre d'objets.

La forge consiste en 6 feux d'affinerie comtois ; il y a en outre des laminoirs, des fonderies et tréfileries, et des ateliers pour la fabrication des vis à bois, boulons et rivets.

Le combustible employé est le charbon de bois.

Les produits exposés par cette importante maison méritaient de fixer l'attention.

Wargny (Hector), à Lille (Nord)

Nous signalerons les robinets et objets divers en cuivre, bronze et laiton, exposés par M. Hector Wargny ; il y avait des statues très-belles en bronze.

L'étain dont il fait usage vient de Hollande et d'Angleterre.

Tous ces objets, y compris un énorme robinet pour la marine, présentaient une bonne exécution, et surtout une grande pureté de métal.

On remarquait une plaque de chaudière de marine, en bronze, de 3^m^90 de diamètre, 0^m^025 d'épaisseur, et percée de 1,600 trous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 0m04 de diamètre, pour recevoir des tubes de 0m05. Au centre, se trouvait un trou de 0m45. Cette plaque a été coulée en sable, à plat ; on a mis un bassin ou poche au centre, et quand celui-ci a été rempli du métal liquide, on a levé la quenouille au fond, et le métal s'est répandu par quatre points sur toute la surface du moule. La pièce exposée était fort bien réussie, quoiqu'elle fût difficile à couler à cause des nombreux trous (1,600) qui devaient être ménagés.

E. Dervaux-Ibled, à Vieux-Condé (Nord).

Boulons, rivets, ferrures diverses.

Bien que nous n'ayons pas eu à nous occuper spécialement de cette exposition qui rentrait dans la 3e section de la classe, nous en dirons cependant quelques mots pour avoir occasion de consigner des chiffres d'expériences faites par cette maison et qui pourront être mis en parallèle avec les données d'autres usines.

Les chaînes, les boulons, les rivets, etc., étaient d'un fini remarquable ; M. Dervaux achète les fers et les transforme en acier.

C'est une des maisons qui les premières ont substitué l'acier au fer dans la fabrication des boulons, rivets, etc.

On remarquait deux énormes boulons, dont un pesait 450 kil., et qui n'avaient été produits que pour donner une idée de la puissance de fabrication de l'usine.

Voici des extraits des livres des expériences faites sur les fers et les aciers de cette maison et qui comprend 245 numéros.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAINES D'ATTELAGE ET TENDEURS DE WAGONS.

A. Chaîne de sûreté *en fer* à 5 maillons avec crochet et piton : type Paris à Lyon :

à	5000 k. / 1 mm.	6000 k. / 3 mm.	sans allongement permanent, ni déformation, la chaîne reprend sa longueur et sa forme primitives.						
à	7000 / 3	8000 / 3	9000 / 6	10000 / 6	11000 / 6	12000 / 5	13000 / 4	14000 / 4	15000 kil. / 10 mm.

Déformation totale 47 millimètres.

(Les chiffres placés en-dessous des efforts en kilogrammes supportés par les pièces, indiquent les accroissements successifs de déformation ; ainsi à 12,000 kil. par exemple, la déformation est de 5 millimètres plus grande qu'à 11,000 kil.)

Crochet ouvert de 25 millimètres.

Rupture du crochet à 18,000 kilogr.

D'où il résulte que :

Le crochet a supporté 13k50 par millimètre carré et la chaîne 38k50 par millimètre carré.

Le cahier des charges de la Compagnie demande 15,000 kil. de résistance, ou 30 kil. par millimètre carré.

Poids de la chaîne, 12k90.

B. Chaîne de sûreté *en acier* à 6 maillons à sections réduites. — Type Paris à Lyon.

à	5000 k. / 1 mm.	6000 k. / 2 mm.	sans allongement permanent, ni déformation, la chaîne reprend sa longueur et sa forme primitives.						
à	7000 / 1	8000 / 4	9000 / 4	10000 / 8	11000 / 7	12000 / 9	13000 / 10	14000 / 10	15000 kil. / 7 mm.

Déformation totale 60 millimètres.

Crochet ouvert de 5 millimètres.

Un maillon rompu, non à la soudure, à 16,800 kil. ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1,800 kil. en plus de la résistance demandée par le cahier des charges de la Compagnie.

D'où il résulte que :

Le crochet a supporté 19ᵏ17 par millimètre carré, et la chaîne 54ᵏ59 par millimètre carré.

Poids de la chaîne 8 kilogr.

Poids comparatifs des chaînes :

La chaîne *en fer* avec maillons de 25 millimètres pèse	12ᵏ90
La chaîne *en acier* avec maillons, crochets et pitons réduits pèse	8ᵏ00
Différence	4ᵏ90

La chaîne en acier est donc plus légère de 38 p. c. que celle en fer.

C. Tendeur d'attelage *en fer*. — Type nº 21 de Paris à Lyon.

à $\frac{6000\text{ k.}}{1\text{ mm.}}$ $\frac{7000}{2}$ $\frac{8000}{2\,1/2}$ (sans allongement permanent, ni déformation, le tendeur reprend sa longueur et sa forme primitives.

de 10,000 à 15,000	allongement permanent de	2 1/2	millimètres.
de 15,000 à 20,000	id.	4	»
de 20,000 à 25,000	id.	7	»
de 25,000 à 33,000	id.	29	»

Rupture de la vis à 33,600 kilos.

D'où il résulte que :

Le tendeur a supporté 39ᵏ05 par millimètre carré,

Les manilles ont supporté 34,92 id.

Poids du tendeur, 18 kilos.

Le cahier des charges de la Compagnie demande 30,000 kil. de résistance, ou 35 kil. par millimètre carré.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D. Tendeur d'attelage *en acier*, à sections réduites, type n° 21 de Paris à Lyon.

à $\frac{6000\text{ k.}}{1\text{ mm.}}$ $\frac{7000}{2}$ $\frac{8000}{2\,1/2}$ $\frac{9000\text{ k.}}{3}$ { sans allongement permanent, ni déformation, le tendeur reprend sa longueur et sa forme primitives.

de 10,000 à 15,000 kil.,	allongement permanent de	7	millim.
de 15,000 à 20,000	id.	6	»
de 20,000 à 25,000	id.	10	»
de 25,000 à 32,000	id.	25 1/2	»

Rupture d'un tourillon d'écrou à 32,700 kil.

D'où il résulte que :

Le tendeur a supporté 57k11 par millimètre carré.

Les manilles ont supporté 53,10 id.

Poids du tendeur : 10k80.

Poids comparatifs des tendeurs :

Le tendeur n° 21 *en fer* pèse	18k00
Le tendeur n° 21 *en acier* à sections réduites pèse	10k80
Différence	7k20

Le tendeur en acier est donc plus léger de 40 p. c. que celui en fer.

Cette maison fabrique encore des accouplements de wagons, des bouchons métalliques taraudés et d'autres articles en acier Bessemer; elle a des procédés de découpage à chaud des écrous à six pans et de taraudage à froid, etc., dont il sera rendu compte dans le rapport de la troisième section de la classe 43.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Doremieux fils et C^ie^, à Saint-Amand-les-Eaux (Nord).

Cette Compagnie avait envoyé des câbles-chaînes en fer et en acier Bessemer, entre autres, de lourdes chaînes sans soudures exécutées d'après le procédé David-Damoizeau.

Une de ses spécialités est la fabrication des chaînes de touage pour remorquage sur chaîne noyée; elle en a fourni jusqu'ici environ 1,105 kilomètres dont le diamètre a varié de 20 à 29 millimètres.

Elle avait exposé, entre autres, une belle chaîne d'ancre de $0^{m}55$, une autre en acier sans soudure de $0^{m}065$ système David, une maille en fer forgé de $0^{m}10$, etc.

Des essais sur chaînes ont prouvé la bonne qualité des matériaux et la parfaite exécution; la Compagnie du touage du Neckar, par exemple, qui a reçu en 1878, trente-cinq mille mètres de chaîne représentant 542,600 kil., d'un diamètre de $24^{mm}6$, a soumis cette fourniture à diverses épreuves; elle a essayé ces chaînes dans toutes leurs parties à un poids de 14,000 kil. et ensuite, deux bouts de 7 mailles ayant été extraits sur chaque longueur de 1,000 mètres, elle leur a fait subir une traction jusqu'à la rupture qui n'a eu lieu en moyenne qu'à un poids de 31,800 kil. dépassant le minimum garanti qui était de 25,000 kil.

Griset et Schmidt, à Paris.

Laminage de précision et fabrique de plaqué d'argent.

On ne peut passer sous silence la belle exposition de laminés de précision faite par MM. Griset et Schmidt; les tôles en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuivre et autres, étalées au Champ-de-Mars, étaient réellement admirables comme fini, comme calibrage; c'était d'une régularité mathématique. Cette maison est, paraît-il, la plus renommée de France pour ce genre de fabrication.

Comme spécialité, elle redresse par son laminage dit de précision, les feuilles de cuivre ou autres destinées aux travaux fins, les égalise d'épaisseur et les polit; elle lamine directement en grandes feuilles et avec la même précision l'étain, le cuivre, le maillechort, le plaqué d'argent, le platine, l'or et tous les métaux ou alliages.

Ce laminage se fait à froid sur des laminoirs à cylindres de 1 mètre à $1^{m}50$ de table.

Parmi les feuilles de cuivre exposées, on en remarquait une de $6^{m}15$ de longueur et d'autres de $5^{m}30$, ayant chacune $1^{m}25$ de largeur et $0^{m}0007$ d'épaisseur; ces feuilles avaient été laminées feuille après feuille, sur un laminoir de $1^{m}30$. Il serait difficile de faire mieux, surtout si l'on considère que la grande longueur est un obstacle à la bonne exécution; les spécimens que l'on voyait, étaient d'une exécution parfaite et certes difficile à dépasser, sinon même à atteindre.

On pouvait aussi signaler une feuille carrée de plaqué d'argent de $1^{m}20$ de côté et de $0^{m}00015$ d'épaisseur pour lanternes de chemins de fer, et deux planches jaunes ordinaires relaminées à 9 centièmes de millimètre sur une longueur de $2^{m}60$; le degré de précision de la feuille plaqué d'argent, n'avait jamais été atteint.

Pour arriver à cette exécution parfaite, il faut un matériel excellent et des soins assidus; aussi MM. Griset et Schmidt disent avoir des cylindres laminés, trempés par un procédé inconnu des autres industriels, rodés et polis mécaniquement avec une grande précision.

Depuis plus de cinquante ans, cette maison fournit le plaqué

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nécessaire pour les réflecteurs, aux chemins de fer, à la marine, aux phares, aux constructeurs d'instruments d'optique et d'astronomie et à l'industrie; récemment, elle a été chargée par la commission du mètre, de l'important travail du laminage du platine destiné à la fabrication du mètre international.

A côté de ces belles feuilles, on voyait une série de petits objets estampés (non par la maison) pour montrer la bonne qualité de la matière première.

MM. Griset et Schmidt fabriquent aussi des alliages particuliers dans lesquels entrent l'étain et le zinc, et qui donnent de très-beaux produits; c'est ainsi qu'ils avaient exposé un soleil en chrysocale, alliage dont la fabrication, disent-ils, présente de grandes difficultés et qui est employé dans la bijouterie en doublé or, le guilloché, la fabrication des boulons, etc. Ils n'ont pas voulu faire connaître la composition complète de cet alliage; il paraît cependant qu'il y entre entre autres de 6 à 25 p. c. d'étain et 3 p. de zinc; dans tous les cas, c'était fort beau.

Mignon, Rouart et Delinières, à Montluçon (Allier).

Une des expositions les plus intéressantes de la classe 43, était celle de MM. Mignon, Rouart et Delinières; on voyait là des tubes en fer de toutes formes et de tous diamètres; des tubes pour chaufferettes; des tuyaux à collets refoulés; des tubes carrés pour collets; des tubes étirés à diverses dimensions; des tuyaux à collets rabattus à froid, etc., etc., très-bien achevés et dénotant une fabrication soignée.

L'usine de ces messieurs est érigée à Montluçon; on y fabrique, en général, toutes les variétés de *fers creux* que l'on classe en deux sections d'après leur mode de soudure : 1° les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tubes destinés aux conduites sans pression ou à très-basse pression, et aux applications où ils ne sont pas appelés à supporter de grands efforts de dilatation, de choc ou de torsion, et qui *sont soudés par rapprochement,* soudage qui se fait à la filière; 2° les tubes qui doivent supporter de fortes pressions, ou avoir une grande résistance, comme pour les générateurs à vapeur, les conduites d'air comprimé, les arbres de transmission, etc., et qui sont *soudés à recouvrement ou à joints superposés* au moyen d'un laminage sur mandrin.

Ces tubes sont généralement cylindriques, mais on en fait aussi de carrés, comme les collecteurs des générateurs Belleville, des ovales, comme les chaufferettes pour voitures de chemins de fer, etc.; enfin, on exécute des serpentins de toutes formes et dimensions.

La production actuelle s'élève annuellement de 1,000 à 1,200 tonnes.

Les fers que l'on emploie viennent des fontes au bois obtenues avec les minerais du Berry; ils sont par conséquent de toute première qualité.

Parmi les nombreux objets exposés par ces messieurs, on remarquait :

Un énorme serpentin conique qui attirait surtout l'attention des visiteurs; ce serpentin cintré sur une même génératrice, était d'une seule pièce et avait été fabriqué uniquement pour l'Exposition et pour donner une idée de ce que l'on peut faire dans cette usine; la longueur développée était de 92 mètres, le diamètre au gros bout de 0^m30 et au petit bout de 0^m005; la décroissance sur toute la longueur était très-régulière. On nous a dit que cette pièce coûtait 25,000 francs;

Une série de grands tubes de 6^m00 à 6^m50 de longueur, à recouvrement depuis 0^m025 jusqu'à 0^m300;

Une autre série graduée de tubes du même genre à partir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 0m004 de diamètre et coupés à 0m90 de longueur, de manière à bien montrer la section ;

Des tubulures en tés, de 3, 4 et 5 branches verticales ou inclinées, simples ou renforcées ;

Une belle bouteille en fer pour mercure; une autre grande bouteille en fer, bien réussie et présentée comme spécimen de tube à recouvrement laminé conique ;

Des tubes étirés à froid conservés à leur base à leur diamètre primitif, et amenés par l'étirage à un diamètre de 15 à 20 fois plus faible et aux formes les plus tourmentées; de place en place, des entailles permettaient de voir l'épaisseur; ces spécimens montraient fort bien que les fers que ces messieurs emploient, sont de toute première qualité ;

Enfin, on pouvait encore noter un serpentin plat, en forme de grille, destiné au séchage des tissus dans les manufactures de draps, d'un développement de 41 mètres et d'une seule pièce ;

Un serpentin de même forme et de même longueur, mais composé de 7 tubes droits de 6 mètres reliés par des coudes munis de brides à boulons;

Un récipient de gaz liquéfié pour machine à glace, soudé d'une seule pièce, portant des tubulures et capable de supporter une forte pression ;

Deux spécimens de tubes à recouvrement, l'un de 0m080, l'autre de 0m070 enroulés sur leur diamètre et ne présentant aucune crique ni fissure ;

Un tube épais avec un évasement quadruple de son diamètre.

Cette maison qui fait beaucoup de tubes pour conduites de gaz, d'eau et de vapeur, les soude par rapprochement, les taraude et fabrique les manchons, les bouchons à vis, les boîtes à diminution, les boîtes d'équerre, les robinets, les brides, ainsi que tous les outils pour la pose des tuyaux; enfin, elle produit encore des tubes pour grilles, stores, rampes d'escalier d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre extérieur de 0m014 à 0m060, d'une épaisseur de 1 6/10 à 3 5/10 millimètres et coûtant de fr. 0.60 à fr. 5.50 le mètre courant.

Quant aux tubes soudés à recouvrement également en fer, on en fabrique de toutes longueurs et diamètres; on les emploie spécialement pour locomotives, chaudières tubulaires et pour la conduite de la vapeur. Voici quelques données sur les tubes de cette espèce et de fabrication courante :

DIAMÈTRE extérieur.	ÉPAISSEUR.	POIDS approximatif du mètre.	PRIX du mètre en juin 1878.
25 mm.	2 mm.	1,150 kil.	2.95 fr.
50 »	2 ⅓ »	2,900 »	4.85 »
75 »	3 ⅛ »	6,150 »	8.15 »
100 »	3 ⅔ »	8,650 »	13.55 »
125 »	4 ¼ »	12,550 »	19.90 »
150 »	4 ½ »	16,100 »	28.55 »
175 »	6 »	25,350 »	43.35 »
200 »	7 »	33,150 »	57.10 »
225 »	7 ⅛ »	40,000 »	71.35 »
250 »	8 »	47,450 »	86.70 »

Dans ce qui précède, nous avons passé en revue tous les *exposants français* de la deuxième section (fer, fonte et acier) de la classe 43 qui ont reçu une récompense élevée; six ont obtenu des grandes médailles; ce sont :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Société de Terre-Noire;

La Société Schneider et C^ie^;

La Société des forges et aciéries de la marine, Saint-Chamond;

MM. Marrel, frères;

M. A. Durenne;

MM. Jacob Holtzer et C^ie^.

Quatre étaient hors concours, savoir :

La Société de Denain et Anzin;

La Société de l'éclairage au gaz, hauts fourneaux, etc., de Marseille;

La Compagnie des fonderies, etc., de Saint-Étienne;

MM. Boutmy et C^ie^.

Tous les autres ont obtenu la médaille d'or.

Dans ce qui va suivre, nous ne rencontrerons donc que des exposants qui ont reçu des médailles d'argent, de bronze ou des mentions honorables ou même qui n'ont été compris dans aucune catégorie de récompenses; il en restera un certain nombre que nous passerons sous silence, parce qu'ils ne présentaient rien de particulier ou parce que nous n'avons obtenu sur leurs établissements aucun renseignement quelque peu intéressant.

Hauts fourneaux et fonderies de Sermaize-sur-Saulx. Denonvilliers et fils.

Très-belle et importante exposition, bien installée, d'objets moulés, fontes d'art, statues, fontes de bâtiment, de mécanique; colonnes et pièces pour charpentes en fer ; tuyaux, objets à jour, croix, balcons, ornements.

Toutes les fontes et les fers sont au coke.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On remarquait une grande statue en fer pesant 2,500 kil., et dont l'épaisseur de la fonte était de 10 à 12 millimètres.

Les grandes pièces étaient en première fusion, et les petites en seconde fusion.

Cette Compagnie possède une usine à Sermaize-sur-Saulx, composée de deux hauts fourneaux au coke, de fonderies, de deux cubilots, etc. Une autre usine, la fonderie d'Osne-le-Val, comprend deux cubilots.

Les minerais que l'on traite proviennent des minières ouvertes sur le territoire de la commune de Cheminon (Marne); ils sont oolithiques, à gangue alumineuse ; la couche en exploitation a de 0^m30 à 0^m40 de puissance, et se trouve à la profondeur de 8 à 10 mètres sous le sol.

Voici la composition moyenne du minerai :

Perte au feu	16,10
Silice	12,40
Alumine	11,85
Peroxyde de fer	58,20
Chaux	1,10
Magnésie	0,20
Acide sulfurique	Traces sensibles.
	99,85

L'usine de Sermaize produit la fonte que l'on applique aux moulages de 1re et de 2me fusion ; elle a été fondée en 1841, et n'a eu, jusqu'en 1872, qu'un seul haut fourneau de 2^m60 de diamètre au ventre et 14 mètres de hauteur, desservi par un appareil à air chaud Wasseralfingen, chauffant le vent à 350°, et pourvu d'un *cup-and-cone* avec prise de gaz circulaire ; ce fourneau ne produit par 24 heures, que 4 à 5 tonnes de fonte grise. Un deuxième haut fourneau a été construit en 1872 ; on lui a donné un diamètre de 3^m20 au ventre et 14 mètres de hauteur; il est à tour ronde supportée par trois colonnes en fonte,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et pourvu également d'un *cup-and-cone;* sa production par 24 heures est de 8 tonnes de fonte grise : air chauffé à 400°, au moyen de l'appareil à tuyaux verticaux et cloisonnés, dits à pistolets, présentant une surface de chauffe de 150 mètres carrés.

On est arrivé à utiliser des minerais gypseux de la localité, dont on ne faisait pas usage autrefois ; avec ces minerais et des lits de fusion particuliers, on obtient de la fonte exempte de soufre, qui est fluide et tenace ; la moyenne d'un grand nombre d'analyses donne pour cette fonte une teneur de 4,05 de carbone graphitoïde, 2,25 de silicium, pas de soufre, et des traces sensibles de phosphore.

Les déchets, ou laitiers, coulés en pavés volumineux, sont très-durs et servent à l'entretien des routes ; leur composition moyenne a été trouvée de :

Silice	33
Alumine	22
Chaux	43
Magnésie	2

La production en 1876-77 à l'usine de Sermaize, a été de 2,850 tonnes de fontes moulées, converties principalement : en tuyaux de descente unis, de 0^m041 à 0^m324 de diamètre avec tous les raccords, droits et coudés ; en tuyaux ornés, tuyaux ovalés, gargouilles de trottoirs, etc., colonnes, pièces de charpente et de grosse construction ; en statues religieuses et autres fontes d'art. C'est de cette usine que sont sortis trois groupes en fonte, qui décoraient la cascade du Trocadéro :

1° *Le Bœuf,* modèle de Caïn, de 3^m25 de hauteur, pesant 6,700 kilog. dont 4,300 pour l'animal lui-même, fondu d'une seule pièce, sans que les cornes, ni la queue soient rapportées ;

2° *L'Amérique du Sud,* modèle d'Aimé Millet, statue assise,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 2m25 de hauteur, pesant 2,170 kil., également fondue d'une seule pièce;

3° *L'Asie*, modèle de Falguières, coulée d'une seule pièce, de 2,890 kil. de poids.

L'usine d'Osne-le-Val fabrique spécialement les moulages d'ornements en deuxième fusion; elle a été fondée en 1857; en 1876-1877 on y a produit 950 tonnes de fontes moulées, consistant pour la plus grande partie en ornements courants de bâtiments, tels que balcons, garnitures de rampes, ornements de grilles, croix de cimetières, etc.

En résumé, bonne exposition, tous objets bien finis et à remarquer au point de vue de la qualité, de la matière première et du cachet artistique.

Société métallurgique du Périgord. — Hauts fourneaux et fonderie de Fumel.

Cette Société avait envoyé des fontes brutes et ouvrées. Elle fabrique des coussinets, des plaques tournantes, des changements de voies, des projectiles, des fontes ornées, des tuyaux, etc.

Elle a repris en 1874 les usines de Fumel qui ont été créées il y a trente ans par la Compagnie du Grand-Central sur la rivière du Lot; elle possède deux hauts fourneaux de grandes dimensions, dont un seulement était en marche en 1878; une halle de fonderie et un atelier de tuyauterie; elle produit des fontes de moulage très-estimées.

Les minerais qu'elle traite viennent du Périgord et de l'étranger; elle consomme 1,125 kil. de coke par tonne de fonte de moulage.

Outre les divers spécimens de fontes et de moulages, la So-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ciété avait exposé des arbres en fonte tournés, coulés en première fusion et qui étaient très-beaux.

Pour ce qui concerne la qualité de sa fonte destinée à la confection des projectiles, la Société a produit l'extrait suivant d'un procès-verbal dressé en 1877 par la commission de l'artillerie de la marine qui a eu à faire divers essais :

« Nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à étudier les fontes de Fumel comparativement avec la fonte écossaise Glengarnok. Il a été fait deux mélanges : 35 p. c. de vieux projectiles, 35 p. c. de jets, 5 p. c. alélick; on a complété d'une part avec 25 p. c. de fonte de Fumel, d'autre part avec 25 p. c. de fonte écossaise.

» En comparant le produit des deux mélanges, on trouve que le résultat au choc a été, comme moyenne, pour la fonte de Fumel de $31^{cm}5$, et pour la fonte écossaise, de $27^{cm}5$.

» De toutes les expériences qui ont été faites sur la fonte de Fumel, on peut conclure qu'elle est très-dosante, qu'elle a une flexibilité très-grande et serait très-utilement employée pour la fabrication des projectiles où l'on emploie généralement des fontes avancées. »

L'exposition de cette Société comprenait encore des tuyaux en fonte, des fils de fer ordinaires et galvanisés, produits de la fabrique de la Société des forges de Larivière qui, paraît-il, travaille en grande partie des fontes de la Société du Périgord qu'elle mélange avec des fontes au bois des Landes; ces tuyaux et fils étaient fort-beaux; l'affinage est opéré au bois, les fils sont faits à la houille.

On voyait des fils de fer très-fins, mêmes galvanisés; il y avait aussi une perruque en fil de fer qui attirait l'attention et donnait bien la mesure de la bonne qualité du fer qui avait été employé.

Enfin, nous signalerons encore comme une curiosité, les poteries exposées par cette Société qui sont obtenues avec les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boues résultant du lavage des minerais de fer employés à Fumel ; avec ces boues, on façonne des vases de formes diverses, on les chauffe très-fort dans un petit four et l'on a ainsi une sorte de poterie de couleur rougeâtre, très-solide et d'un aspect assez flatteur.

Société des hauts fourneaux de Labouheyre, à Bordeaux (Gironde).

Cette Société possède deux hauts fourneaux donnant de la fonte au bois. Les échantillons de gueuses et de pièces moulées qui étaient exposés, témoignaient de la parfaite qualité de la fonte.

On traite les minerais d'Espagne (Bilbao) et des Landes, qui sont de toute première qualité.

Les hauts fourneaux ont été érigés en 1864 pour produire des fontes de moulage première et deuxième fusion et de la fonte malléable à canons, exclusivement au bois.

Le combustible employé est le sapin carbonisé dont on recueille la résine que l'on distille pour obtenir de la colophane.

La production annuelle s'élève à 6,000 tonnes de fontes excellentes pour objets moulés, statues, canons, blindages de navires, essieux, moulages trempés et pièces mécaniques résistantes.

Avec des minerais de première qualité et du charbon de bois, on ne peut naturellement faire que de la très-bonne fonte pour certains usages ; aussi les produits de cette Compagnie sont très-recherchés pour l'artillerie et paraissent être considérés comme les meilleures pour canons de France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société métallurgique de l'Ariége.

Cette Société possède un haut fourneau à Tarascon, un à Berdoulet et un à Saint-Antoine; des forges à Pamiers et une aciérie dite de Saint-Pierre.

Des 3 hauts fourneaux, 2 sont en marche et sont alimentés au coke.

Les minerais proviennent de la belle mine de Rancié (vallée de Vicdessos) et de Puymorens; celui de Rancié est le plus souvent une hématite brune; le gîte se compose d'une série de petits amas alignés à la suite les uns des autres et formant une sorte de chapelet; la puissance de ces amas varie de 3 à 8 mètres ordinairement; l'épaisseur moyenne est de $5^{m}50$. La roche encaissante est le calcaire.

Le minerai se compose d'hématite brune, compacte, cristalline, de carbonate décomposé et transformé en fer oxydé rouge, de gangue quartzeuse ferrugineuse et d'autres mélanges de minerais avec du schiste, du calcaire, etc. La masse minérale est principalement de l'hématite brune à gangue siliceuse.

Le rendement en fer est de 46 p. c., avec une moyenne de 4 p. c. de manganèse inégalement réparti.

Les minerais de Puymorens, d'origine sédimentaire, alternant avec des couches minces de micaschistes, reposent sur le granit primitif; ils sont magnétiques; aux affleurements des dépôts, on trouve quelquefois du minerai blanc décomposé.

Voici une analyse de ce minerai :

Protoxyde et peroxyde de fer	81,2
Oxyde de manganèse	2,3
Silice	7,3
Alumine	1,4
Chaux	0,5
Perte à la calcination	7,1

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement en fer est de 56 p. c. avec 4 p. c. de manganèse inégalement réparti; il n'y a ni soufre ni phosphore.

Ces minerais sont de bonne qualité; aussi obtient-on de leur traitement des fontes excellentes, remarquables, donnant des fers puddlés, des aciers puddlés fort bons; on voyait à l'Exposition des échantillons de fer pliés à froid qui ne laissaient pas apercevoir la moindre trace d'altération.

Les fourneaux donnent 40 à 50 tonnes de fonte par jour; par tonne de fonte d'affinage, on consomme en moyenne 1,080 kil. de coke avec de l'air chaud à 320°, et 458 kil. de castine.

Bien que les fontes soient au coke et les fers obtenus à la houille, les produits sont très-bons, grâce à une excellente marche du travail et surtout à la qualité des minerais.

Avec ces fontes, on obtient des fers et des aciers puddlés qui se placent au prix de 300 francs la tonne en moyenne; les fontes sont vendues de 115 à 120 francs la tonne.

La production en fers et en aciers puddlés varie de 12 à 14,000 tonnes, dont 400,000 kil. environ d'acier fondu et cémenté.

La Société fabrique des bandages et des essieux qui sont beaucoup demandés par l'artillerie; aux essais, il a fallu 154 coups à toute volée pour obtenir la rupture des essieux. Elle livre aussi au commerce des fers à roues de diverses sections, des ressorts pour carrosserie de toutes formes et dimensions, des aciers fondus pour fraises et matrices, etc., etc.

Gourju (A.), à Bonpertuis, commune d'Apprieu (Isère).

Cette Société a en activité à Brignoud, un haut fourneau au bois et au coke, et elle possède des forges et aciéries à Bonpertuis.

Les minerais que l'on traite sont des minerais spathiques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

excellents venant des gîtes d'Alleward; en voici quelques analyses :

Minerais d'Alleward.

	RIVE.	RIVE BLANC.	MAILLAT.	MINE DOUCE.
Protoxyde de fer . .	52,00	48,15	42,80	79,60
Oxyde de manganèse .	2,50	3,02	»	3,50
Silice	»	4,85	»	4,80
Chaux	»	2,50	»	»
Magnésie	5,50	0,57	15,40	1,00
Soufre	»	0,16	»	»
Perte par calcination .	40,00	40,49	41,80	11,1

Le gisement d'Alleward est puissant et se présente en filons dans des schistes talqueux; grillés, ces minerais contiennent en moyenne 45 p. c. de fer.

Le puddlage se fait au gaz; on a abandonné l'affinage au bois. On emploie un four à puddler dont la voûte est traversée par un arbre vertical portant à son sommet extérieur un pignon qui reçoit le mouvement d'un engrenage, et à l'autre bout, dans le four même, des palettes qui, en tournant avec l'arbre, remuent le bain; lorsque l'on juge le moment opportun, on soulève les palettes, on fait les boules que l'on cingle au pilon.

Il y a 5 fours à puddler à la houille.

Cette Société fabrique aussi du bon acier au four Siemens-Martin, et de l'acier naturel fondu au bas foyer, formé d'acier puddlé et d'acier cémenté que l'on casse en morceaux et que l'on passe au creuset.

La Société avait exposé de belles fontes, des aciers en barres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

purs et à grain très-distingué, des ressorts, des bandages, des outils, des faux, des versoirs de charrue et des aciers spéciaux pour coutellerie, taillanderie, etc.

C'est M. Gourju qui, le premier, a fait des blindages en France; mais il n'a pas réussi dans cette fabrication.

Société de Vezin-Aulnoye, à Maubeuge (Nord).

Exposition de fers de toutes formes, principalement des poutrelles, des cornières, des rails, des fers à T et en U, etc.; tous ces produits étaient bien travaillés.

C'est une Société importante, fondée en 1858, et possédant quatre usines, dont deux, à Aulnoye et à Maxeville, traitent les minerais de fer aux hauts fourneaux au coke.

Deux des hauts fourneaux de Maxeville et un d'Aulnoye étaient en activité en 1878 et produisaient ensemble annuellement 58 à 60,000 tonnes de fonte.

Les minerais traités proviennent partie de Meurthe-et-Moselle et de la Haute-Marne, partie d'Espagne, d'Algérie et du grand-duché de Luxembourg; on a traité aussi des oligistes de Belgique. Généralement, on introduit dans le mélange 35 à 40 p. c. de minerais d'Espagne ou d'Algérie.

Les forges et laminoirs du Tilleul à Maubeuge et de Saint-Marcel à Hautmont produisent actuellement par an 36 mille tonnes de rails, de fers marchands et de fers spéciaux.

Les spécimens exposés étaient beaux, et, en tenant compte des minerais traités, on ne trouvait pas mieux dans les autres usines qui disposent de matières premières analogues; ils ne présentaient cependant rien de particulier à noter.

Seulement, la Société avait attiré l'attention sur les profils de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poutrelles double T à larges ailes, dont l'âme est à faible épaisseur et les ailes renforcées, le tout dans la mesure que comporte un bon laminage. La grande largeur des ailes est avantageuse dans l'emploi pour constructions; la Société dit que ses poutrelles présentent, à poids égal, un moment de résistance supérieur à celui d'autres profils offrant plus d'épaisseur à l'âme.

On voyait encore une série complète de types de cornières bien fabriquées, à arêtes vives et nettes, au lieu d'un chanfrein, et qui dénotaient un matériel soigné et en parfait état.

Société anonyme des hauts fourneaux de Maubeuge. à Maubeuge (Nord).

Société importante, fondée en 1837, produisant des fontes, des fers marchands et spéciaux, des tôles et des fontes moulées.

Elle possède deux hauts fourneaux au coke, de grande dimension, donnant chacun de 75 à 80 tonnes de fonte par jour, qui ont été érigés récemment en remplacement de quatre hauts fourneaux d'une puissance de production de 25 à 30 tonnes. La Société a monté sa fabrication de fonte sur une grande échelle; elle a voulu marcher avec le progrès et elle n'a pas reculé devant la dépense; il y a trente ans, ses hauts fourneaux ne donnaient que 12 à 15 tonnes de fonte par 24 heures; par suite de modifications, on est arrivé à 30 ou 35 tonnes, et enfin aujourd'hui, on a atteint 75 à 80 tonnes par jour, avec un mélange de minerais d'une teneur moyenne de 35 p. c.

Les minerais que l'on traite sont généralement des oolithes de Longwy, des hydrates jaunes et des oligistes.

Les fonderies sont desservies par quatre fourneaux à la Wilkinson. Il y a des laminoirs à fer, à tôles et à rails, et 62 fours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à puddler et à chauffer; enfin, des ateliers d'ajustage et de construction.

L'exposition de cette Société ne présentait rien de particulier; ses fontes, ses fers, etc., étaient beaux et bien finis.

Nous donnerons un tableau d'essais à la traction faits sur les fers double T, ronds et cornières fournis par la Société pour les bâtiments de l'Exposition universelle et extraits des registres des ingénieurs chargés des réceptions :

ÉCHANTILLONS.	ESSAIS EN LONG.	
	RUPTURES.	ALLONGEMENTS.
	kil.	p. c.
Fer **I** de 235 × 100	39,2 et 39,8	10,0 et 8,1
Fers **I** de 220	36,4 et 37,04	4,4 et 4,0
	40,8 et 37,05	11,0 et 5,8
Fer **I** de 235 × 100	39,8 et 42,4	15,5 et 16,5
Fers ronds de 45, de 40, de 58	34,9—35,4—35,9	16—16—17,5
Fer **I** de 220	40,0 et 41,3	6,5 et 13,5
Fer **I** de 235	39,2 et 42,5	13,5 et 18,0
Fer **I** de 175	37,9 et 34,6	10,0 et 5,2
Fer **I** de 220	39,0 et 39,6	10,5 et 12,0
Fer **I** de 175	40,6 et 36,4	11,0 et 8,6
Fer **I** de 220	40,4 et 39,5	13,5 et 6,3
Cornière de 80 × 80 × 10	36,8 et 37,8	16,3 et 10,2
Fer **I** de 175	41,7 et 38,9	13,3 et 9,6
Fer **I** de 280	36,1 et 43,0	6,3 et 9,5
Fer **I** de 175	43,6 et 42,6	15,0 et 12,0
Fer **I** de 280	41,4 et 42,5	9,6 et 12,6
Id.	36,4 et 35,0	8,7 et 12,8
Id.	35,2	6,5

La résistance exigée par le cahier des charges était de 30 kil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par millimètre carré, les essais ci-dessus ont donné une moyenne d'environ 40 kil.

Société métallurgique de Gorcy et Mont-Saint-Martin, à Gorcy, commune de Cosnes (Meurthe-et-Moselle).

Cette Société avait exposé des fontes de moulage et d'affinage, des fers, feuillards, matériel de chemin de fer, fils de fer, pointes, clous, boulons, chaînes, etc.

Elle possède deux usines :

1° L'usine de Gorcy, créée en 1834 par M. J. Labbé, qui est alimentée par le minerai oolithique des côtes avoisinantes, en mélange avec les minerais de fer fort d'Audun et d'Aumetz et autres de qualité. Elle avait été créée d'abord avec trois hauts fourneaux pour le travail au charbon de bois qu'elle exploitait dans les forêts de la localité; mais plus tard, les voies ferrées ayant permis un approvisionnement facile de charbon minéral, on fit usage de coke. Actuellement, les hauts fourneaux de cette usine produisent des fontes grises et des fontes d'affinage; les grises alimentent la fonderie dans laquelle sont coulées notamment des plaques tournantes de chemins de fer; les fontes d'affinage sont presque toutes consommées dans la forge, et l'on en tire du fer à fin grain très-résistant.

2° L'usine de Mont-Saint-Martin qui traite des minettes oolithiques de la localité (Longwy); comme fondant, on emploie des minettes du grand-duché de Luxembourg. Toute la fonte produite est livrée au commerce.

Cette usine de Saint-Martin, créée aussi par M. J. Labbé, en 1863, a mis son premier haut fourneau à feu en 1865; comme elle est voisine d'une montagne qui recèle le minerai, ce dernier arrive directement au moyen d'un pont, de la mine au gueulard des hauts fourneaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme il vient d'être dit, les minerais que l'on traite dans ces usines, sont les hydrates oolithiques que l'on exploite sur une vaste échelle dans la Moselle et la Meurthe; ils donnent diverses qualités, notamment celles dites minerais bruns, rouges, gris, qui sont à gangue siliceuse ou calcareuse et qui sont les plus employées dans les hauts fourneaux de la Société. On a déjà donné beaucoup d'analyses de minerais oolithiques de ces contrées; en voici encore cinq qui, pensons-nous, n'ont pas encore été publiées et qui ont été faites dans le laboratoire de la Société de l'Espérance, à Seraing. (Ce sont des moyennes de beaucoup d'analyses.)

	SILICE.	FER.	ALUMINE.	CHAUX.	PHOSPHORE.
	p. c.	p. c.	p. c.	p. c.	p. c.
Rouges Kayl. . .	10,25	34,00	3,75	15,00	0,71
Grise Ottange . .	8,14	33,58	3,30	16,54	1,17
Rouges Ottange . .	7,04	36,67	3,65	14,37	0,73
Rouges Esch. . .	11,40	38,40	4,35	8,65	0,84
Rouges Differdange.	13,93	35,41	3,93	11,97	0,78

Les deux usines de M. Labbé comprennent : 5 hauts fourneaux avec 14 appareils à air chaud, Cowper-Siemens; 24 fours à puddler; 2 feux d'affinerie; 4 fours à réchauffer; 6 trains de laminoirs; 3 cubilots de fonderie, etc.

La production annuelle s'élève à 66,000 tonnes de fontes d'affinage et de moulage et 17,000 tonnes de fers laminés et ouvrés dont 3,000 tonnes de tréfilés, 26,000 tonnes de petit matériel de chemins de fer, 5,000 tonnes de chaînes, 2,000 tonnes de moulages.

Tous les objets exposés par la Société, bien que ne présentant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rien de particulier à signaler, annonçaient une fabrication bonne et soignée, eu égard à la qualité des minerais traités.

Ce sont les hauts fourneaux de Gorcy et de Mont-Saint-Martin qui, les premiers, ont employé les minettes du bassin de Longwy pour la fabrication des fontes au coke. Avant la construction du chemin de fer, l'usine de Gorcy était la seule en activité dans les environs de Longwy, et les hauts fourneaux de Mont-Saint-Martin sont les premiers que l'on ait construits dans le canton de Mont-Saint-Martin.

Société des forges de Champagne, à Saint-Dizier (Haute-Marne).

Exposait des minerais de fer, des fontes, des fers bruts et laminés, des essieux, des fils de fer, etc.

Cette Société, constituée sous la forme actuelle depuis 1876, comprend trois établissements : les usines Marnaval, Rachecourt et Donjeux; elle exploite, en outre, le haut fourneau au bois de Vassy qu'elle a pris en location; ces usines sont les plus considérables de la Haute-Marne.

L'usine de Marnaval se compose de 2 hauts fourneaux au coke avec appareils à air chaud, 12 fours à puddler simples et 8 doubles, 8 fours à réchauffer, 8 trains divers dont 1 à trois cylindres.

Les hauts fourneaux produisent par jour environ 25 tonnes de fonte manganésée de 6 à 10 p. c. de manganèse.

L'usine de Rachecourt comprend un haut fourneau à air chaud qui est arrêté depuis 1877 et qui ne sera plus remis à feu, 10 fours à puddler, 6 fours à réchauffer, 5 trains de laminoirs, marteaux, une tréfilerie, etc.

Enfin, à Donjeux, on fabrique spécialement des feuillards;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il s'y trouve un train feuillard, deux fours à réchauffer, etc.

Les minerais que l'on traite dans ces usines sont des hydrates granulaires et en roches, provenant :

A. De Vaux-le-Moncelot (Haute-Saône) ;
B. De Gy (Haute-Saône) ;
C. De Grachaux (Haute-Saône) ;
D. De Blaise-Vassy (Haute-Marne) ;
E. De Bettancourt (Marne) ;
F. D'Ancerville (Marne).

Voici les analyses de ces divers types de minerais :

	A.	B.	C.	D.	E.	F.
Perte au feu	12,00 %	13,90	13,90	15,50	13,50	30,95
Silice.	4,60	8,80	6,55	9,50	12,93	3,80
Alumine	7,10	9,50	6,45	10,70	9,06	5,70
Chaux	traces	7,10	traces	0,92	0,50	7,60
Oxyde de fer	75,00	48,20	40,00	62,95	64,53	52,05
Oxyde de manganèse.	2,60	13,60	32,60	—	—	—
Totaux.	101,30	101,10	99,50	99,57	100,52	100,10
Fer.	52,50	33,80	27,50	44,00	45,20	36,45
Manganèse.	1,80	9,80	23,70	—	—	—

La production annuelle des usines est de 35 à 40,000 tonnes de fontes et de fers dont voici les principales catégories :

Fers marchands, fers spéciaux pour tréfilage, ronds à tréfiler en fer et en acier, pour les pointes et la clouterie la plus fine, pour fils télégraphiques, fils à ressorts, etc. ;

Feuillards depuis 5/10 de millimètre d'épaisseur et depuis 7 jusqu'à 300 millimètres de largeur sur des longueurs de 10 à 30 mètres et plus, au besoin ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fers de qualités supérieures pour câbles de marine, pour l'artillerie, la serrurerie, la carrosserie, etc.; obtenus avec des fontes au bois et des fontes manganésées:

Et spécialement, des fers à T, cornières, et autres, des fers à profils variables, à boulons, des essieux laminés, etc.

Les feuillards fabriqués par des procédés particuliers sont d'une parfaite régularité et de grandes dimensions.

Les fers à T, cornières et autres, sont obtenus au moyen du laminage par 5 cylindres sans cannelures en une seule cage, épaisseurs depuis 12/10 de millimètre et, sur toutes largeurs, jusqu'à 200 millimètres.

Les fers à boulons carrés et ronds, livrés tout préparés, permettent de supprimer l'estampage de la partie ronde du boulon, d'où, économie de main-d'œuvre, de combustible, de déchet de fer et d'outillage; qualité meilleure, la partie à fileter n'étant pas altérée par le feu; de plus, élégance et régularité du boulon.

Enfin, les essieux corroyés laminés en grandes barres de plusieurs essieux, 5, 6, 8, 10, si l'on veut, coupés à chaud puis étampés au laminoir, coûtent moins cher et sont souvent meilleurs que les essieux martelés.

Parmi les nombreuses pièces qui étaient exposées, on remarquait:

Des fers à section décroissante qui étaient fort beaux, des morceaux de chaînes essayées par la marine, dont une avec rond de 72 millimètres tirée à 165,000 kil., une avec rond de 59 tirée à 89,000 kil., et une aussi de 59 millimètres tirée à outrance et cassé sous la charge de 147,000 kil.;

Deux barreaux de 59 millimètres, résistance 34 kil., par millimètre, allongement de 185 millimètres par mètre carré;

Une pièce de fil clair n° 6 pesant 53 kil. et de 8,830 mètres de longueur;

Deux pièces dites *machine,* en fer à grain fin, laminées en une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seule longueur, de 560 et 440 mètres respectivement et pesant 145 et 115 kil.

Des bottes de feuillards enroulés depuis 11 jusqu'à 40 millimètres de largeur, 6/10 de millimètre jusqu'à 1 millimètre d'épaisseur et 45 à 271 millimètres de longueur; d'autres bottes de feuillards depuis 11 jusqu'à 200 millimètres de largeur 5/10 jusqu'à 20/10 de millimètre d'épaisseur et 15 à 124 millimètres de longueur;

Des fers à T dont une pièce 14/14 de 14/10 d'épaisseur, 42 mètres de longueur et pesant 18 kil.; une autre 18/17 de 9/10 d'épaisseur, 39 mètres de longueur et pesant 22 kil.; et une 15/15 de 13/10 d'épaisseur, 32 mètres de longueur et pesant 15 kil.;

Une pièce machine à grain fin du poids de 95 kil. en n° 25;

Une pièce, carré de 5 millimètres du poids de 60 kil.;

Une pièce, carré de 6 millimètres du poids de 60 kil.; ces trois dernières pièces avaient été laminées en une seule longueur.

Une pièce feuillard de 252 millimètres de largeur sur 22/10 d'épaisseur, $11^{m}50$ de longueur et pesant $54^{k}50$.

Voici enfin un tableau donnant la moyenne des épreuves sur les diverses qualités de fers de la Société:

QUALITÉS.	CHARGE DE RUPTURE PAR MM^{2}.	ALLONGEMENT AU MOMENT DE LA RUPTURE.
	kil.	p. c.
Fer au coke, n° 2.	36,7	6,7
» mixte, n° 3	39,8	8,1
» au bois, ordinaire n° 4.	40,2	10,5
» au bois, supérieur n° 5.	40,1	13,2
» corroyé, bois pur	39,2	22,0
» à grain fin, ordinaire n° 6	40,3	18,0
» à grain fin, supérieur n° 8.	40,4	22,0
» corroyé supérieur	42,5	25,0

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les types essayés étaient des plats, ronds, carrés, profilés ; la longueur tirée était de 0m20.

Société métallurgique de la Haute-Moselle, à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).

Cette Société de fondation récente (elle a été constituée en août 1872), avait exposé des minerais de fer et des fontes grises de tous numéros.

Elle traite des minerais oolithiques qu'elle exploite dans la concession du Val-de-Fer, où se trouve une formation qui se présente comme suit, de haut en bas :

1° Une couche supérieure de 1 mètre d'épaisseur, contenant des minerais de 30 p. c. de fer, trop pauvres pour être employés avec avantage ;

2° Un banc de 1m30 de marnes verdâtres complétement stériles ;

3° Une couche, dite moyenne, d'une épaisseur de 2m10 comprenant : *a*) un banc de 0,20 de minerai marneux non exploité ; *b*) un banc de 0m40 de minerai marneux contenant 36 p. c. de fer ; *c*) un banc de 0m70 de minerai calcaire contenant 38 p. c. de fer ; *d*) un banc de 0m70 de minerai alumino-calcaire riche tenant 41 p. c. de fer. Les bancs *b*, *c*, *d*, sont seuls exploités et donnent tout le minerai que l'on passe au fourneau ;

4° Un banc très-doux de marnes bleues calcaires de 1 mètre d'épaisseur ;

5° Une couche dite inférieure de 2m20 de puissance composée de minerais marneux riches plus ou moins calcaires.

Voici une analyse moyenne du minerai qui est traité tel qu'il sort de la mine sans triage :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Humidité à 100°	4,50
Perte au feu	16,18
Silice	11,94
Oxyde de fer	49,08
Alumine	9,56
Chaux	8,52
Magnésie	0,17
	99,95

Le rendement au fourneau varie entre 33 et 35 p. c.

Depuis juillet 1877, il y a un haut fourneau qui marche au coke non lavé ; mais les machines, monte-charges et l'aménagement sont établis en prévision de l'érection d'un 2^{me} fourneau.

Le haut fourneau a 19 mètres de hauteur, 6 mètres de diamètre au ventre, 2 mètres de diamètre aux tuyères et 335 mètres cubes de capacité ; il est à poitrine fermée avec tuyères, système Lurmann, pour la sortie des laitiers.

L'appareil de chargement au gueulard est du système *Cup-and-cone* amélioré par l'usine du Creusot.

Le vent est lancé dans le fourneau par 5 tuyères ; il est chauffé à 7 ou 800 degrés centigrades par 3 appareils du système Siemens-Cowper de 6^{m}40 de diamètre et 17 mètres de hauteur.

Les gaz du fourneau suffisent largement à produire la vapeur nécessaire aux machines et au chauffage des appareils Siemens-Cowper ; l'excédant permettrait de produire assez de vapeur pour alimenter une machine de cent chevaux.

Toutes les machines accessoires de l'usine, celles destinées à monter les charges au sommet du fourneau, à manœuvrer la fermeture du gueulard, sont activées par de l'eau comprimée à 60 kil. par centimètre carré.

Le monte-charges se compose de deux cylindres en fonte dans chacun desquels se meut un piston, à tige en fer, actionné par de l'eau sous pression. Les deux extrémités des tiges sont solidement fixées aux deux bouts d'une chaîne de Galle, enroulée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur un barbotin ou pignon en acier. L'arbre sur lequel est calé ce pignon, porte une grande roue à deux gorges sur lesquelles s'enroulent, en sens inverse, les deux câbles plats, à l'extrémité desquels sont fixées les cages destinées à recevoir les wagons.

Cet appareil paraît plus simple que celui à moufflettes d'Armstrong.

Pendant les mois d'avril, mai et juin 1878, le fourneau a marché sur le pied d'une production par 24 heures de 58 à 60 tonnes de fonte grise à grain pour deuxième fusion. La consommation de coke par tonne de fonte grise pour deuxième fusion nos 1, 2, 3 et 4, ne dépasse pas 1,275 kil., déchet du parc compris.

Pour une production de 58 à 60 tonnes de fonte par jour, la consommation annuelle serait de 26,000 tonnes de coke, 60,000 tonnes de minerais et 9,000 tonnes de castine.

Les échantillons de fonte exposés par cette société, étaient fort-beaux comme fonte douce; des gueuses avaient été cassées perpendiculairement à leur longueur, et la face de la cassure avait été taillée au burin et à la lime pour donner une idée de la grande douceur de la matière; les dessins et ciselures étaient variés, très-nets et bien réussis; c'était les seuls échantillons de fonte qui fussent présentés sous cette forme ciselée à l'Exposition.

Jamin (P.) et Cie, à Eurville (Haute-Marne).

Cette Compagnie fabrique de la fonte, des fers bruts, laminés, des fils de fer, des clous, etc.

Elle possède quatre hauts fourneaux à son usine d'Eurville et deux à Thonnance; 20 fours à puddler, 4 laminoirs, 6 fours à réchauffer, 64 bobines de tréfilerie, 1 four à recuire au gaz et 42 métiers à clous à la clouterie de Saint-Dizier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout se fait à la houille.

Le minerai que l'on traite aux hauts fourneaux vient des minières d'Eurville, Morancourt, de Pont-Saint-Vincent (Meurthe); celui d'Eurville est en grains très-fins, à gangue argilo-ferrugineuse et d'une exploitation économique; il contient :

Peroxyde de fer	61,55 p. c.
Silice	14,10
Alumine	9,60
Acide phosphorique	0,33
Perte à la calcination	14,15

Celui de Mozancourt appelé dans le pays mine demi-roche, est en plaquettes, meilleur que les précédents et moins phosphoreux.

La Compagnie avait exposé entre autres des clous, des pointes, des fils de fer télégraphiques en rouleaux, dont un de 4,913 mètres de longueur d'une seule pièce; des fils de fer à grains; des fers pour fabrication de clous à froid.

C'est, paraît-il, la maison qui produit en France la plus grande quantité de verge ronde en botte circulaire dite *machine*.

La fabrication est de bonne facture, mais ne présente rien de bien particulier; on remarquait cependant *du fer à grain fin* obtenu par un procédé spécial, et qui consiste à faire usage des alcalis dans le traitement du fer; on emploie, par exemple, du carbonate de soude que l'on jette dans le four un peu avant que la fonte en fusion monte; on a ainsi beaucoup moins de scories, mais il paraît que cette opération ne réussit pas toujours.

D'après la Société, l'emploi du réactif facilite la formation de la structure à grain fin, permet d'employer pour arriver au fer de grain fin et doux, des fontes moins grises, d'un travail plus rapide; il réduit la teneur en silicium du produit final et forme des fers homogènes plus doux à carburation égale, augmente le rendement des fontes, ce qui couvre la dépense du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réactif; enfin, il donne la possibilité de produire des fers à grain doux et homogène avec des fontes communes.

La production annuelle de cette Compagnie serait de :

12 à	15,000	tonnes	de fer fini.
3 à	4,000	»	de fil de fer
5 à	600,000	kilog.	de clous.
2 à	3,000	tonnes	de chaines.

Trémeau (E.). — Forges de Bigny, à Bigny (Cher).

Cette usine est la seule du Berry où il y ait encore des hauts fourneaux au bois et à air froid; on avait exposé des minerais, des fontes diverses, des fers, des feuillards, des fils de fer, des pointes, le tout obtenu de fontes et de fers au bois. Il y avait aussi des fils de fer galvanisés et des fils de cuivre.

Belle et intéressante exposition; produits variés et soignés.

On traite à 38 p. c. de fer de rendement les minerais du Berry qui sont exploités par la Société; on y ajoute des minerais riches étrangers, venant de Mokta ou de Somorrostro; on emploie généralement 75 de minerais du Berry et 25 de minerais étrangers.

Il y a deux hauts fourneaux de 12 à 13 mètres de hauteur et 4 mètres de diamètre au grand ventre; ils donnent de 5 à 6 tonnes de fonte par 24 heures.

Avec les minerais du Berry seuls, on consomme $7^{m3}50$ de charbon de bois (220 kil. par 100 kil. de fonte grise et noire); lorsqu'on emploie 3/4 Berry et 1/4 étranger, on ne consomme que 6 mètres cubes de charbon de bois par tonne de fonte.

La production annuelle est de 1,800 à 2,000 tonnes de fonte, qui sont entièrement transformées en fer au bas foyer d'affinage ou feu comtois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fers martelés et cylindrés exposés, étaient des feuillards, des plats, des ronds et des carrés avec essais à chaud et à froid ; c'est, paraît-il, la Société qui produit les meilleurs fers pour la carrosserie parisienne ; les fers en barres, fers marchands, se vendaient en juillet 1878 de 48 à 50 fr.

On voyait aussi des fils de fer pour câbles, clairs, recuits, galvanisés, et des fils cuivrés et étamés; le fil pour câble est une spécialité de l'usine; on en avait exposé un rouleau de 11,666 mètres de longueur, pesant $17^{k}5$ et ayant $0^{m}0005$ de diamètre; la charge de rupture de cette pièce était de $76^{k}5$ par millimètre carré de section.

M. Trémeau livre actuellement des fils pour câbles, en pièces de 60 à 70 kil., dont les charges de rupture sont de 75 à 77 kil. par millimètre carré de section; ces fils étant formés de matière première très-bonne, sont durs, ne s'usent pas par frottement sur les poulies ou sur le sol; ils ne se limaillent pas. Il en résulte, dit le fabricant, qu'ils peuvent lutter avec les fils d'acier à 80 kil. de résistance par millimètre carré de section : ces derniers ont l'inconvénient de coûter 20 à 25 francs par 100 kil. plus cher, de ne pouvoir être livrés qu'en petites pièces de 8 à 15 kil. et surtout de manquer d'homogénéité. Malgré leur ténacité et leur dureté relative, ces fils de M. Trémeau peuvent être tréfilés à très-petits diamètres.

Une autre spécialité de la maison, est la fabrication des fils de fer à section variable pour confection des câbles à section décroissante; ces câbles peuvent donc être composés d'un bout à l'autre du même nombre de fils, ce qui, jusqu'à présent, n'avait pu être réalisé.

On avait exposé un câble de cette nature de 600 mètres de longueur et formé de 28 fils; le diamètre de chaque fil variait de 27 à 20 dixièmes de millimètre en passant par les diamètres intermédiaires de 24 et 22 dixièmes de millimètre; à chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

changement de section, on avait modifié le pas de l'hélice de telle sorte, que les hélices du fil dans les torons et les hélices du toron dans le câble, eussent toujours sensiblement la même inclinaison ; chaque fil peut donc ainsi travailler de la même façon dans toutes les parties du câble. Pour obtenir ce résultat, on a opéré avec des filières à double cône.

Il y avait encore une pièce de ces fils, ayant pour diamètres successifs, 27, 22, 18, 15 dixièmes de millimètre, et une autre pièce renflée par le milieu ayant 27 dixièmes de millimètre de diamètre, tandis que les deux extrémités avaient seulement 22 dixièmes.

Nous terminerons par le tableau fourni par M. Trémeau d'essais de fils en fer pour câbles :

FILS DE FER.	N°s.	Diamètre aux deux extrémités en 10^{mes} de mm.	Poids du mètre courant.	Poids de chaque pièce.	Longueur de chaque pièce.	Charge de rupture.	Résistance par mm^2 de section.	Allongement par mètre.	Pliages à l'étau.
			kil.	kil.	m.	kil.	kil.	m.	
Non recuit . .	16	27	0,437	69,0	1,578	445	77,797	0,002	4
	14	22	0,275	59,5	2,163	280	73,878	0,003	7 (1)
	12	18	0,197	49,5	2,512	195	76,771	0,002	4
	P	5	0,015	17,5	11,666	15	76,530	0,002	4
Galvanisé clair	18	34	0,720	73,5	1,020	620	68,357	0,025	3
	16	27	0,455	70,0	1,538	390	68,181	0,022	4
	14	22	0,302	61,5	2,036	240	63,324	0,020	4
Galvanisé recuit.	12	19	0,210	49,5	2,357	115	40,593	0,038	7

(1) Légèrement recuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Austruy fils, à la forge de Cuzorn (Lot-et-Garonne).

Exposition de minerais de fer, de fontes brutes pour affinage et pour fonderies, de fontes trempées, d'objets moulés, etc.

Cette usine marche au charbon de bois ; elle possède un haut fourneau et des affineries qui ont été établis en 1828.

On y traite des minerais oxydés plus ou moins siliceux qui se trouvent dans des terres argilo-sableuses recouvrant à Cuzorn et dans les environs, les calcaires crétacés et tertiaires ; le minerai à l'état concrétionné, se montre quelquefois en amas assez puissants ; on évalue à 6,000 tonnes par hectare, la quantité moyenne de minerais qui se présente dans cette localité.

Voici quelques analyses de ces mines de Cuzorn :

	MINERAI DOUX.		MINERAI dit Ceillavin	MINERAI MOYEN DEMI-DUR, LE PLUS ABONDANT.			
Silice	5,60	12,00	9,30	12,00	23,00	24,00	22,00
Alumine	0,60	3,00	3,00	4,00	4,00	2,00	3,00
Peroxyde de fer . .	79,00	71,60	75,60	76,00	64,60	68,60	67,00
Oxyde rouge de manganèse	4,60	3,60	»	traces.	0,60	0,20	0,80
Acide sulfurique . .	0,07	0,06	»	0,08	0,05	0,07	0,07
Acide phosphorique .	0,06	0,06	0,03	0,05	0,05	0,08	0,06
Perte par calcination .	10,00	9,60	12,00	7,60	7,60	5,00	7,00

Le haut fourneau a 12 mètres de hauteur, $2^{m}80$ de diamètre au ventre, $0^{m}60$ aux tuyères et $1^{m}80$ au gueulard ; la capacité est de 36 mètres cubes. Le centre du gueulard est occupé par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un gros tuyau abducteur des gaz; les matières sont chargées par l'ouverture annulaire résultant de cette disposition.

On travaille à air froid; il y a deux tuyères; la soufflerie est du système Farcot.

On consomme 1,250 kil. de charbon de bois par tonne de fonte blanche et 1,300 par tonne de fonte grise.

Le charbon de bois de pin coûte 65 à 70 francs la tonne; le minerai 8 francs et la castine 2.50 la tonne.

Voici ce que dit M. Austruy dans une notice qui a été distribuée :

« On obtient facilement, avec ce fourneau, des fontes de toutes nuances, depuis la plus grise, jusqu'à la plus blanche, sans autres variables que la nature et la proportion des minerais chargés.

» Les qualités spéciales des fontes obtenues avec ces éléments sont : une résistance extraordinaire et une très-grande facilité à tremper. Ce sont des fontes de moulage de premier choix. Elles conviennent aussi pour l'affinage; les nuances grises donnent d'excellent acier par le puddlage, et de très-bons fers par l'affinage au charbon de bois. Les blanches et les truitées produisent du fer puddlé de qualité supérieure.

» Un choix spécial de minerais permet d'obtenir des fontes blanches bonnes pour malléables.

» Voici une analyse de fonte grise faite en 1876, par M. Frémy; cette fonte est extrêmement résistante :

Carbone combiné.	1,90
Graphite	2,75
Silicium	0,75
Soufre	Traces
Manganèse	0,25

» Les échantillons exposés sont des types de ma fabrication courante. Ceux qui font ressortir les effets de la trempe, ont été

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtenus en coulant, sur des plaques, un mélange de mes fontes refondues au cubilot avec de la fonte anglaise Glengarnock n° 1.

» La profondeur de la trempe est sensiblement la même, que l'on coule sur des plaques de 25 ou de 70 millimètres. Elle varie, au contraire, très-rapidement avec la proportion de mes fontes; moins il y a de fonte anglaise, plus profonde est la trempe.

» 20 à 25 p. c. de fonte anglaise suffisent pour donner du gris avec mes fontes les plus blanches; et avec ma fonte truitée, il est inutile de dépasser 20 p. c.

» Tous ces mélanges donnent un produit très-résistant. »

La production mensuelle du fourneau varie de 100 à 120 t.

On pouvait facilement reconnaître que les produits de cette usine, fontes et objets moulés, étaient de très-bonne nature et d'excellente fabrication.

Bérard (A), à Paris,

Inventeur d'un procédé de purification de la fonte au gaz de houille et de transformation directe de la fonte en acier;

Emploie la fonte manganésifère des Pyrénées et aussi de la fonte ordinaire;

Traite dans un four disposé de telle manière, que le gaz produit par un four à gaz arrive avec de l'air sur le bain de fonte, de manière à oxyder (par l'air) et à augmenter la densité (par le gaz) suivant les proportions relatives de gaz et d'air. On obtient ainsi une haute température qui permet d'éliminer le phosphore au blanc éblouissant.

M. Bérard prétend que la haute température est produite par la combustion de la silice et du carbone; qu'après l'élimination du phosphore, le fer purifié se recarbure par le carbone

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du gaz et se transforme en acier dont la teneur en carbone est réglée à volonté par la durée de l'opération.

L'acier produit est coulé directement du four dans les lingotières.

Capitain-Geny et C^ie^, à Bussy (Haute-Marne).

Fontes moulées et ornées pour bâtiments, jardins, parcs, balcons, fumisterie, etc.; pièces mécaniques.

Cette Compagnie possède un haut fourneau qui marche au coke à air froid, en consommant le minerai peu phosphoreux de la Haute-Marne; la production est de 10 tonnes par jour, et on achète encore de la fonte pour deuxième fusion.

On fabrique par an 6,000 tonnes environ de pièces en fonte moulée; du matériel de chemin de fer, des tuyaux de toutes longueurs, des statues, etc.

Tout ce qui était exposé était de premier choix, bien travaillé et accusait une fabrication soignée et entendue.

Despret frères, à Milourd-sur-Anor (Nord).

Aciers en barres, limes, râpes, marteaux, outils.

Cette Compagnie possède :

1° L'usine de Milourd comprenant des fours à cémenter, une fonderie d'acier, des marteaux et pilons pour l'étirage des aciers en barre, des ateliers pour la fabrication des limes et outils;

2° L'usine de Maka de Milourd où le battage des aciers fondus est fait au gros marteau, et où l'étirage de l'acier est opéré à l'aide de martinets;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° La forge d'Anor, composée de fours d'affinerie pour la fabrication du fer au bois, des marteaux pour le battage du fer;

Et 4° la forge Lobiette, où l'on dégrossit aux gros marteaux, les lingots d'acier fondu, et où l'on fabrique les aciers corroyés.

La Société produit donc de l'acier cémenté et de l'acier fondu; elle n'emploie que du fer de Suède; tous les aciers que l'on travaille, sont battus et non laminés.

On fabrique aussi des fers corroyés, avec des fontes au bois achetées à M. Mineur, en Belgique.

On avait exposé des paquets de lames disposées pour le corroyage; chaque paquet comprenait 9 lames superposées ayant chacune 0m01 environ d'épaisseur et 7 à 8 centimètres de côté.

Voici les teneurs en carbone des fers de Suède cémentés et des aciers qui étaient exposés :

Très-doux 0,75 p. c; — doux 1 p. c.; — demi-dur 1,25 p. c.; — dur 1,375 p. c.; — très-dur 1,5 p. c.

Il y avait aussi de l'acier corroyé doux à 1 p. c. de carbone; — de l'acier corroyé dur à 1,250 p. c.; — de l'acier fondu recémenté à 1,5 p. c.; — et un lingot d'acier fondu non battu à 1,375 p. c. de carbone.

Turquet-Colas (A.), à Bayard-Laneuville (Haute-Marne).

Possède trois hauts fourneaux, un au coke, un au bois et un au coke et bois; traite des minerais oolithiques de Malzivelle; emploie le coke d'Anzin, non lavé.

Il avait exposé des tuyaux en fonte bien réussis, à joints parallèles en caoutchouc vulcanisé, système Dussart, pour conduites d'eaux forcées, de gaz, de vapeur; — des fontes moulées, d'ornements et de bâtiments; — des objets de quincaillerie, des candélabres, des balcons, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y avait aussi des échantillons de fonte au coke, 1re fusion et des filetés.

Cette exposition comprenait de beaux spécimens; mais on ne remarquait rien de bien particulier et qui méritât d'être signalé d'une manière spéciale.

Lacombe (A.), à Rive-de-Gier (Loire).

Pièces de forge en fer et en acier pour locomotives.

Ce genre de fabrication a été adopté par cette maison depuis 1851; c'est une grande forgerie de pièces en fer et en acier pour la marine et les chemins de fer.

On travaille annuellement de 1,500 à 1,800 tonnes de fer et d'acier; on produit 150 tonnes environ d'essieux coudés et 1,000 à 1,100 tonnes d'essieux droits de wagons, et de pièces de forge de toutes formes et dimensions.

On fabrique des essieux coudés en fer et en acier forgés, au moyen de matrices spéciales adaptées au marteau-pilon; l'avantage de ce procédé consiste à disposer le fer dans la matrice de manière que les fibres du métal conservent leur parallélisme, en suivant le contour des manivelles, tandis qu'auparavant les fibres du fer se trouvaient découpées par la machine à mortaiser. Pour les essieux en acier, on peut donner un martelage plus énergique, ce qui permet de faire mieux disparaître les soufflures qui peuvent se trouver dans le lingot.

Tous les spécimens exposés étaient fort beaux; on remarquait aussi le modèle en bois d'un gouvernail pour navire qui a été construit en fer et qui pesait 6,000 kil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bradfer (E.) et fils et Cie, à Bar-le-Duc (Meuse).

Cette Compagnie avait exposé des tuyaux en fonte pour conduites d'eau, de gaz et de vapeur; des bornes-fontaines, des robinets, des valves et autres objets coulés.

Elle possède 2 hauts fourneaux au coke qui sont en feu et 2 fonderies, le tout construit en 1857.

Le minerai vient de la concession dite la Grande-Goutte (Meurthe-et-Moselle) et des exploitations d'alluvions à Hevilliers et à Treveray (Meuse).

La production par haut fourneau et par jour est actuellement de 15 tonnes de fonte de moulage ; on pourrait aller à 20 tonnes; on fabrique de 5 à 6,000 tonnes de tuyaux de conduite par an, et en outre des colonnes pleines ou creuses, des poutres de ponts, des tuyaux de descente, plaques, etc.

Le moulage vertical des tuyaux est appliqué dans cette usine.

En somme, rien de particulier à remarquer ; bonne fabrication.

Chappée (A.), au Mans (Sarthe).

On peut aussi citer comme bonne fabrication les tuyaux de conduite d'eau et de gaz, les bornes-fontaines, les cylindres de calorifères, les colonnes pour bâtiments, les marmites et surtout les coussinets pour chemins de fer exposés par M. Chappée, au Mans ; tout était fabriqué avec des fontes d'Écosse et en 2e fusion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société métallurgique de Tarn-et-Garonne.

Fontes, fers fins, aciers, tréfilerie, pièces forgées.

Cette Société a des hauts fourneaux à Brussiguel qu'elle alimente avec des minerais de fer magnétique de bonne qualité, traités au coke à l'air chaud; la richesse des minerais du pays, hématites brunes et fers hydratés du Périgord, varie de 35 à 50 p. c., et la production s'élève annuellement à 6 ou 7,000 tonnes de fontes et 5,000 tonnes de fers et aciers.

Avec de la fonte manganésée, on fabrique des fers finis de qualité supérieure et de l'acier puddlé : on produit aussi au four à puddler, par un procédé breveté, des fers à grains pour la carrosserie et des fers très-malléables.

La Société avait exposé des fils de fer et des pointes très-bien soignées.

Société des usines de Villerupt et Sainte-Claire, à Villerupt (Meurthe-et-Moselle),

Avait exposé du minerai de fer fort et des oolithes et des fontes moulées trempées.

Le haut fourneau n'était plus en feu depuis quelque temps.

Au moment de l'Exposition, cette Société était plutôt vendeur de minerais.

On ne faisait avant l'arrêt que de la fonte au bois pour moulages en 1re fusion, et ce haut fourneau à l'air froid, fondant des minerais du pays, était un fait exceptionnel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jacquot (J.), à Bienville. — Forges d'Haironville (Haute-Marne).

Fabrique de pièces forgées avec de la fonte au bois, produite dans deux hauts fourneaux.

Le puddlage est aussi fait au charbon de bois.

La Société fabrique annuellement 3,800 tonnes de fer avec sa fonte.

Ses fers sont très-bons, conviennent parfaitement pour rivets, essieux, etc.

Elle fait aussi du fer à grains pour bandages, qu'elle vend 40 francs.

Elle n'emploie que des minerais fer fort, non phosphoreux.

Société anonyme des forges-laminoirs de Champigneulles, à Champigneulles (Meurthe-et-Moselle),

Exposait des fers en barres, des fers spéciaux, des cercles et des feuillards.

Cette Société achète ses fontes à Nancy.

Rien de particulier à signaler, si ce n'est un modèle de grilles pour fours à puddler, etc., composées de disques que l'on met en mouvement au moyen d'un système de leviers articulés et qui, venant s'interposer entre les barreaux de la grille, soulèvent les crasses et la houille et donnent accès à l'air nécessaire à la combustion. L'opération du décrassage de la grille se fait facilement, dit l'inventeur, M. Parisot, et le système est surtout bon pour les fours soufflés au vent dont le cendrier est fermé hermétiquement.

Cet appareil, avec tous ses leviers et ses articulations, paraît

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être fort compliqué, et nous ne croyons pas qu'il offre tous les avantages que lui trouve l'inventeur.

Albon (marquis d'). — Hauts fourneaux, fonderies et ateliers de Conches et Breteuil-sur-Iton, forges de l'Eure.

Cette exposition se composait de moulages, tuyaux, tableaux en fonte qui ne présentaient rien de particulier; nous n'en parlons ici que pour donner un exemple de la décadence de la fabrication des fontes au bois qui existait cependant depuis plusieurs siècles dans ce centre de la France.

La maison d'Albon a eu jusqu'à onze hauts fourneaux en activité en même temps, et elle s'est vue forcée de les éteindre successivement; le dernier a été mis hors feu vers juillet 1878.

Les minerais que l'on traitait dans les usines de M. d'Albon, étaient des hydrates à gangue siliceuse et argileuse, de richesse variable, venant du département de l'Eure et se présentant en général, en amas irréguliers d'une importance médiocre, dans les terrains diluviens qui occupent la plus grande partie du pays d'Ouche. Les plus riches de ces amas se sont trouvés dans la forêt de Conches; ils ont suffi à l'alimentation des usines du voisinage pendant des siècles.

Voici l'analyse de ces minerais donnée par le propriétaire :

A. Minerais de la forêt de Conches. — Sainte-Marthe, près Conches;

B. Minerai de Nogent, au sud-est de Conches;

C. Minerai de Saint-Nicolas, près Breteuil-sur-Iton;

D. Minerais de Piseux et Longue-Lune, près Verneuil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	A.	B.	C.	D.
Eau	10,100	12,400	8,102	11,480
Peroxyde de fer.	61,562	71,581	63,722	76,836
Silice	19,250	13,275	»	11,473
Alumine	9,060	2,725	0,817	1,200
Perte	0,028	0,019	0,253	0,011
Silice combinée.	»	»	1,754	»
Silice libre	»	»	25,352	»

Dans les dernières années, on avait substitué le coke au charbon de bois qui coûtait trop cher; on brûlait des cokes un peu friables de Charleroi avec des cokes plus durs du bassin de Mons et l'on avait un bon roulement en fonte de moulage. On a même obtenu à Breteuil un roulement très-régulier et assez économique, avec du coke friable seul dans un fourneau de deux mètres de diamètre au ventre et 10 mètres de hauteur, qui produisait 2 tonnes à 2 1/2 tonnes de fonte de moulage par jour. C'est peut-être le seul exemple de travail au coke pur dans un fourneau d'aussi petite dimension.

La production la plus importante, et même la seule pour le moment, des usines de Conches et de Breteuil, est celle de moulages en deuxième fusion; on n'emploie que des fontes du Cleveland pour les 2/3, et de la Moselle pour le reste; bien que ces fontes soient phosphoreuses, on les utilise avantageusement à la fabrication des moulages courants.

Dès l'année 1868, la fonderie de Conches employait des cubilots à six tuyères posées sur une gaîne annulaire.

Une des spécialités de la fonderie est la fabrication des projectiles; pendant les années 1875, 1876, 1877, l'usine de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conches a fourni à l'État français 414,157 obus, pesant 6 millions 267,411 kil., le poids de ces obus variant de 3k60 à 160 kil.

Voici ce que le propriétaire dit à ce sujet dans sa réponse au questionnaire de la commission de l'Exposition universelle :

« L'usine de Conches a créé un modèle d'obus divisé en tranches longitudinales, qui rend impossible toute déviation de l'axe du projectile; elle a eu l'initiative de l'emploi du cuivre pour les coquilles réfrigérantes destinées à protéger les ceintures contre la haute température de la fonte liquide; elle a créé la meilleure disposition qui existe pour les coquilles réfrigérantes à courant d'eau.

» Des coquilles réfrigérantes figurent à l'Exposition; les coquilles pleines sont employées pour la conservation des ceintures d'obus ne dépassant pas 60 kil. Au-dessus de ce poids, on emploie des coquilles à bassin et courant d'eau ou des coquilles à courant d'air. »

Enfin, M. d'Albon signale aussi le procédé de cassage des vieux canons à la dynamite, ce qui a procuré une économie de plus de moitié de la quantité de matière explosible employée pour le même usage dans les arsenaux de l'artillerie. La pièce à briser est posée debout, dans une fosse blindée en bois, comme un ouvrage de mine et garnie de broussailles pour empêcher ou atténuer les dégâts provenant des projections latérales; il ne se produit pas de projection dans le sens vertical. La charge en dynamite, 1,200 à 1,500 grammes pour un canon de 3 à 4,000 kil., est répartie sur trois points et attachée, soit à un tube en zinc fermé par un bout, soit simplement à un bâton de bois; elle est immergée dans le canon rempli préalablement d'eau et enflammée par une seule capsule, placée dans une des cartouches du bourrelet supérieur.

Aux endroits où sont les cartouches, on met un bourrelet à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'extérieur du tube pour le maintenir autant que possible dans l'axe du canon.

Voici la disposition des charges dans le canon à briser :

	Pour un canon de	
	2.800 k.	3.300 k.
	Charge de dynamite.	
Au fond	500 gram.	550 gram.
Aux tourillons	450 »	550 »
A la volée	350 »	400 »

Darquey (E.), à Bernos (Gironde). — Forges et fonderies de Beaulac, près Bazas

M. Darquey avait exposé des croisements de voies et des roues de wagons en fonte durcie et des échantillons de fonte.

Deux hauts fourneaux au bois et à air froid dont un seul en marche ; production de fonte de première et deuxième fusion ; laminoirs.

Le minerai employé vient pour les trois quarts de l'étranger et pour un quart du pays ; ce dernier consiste en hématites brunes et jaunes, de bonne qualité, ne tenant que très-peu de phosphore et pas de soufre.

Le charbon de bois est d'essences de pin et de chêne ; la houille que l'on utilise pour le réchauffage du fer et de la fonte aux deux cubilots de deuxième fusion, vient d'Angleterre.

L'affinage du fer est fait au charbon de bois ; les pièces coulées en première fusion proviennent de fontes au bois, et celles en deuxième fusion de fontes au bois qui ont passé au cubilot au coke.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Production 750 tonnes environ de fonte moulée et 1,000 tonnes de fers fins au bois.

On fabrique beaucoup de plaques pour croisement de voies en fonte durcie, des roues de wagons en fonte au bois trempées sur 2 1/2 à 3 centimètres d'épaisseur, des roues de 45 à 50 centimètres de diamètre à noyaux et jantes en fonte avec huit bras en fer.

Pour ce qui est de la fonte durcie, M. Darquey s'exprime comme suit dans la note qu'il a remise au jury :

« Je désire attirer l'attention du jury sur la qualité de mes fontes au bois trempées en coquille. Avant 1867, la France était tributaire de l'Allemagne qui, sous le nom de métal Gruson, livrait surtout des croisements de voie en fonte trempée. Ces croisements Gruson furent les seuls exposés en 1867. Ce n'est pas par un procédé artificiel que ces fontes se trempent, mais bien par suite d'une qualité particulière de la fonte. On n'a pour s'en convaincre qu'à regarder la *liaison de la partie trempée avec la partie grise*. La fonte blanche, cassante par sa nature, va chercher la résistance dans la fonte grise au moyen de petits filons qui, se prolongeant bien avant dans la partie grise, lient intimement la fonte blanche à la fonte grise. C'est surtout cette union qui empêche la fonte blanche de s'enlever par couches plus ou moins épaisses, résultat qui fait, avec raison, rejeter la fonte trempée pour des pièces où elle servirait avec avantage. Grâce à la *dureté* et à la *résistance* de ces fontes, j'ai pu livrer depuis 1867 à la Compagnie des chemins de fer du Midi, à sa plus complète satisfaction, plus de 2,000 cœurs du poids de 560 kil. pour croisement de voies. Tous (10 seulement et en grande partie au début de la fabrication ont été rebutés après plus de deux ans de service) sont encore en place, et leur détérioration pour la plupart n'est pas sensible. La Compagnie des chemins de fer du Midi a exposé un croisement de voie en fonte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

durcie sortant des forges et fonderies de Beaulac, qui a *huit années de service*, pendant lesquelles il a supporté *le passage de* 408,000 *trains*. On peut s'assurer que l'usure n'est pas sensible. »

M. Darquey dit aussi qu'il a livré des roues en fonte durcie pour wagons, roues fondues en coquille, qui durent depuis vingt, vingt-deux et vingt-cinq ans et dont l'usure est presque nulle.

Ce qu'avance M. Darquey au sujet de la qualité particulière de la fonte, est vrai; mais il y a encore certaines précautions qu'il est bon de prendre dans le travail.

Les plaques Gruson dont on s'est beaucoup occupé, ne présentaient pas un procédé de fabrication réellement nouveau; tout le secret consistait dans le choix de la fonte et aussi dans le mode raisonné de coulage. Pour obtenir des pièces en fonte dure, ayant les qualités de l'acier, on a reconnu entre autres qu'il fallait employer des fontes dites spéciales qui, par leur pureté, se rapprochent déjà du fer et de l'acier et peuvent bien mieux profiter des avantages de la trempe; qu'il fallait opérer le coulage de manière que le refroidissement fût autant que possible uniforme, c'est-à-dire qu'il n'y eut pas des parties entièrement solidifiées en rapport direct avec des parties encore à l'état liquide ou pâteux; qu'il était nécessaire d'observer certains rapports entre l'épaisseur de la coquille et la profondeur de la trempe que l'on voulait obtenir; qu'il fallait chercher à prévenir les conséquences du retrait qui se produit lors du refroidissement, etc.

C'étaient des faits pratiques que l'expérience et l'observation avaient mis en évidence et qui ont donné aux plaques Gruson le succès qu'elles ont eu en Allemagne.

C'est aussi à l'observation de certaines règles, que des maisons qui ont pris pour spécialité la fabrication des cylindres de laminoirs coulés en coquille, doivent leur réputation; elles se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont appliquées à rechercher la fonte la plus convenable et c'était, comme pour les plaques Gruson, celle qui se prêtait à la formation d'un anneau trempé s'enchevêtrant dans la partie non trempée; elles ont aussi bien étudié les conditions du coulage, ce qui les a amenées à reconnaître, entre autres : qu'il est préférable de couler les cylindres debout; que les coquilles doivent avoir des épaisseurs dépendantes de la nature de la fonte, des dimensions des pièces et de l'épaisseur à donner à la partie trempée; que le coulage de la fonte doit être opéré de manière que le métal arrive sous forte pression dans le moule par la partie inférieure, et que le jet soit dirigé, non pas suivant un rayon de la section, mais obliquement de manière à forcer la matière liquide à tournoyer dans le moule tout en montant jusqu'à la partie supérieure; qu'il fallait aussi avoir une masselotte d'un poids suffisant pour combler les vides et rendre de la compacité à la matière du centre de la masse qui se refroidit après que tout l'intérieur est déjà solidifié, etc.

Avec ces précautions, on est arrivé à avoir des objets en bonne fonte dure, c'est-à-dire des pièces dont la portion trempée fait bien corps avec le restant de la masse et ne s'en détache pas sous forme de plaques plus ou moins épaisses. A part la qualité spéciale de la fonte qui est un point capital, il y a donc encore certaines dispositions à prendre dans le travail du coulage et de la trempe pour ne pas faire des produits mauvais même avec de la fonte excellente.

A propos de cylindres de laminoirs, nous croyons devoir noter ici que MM. J.-O. Grey et J. Davies, de South-Wales, fabriquent des cylindres creux que l'on remplit d'eau ou d'air comprimé lorsqu'on les met en travail; de cette manière, le cylindre ne s'échauffe pas et la dilatation et la contraction sont réduites au minimum; de plus, pendant le fonctionnement, leurs dimensions ne varient pas.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour cette fabrication, on place un tube en fer verticalement dans l'axe du moule ou de la coquille; le métal est coulé dans l'espace annulaire compris entre ce tube et la coquille; il arrive par le dessous. La matière composant le cylindre se trouve, après refroidissement, faire corps avec le tube en fer qui ne peut être enlevé. Pour éviter l'écrasement ou la détérioration du tube en fer, on le remplit de sable ou d'argile que l'on tasse fortement; et pour qu'il ne s'échauffe pas trop, on fait circuler autant que possible de l'eau dans cette bourre jusqu'à complet refroidissement.

Legénisel (E.-J.), à Paris.

Cette maison avait présenté beaucoup d'objets en fonte malléable, en acier fondu, moulé; des pièces de petites machines, etc.

Cette exposition attirait l'attention par la perfection du travail et surtout par le développement que l'on a donné à l'emploi de la fonte malléable et de l'acier fondu pour de très-petits objets que l'on ne faisait auparavant qu'en fer forgé.

Comme nous avons déjà eu occasion de le signaler, on arrive depuis quelques années à développer sensiblement l'usage de la fonte malléable; M. Legénisel a contribué pour une bonne part dans ce progrès. Le succès de ce genre d'industrie tient surtout au choix judicieux des fontes et des sables servant au moulage, aux soins que l'on apporte dans le nettoyage des objets avant de les passer au four à recuire, et à la bonne conduite du chauffage en ce qui concerne le degré de chaleur auquel les objets doivent être soumis.

M. Legénisel emploie ordinairement pour la fonte de ses matières premières, les creusets en terre réfractaire, de préférence aux creusets en plombagine; avant de les soumettre au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

recuit, les objets sont soigneusement décapés à l'acide, afin d'enlever tout le sable qui a pu rester attaché aux faces, et l'on obtient des surfaces bien lisses qui atteignent dans le four un degré de douceur plus complet.

C'est en tenant compte de toutes ces conditions que M. Legénisel arrive à fabriquer en fonte malléable à polir ultérieurement, des couteaux, des fourchettes à découper, des services à poisson, des manches à gigot, des mors de bride, des casse-noix, etc., etc.; et en fonte soudable, des ciseaux, des sécateurs, des cisailles, etc.; pour ces derniers outils, le tranchant est en acier et les branches des anneaux en fonte malléable; la difficulté était d'obtenir une fonte qui pût résister à la température de soudage de l'acier et former avec lui une adhérence parfaite.

Comme produit spécial, M. Legénisel fabrique encore des poinçons et des matrices en fonte malléable, au lieu de les faire en acier forgé; il est vrai que la fonte qu'il emploie est de qualité spéciale et s'approche déjà beaucoup de l'acier; il coule les objets en fonte, les grave, les passe au four avec des matières décarburantes pour les adoucir, et enfin les trempe; les objets présentent alors les avantages de l'acier, tout en coûtant moins cher.

Cette usine donne aussi des objets en acier fondu qui sont parfaitement réussis; c'est surtout pour les petites pièces que les difficultés se présentent, parce que l'acier versé liquide dans le moule *le ronge* et parce qu'il se produit des soufflures. M. Legénisel obvie à ces inconvénients en opérant comme suit : il prend du fer, des ferrailles, les place dans un creuset très-réfractaire, de préférence en plombagine; le fer doux se carbure pendant la chauffe aux dépens du creuset de plombagine et se convertit en acier; on peut ainsi, suivant la durée de l'opération, obtenir toutes les variétés de métal depuis le fer fondu jusqu'à la fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On coule à une température très-élevée qui permet d'arriver à une liquidité parfaite, et de produire des objets très-petits, fort beaux. Le creuset en plombagine est placé dans un four spécial chauffé par un mélange d'air et de gaz injecté sous une forte pression; on peut faire varier la température à volonté, et régler les proportions relatives d'air et de gaz de manière à rendre, suivant les besoins, la flamme oxydante ou réductrice.

L'avantage de la fonte d'acier est de pouvoir livrer des objets au bout de quelques heures, parce que, dit l'exposant, il n'a pas besoin de les recuire pour les rendre malléables, tandis qu'avec la fonte malléable, il faut sept à huit jours.

On décape les objets dans un tonneau avant de les recuire.

M. Legénisel avait exposé une foule de petits spécimens en fonte malléable et en acier moulé qui étaient réellement remarquables sous le rapport de la netteté et de la régularité de composition; on pouvait voir entre autres des petites clefs de coffret en fonte malléable que l'usine livrait au prix de neuf francs les mille pièces!

Enfin, les chiffres ci-après donneront une idée de la bonne marche de cette maison.

Production depuis 1861, année de la fondation :

1861.	7,200	kil. d'objets fabriqués.
1864.	12,000	»
1867.	30,000	»
1870.	62,000	»
1873.	94,800	»
1875.	146,400	»
1877.	192,000	»

Ces chiffres comprennent des pièces de machines à coudre, de serrurerie, d'arquebuserie, des machines agricoles, des branches de tondeuse, des clefs, de la serrurerie d'art, de la carrosserie, des lits en fer, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fuzellier-Léger et Thomé fils, à Nouzon (Ardennes),

Avaient exposé des pièces moulées en fonte malléable et ordinaire, des vis de lit, des paumelles, etc., le tout très-bien fabriqué et nettement venu.

C'est la grande fonderie appelée Sainte-Marguerite. On achète toute la fonte; on la prend dans les Ardennes pour les moulages ordinaires et dans les Landes pour les objets en fonte malléable.

On avait aussi présenté des marteaux en fonte ordinaire qui étaient bien réussis.

Société anonyme des forges de Rozières, à Rozières (Cher).

Grande fonderie de poteries en fonte, d'articles de ménage, de bâtiment, d'agriculture; de statuettes, etc.

Cette Société fabrique sa fonte au haut fourneau; elle emploie le charbon de bois et le coke; le chauffage de l'air est fait au moyen de l'appareil Cowper; la température est portée à 500°.

Pour 1,000 kil. de fonte, on consomme 983 kil. de combustible, dont 112 de charbon de bois.

Tous les objets exposés étaient très-bien coulés et d'un beau fini; on remarquait entre autres une grande cuve en première fusion, de 4,000 litres de capacité, de 2 mètres de diamètre, $1^{m}70$ de profondeur et pesant 1,300 kil.

Une des spécialités de cette usine est la fabrication des buanderies portatives en fonte, à chaudière entièrement plongée dans le fourneau, ce qui soustrait une grande partie de la surface du vase au refroidissement qui s'opère par les parois, lorsqu'elles sont au-dessus du foyer de chaleur à l'air libre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société anonyme des forges, fonderies et laminoirs de Saint-Roch-lez-Amiens (Somme).

Belle fabrication d'essieux divers, de boîtes de roues, de bandages, de roues en fer corroyé, fer fin et acier, de grosses vis, de rivets, de diverses pièces d'agriculture, etc.

Cet établissement est renommé pour la bonne qualité et fabrication de ses essieux, particulièrement celui dit l'*essieu Daire*, remarquable par ses *effets de traction ;* des expériences faites au dynamomètre dans les établissements de l'État, ont donné pour résultat une traction de 25 à 30 p. c. moindre que celle des autres essieux.

Tout le puddlage se fait avec de la fonte achetée.

La production des essieux seule s'élève à 1,500 tonnes par an.

Sekutowiez (J.-B.-J.), à Paris.

Avait exposé des cylindres et accessoires de machines à vapeur, et des pièces en acier coulé, des outils, haches, etc., en fonte coulée.

Cette maison achète des fontes anglaises et autres, environ 1,000 tonnes par an ; elle fait tout en deuxième fusion.

Les produits exposés étaient très-beaux.

On emploie, dans cette usine, l'iodure de potassium pour purifier l'acier ; on prétend que 1 kilogr. d'iode annihile ou chasse le même poids de phosphore qui peut se trouver dans l'acier ; et comme 1 kilogramme de phosphore suffit pour gâter une tonne d'acier, on a soin de purifier le métal dont on fait usage ; on place l'iodure de potassium dans le creuset à acier ; on met,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en outre, du chlorure d'ammoniaque, du peroxyde de manganèse et un sel de potasse (le prussiate), le tout mélangé avec les riblons de fer qu'on emploie à la fabrication de l'acier au creuset. La fusion du mélange se fait au coke.

On prétend que si l'on n'ajoutait pas l'iode, l'acier ne serait pas aussi bon.

La production est d'environ 400 kil. par jour.

M^me^ veuve Chavane, à Bains (Vosges).

Avait exposé des fers-blancs, des fers fins au bois, de la taillanderie et de la grosse quincaillerie, des clous à cheval; le tout fort bien travaillé et de qualité parfaite.

Cette maison emploie de la fonte au coke qu'elle traite au charbon de bois; ses tôles très-minces sont réussies, ainsi que les divers outils, les pelles fabriquées au martinet, les tôles douces étamées et décapées, les fers fins martelés et cylindrés, les essieux trempés, les clous à cheval mécaniques, les fers-blancs brillants à couverture d'étain pur, et les ternes à couverture d'étain allié de plomb.

Voici quelques chiffres donnant une idée des prix de vente :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

UNE CAISSE CONTENANT	POIDS NET EN KILOGR.	PRIX DE LA CAISSE	
		BRILLANT.	TERNE.
	kil.	fr.	fr.
150 feuilles de 325mm sur 244mm . .	31	44	34
Id. id. . .	49	56	46
225 feuilles de 352mm sur 257mm . .	75	92	78
200 » 379mm sur 325mm . .	96	133	118
225 » 435mm sur 258mm . .	93	120	103
100 » 494mm sur 352mm . .	94	116	100
75 » 488mm sur 325mm . .	49	57	47
50 » 1m sur 325mm . .	65	83	68
50 » 1m sur 406mm . .	102	127	112

Les indications admises par cette maison pour les épaisseurs sont les suivantes :

		BRILLANT.	TERNE.
Les 100 kilogrammes.	C.	150	113
	X.	145	110
	XX	140	107
	XXX.	135	104

Veuve de Mandre, à Lachaudeau, commune d'Aillevillers (Haute-Saône).

Nous ne pouvons passer sous silence l'exposition des fils de fer et autres de la maison Veuve de Mandre; on trouvait dans cette vitrine de magnifiques spécimens de fils de fer pour garnitures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cardes, pour peignes à tisser, des fils de tout diamètre jusqu'aux plus fins, et dont un échantillon avait même 40,000 mètres de longueur; des fils convexes, plats, triangulaires, etc.; des fils nickelés, étamés; en un mot, tous les fils ordinaires ou quincailliers et les fils à cardes ou carcasses.

Le fil nickelé se fait à froid; le fil étamé à l'étain, à chaud; le nickelé est plus doux au toucher.

Tous les échantillons étaient fort beaux et remarquables comme fini.

Les fils à cardes sont très-élastiques, bien polis, d'un diamètre régulier, d'une belle couleur bleu clair et remarquables sous le rapport du tréfilage et du dressage; ceux de deuxième qualité, dits fils carcasse, sont achetés par les fabricants de toiles métalliques, de fleurs artificielles, etc., sous toutes les formes : clairs, recuits, étamés, galvanisés.

La fabrication des fils de fer à cardes a été introduite en France, à Lachaudeau, vers 1848; avant cette époque, la France dépendait entièrement de l'Angleterre pour cet article; après avoir essayé d'utiliser les fers fins de Franche-Comté, on dut en venir à l'emploi exclusif du meilleur fer de Suède.

L'usine a été créée au début avec 590 bobines; en 1852, on en ajouta 473 nouvelles, et aujourd'hui il y en a 1,063, dont 770 de tréfilerie, 275 de dressage et 18 d'étamage.

Cette Compagnie annonce comme une nouveauté, les fils à cardes en fer nickelés; elle a un brevet pour cette fabrication. Voici ce qu'elle dit, à ce sujet, dans une note remise au jury :

« Dans l'industrie de la filature, on demande souvent des cardes montées avec des fils étamés qui s'oxydent moins que les fils ordinaires; on les emploie surtout pour le travail de la laine. Mais ces fils présentent divers inconvénients : l'opération se fait en passant le fil dans un bain d'étain liquide, et quelque rapide que soit ce passage, le fil prend toujours un cer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tain recuit qui lui ôte son élasticité et nuit à son dressage; malgré tout son poli, le fer ne se charge jamais également d'étain, et l'on voit toujours des granulations et de petites parties qui ne sont pas étamées; de plus, comme on emploie fréquemment pour monter les rubans de cardes, des étoffes vulcanisées dans lesquelles il reste toujours du soufre, et comme ce dernier agit énergiquement sur l'étain, les dents de la carde s'usent et se cassent rapidement.

» Le nickelage du fil de fer remédie à ces inconvénients; l'opération se fait à froid, sous l'action de l'électricité, et de la sorte, le fil conserve son ressort; le nickel se dépose d'une manière régulière et continue; le fil se dresse très-facilement et, protégé par la couche de ce métal presque inoxydable, il acquiert une durée beaucoup plus grande que celle des fils étamés. »

Pour terminer, nous dirons que cette maison produit annuellement 160,000 kil. de fils de fer à cardes, 45,000 kil. de fer carcasse pour toiles métalliques, fleurs artificielles, etc., 10,000 kil. de déchets de fabrication vendus à 12 francs les 100 kil., et 5,000 kil. de déchets au recuisage, au décapage et au dépaillage.

Aubert et Marquiset, au Burchot (Haute-Saône).

Importante tréfilerie produisant de fort beaux fils de fer pour cardes, peignes à tisser, toiles métalliques.

On achète le fer prêt à être tréfilé.

Cette maison avait exposé entre autres un rouleau de fil de 29,870 mètres de longueur pesant 10k3, et des fils très-fins convexes, ovoïdés, triangulaires, etc., fort remarquables sous le rapport de leur belle et bonne fabrication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

David-Damoizeau et C^ie^, à Paris.

Fabrique de chaînes d'acier forgées sans soudure, pour touage, ancres, grues, etc., par un procédé breveté en faveur de MM. David-Damoizeau.

Le premier brevet pris par M. David date de 1870; depuis lors, l'emploi de ces chaînes s'est propagé, et l'on s'en est beaucoup occupé.

Nous ne nous étendrons pas longuement sur cette fabrication, parce que diverses notices avec dessins ont déjà été publiées, notamment une en 1876 par M. Briard, ingénieur de Mariemont, et une autre qui a été distribuée à l'Exposition par la maison David-Damoizeau.

Ces chaînes, en métal fondu, sont faites sans soudure, circonstance plus favorable que les chaînes de MM. Lobel et Turbot, aussi en même métal, mais à maillons soudés.

Nous résumerons en quelques mots les données que nous possédons sur cette industrie.

Le problème à résoudre était d'obtenir des maillons sans soudures en les formant au moyen d'une tige ronde à deux boucles solidaires et forgées en étampes, puis d'arriver à former la chaîne en galbant les mailles, pliant la tige et emmaillant. C'est ce qu'ont obtenu MM. David-Damoizeau et C^ie^.

La fabrication consiste dans les opérations suivantes :

1° *Forgeage* des mailles par une succession de formes à l'étampe, permettant de faire passer une barre méplate à l'état de maille développée ayant la forme voulue; l'obtention de cette maille a toujours lieu par forgeage et compression de la matière en augmentant la ténacité;

2° *Galbage* des mailles toujours par forgeage donnant le cintre régulier des branches de la maille;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° *Cintrage* des mailles également par forgeage, c'est-à-dire par pression intérieure, ce qui atténue la contraction et l'allongement extérieur, résultant du pliage, ainsi que cela a lieu sur les chaînes en fer.

Toutes les opérations se font donc par compression, martelage et refoulement de la matière, de sorte que l'on évite les contractions et allongements du métal qui se produisent par le simple pliage.

« La chaîne en acier sans soudure, disent les exposants, présente, sur la chaine en bon fer, une supériorité d'environ 30 p. c.; comme résistance, sa charge d'essai varie de 17 à 20 kil., et celle de rupture est environ le double; alors que l'essai à la limite de déformation pour les chaînes en fer est de 12 à 14 kil., et la charge de rupture pour les chaînes bien soudées de 22 à 28 kil.

» Les chaînes à étais se déforment moins, mais leur résistance à la rupture n'est pas plus grande. L'allongement, sans déformation sensible à la charge d'essai, est en moyenne de 1/2 p. c., et l'allongement qui se produit ensuite entre la charge d'essai et celle de rupture atteint de 15 à 20 p. c. Cette condition essentielle, comme sécurité, est égale à celle des meilleures chaînes en fer, et elle possède, en outre, la propriété d'une élasticité sous charge qui varie de 5 à 7 millimètres par mètre; de plus, elle supprime les étais.

» La supériorité de 30 p. c., minimum comme résistance de la chaîne en acier sur celle en bon fer, résulte de deux causes, qui sont :

» 1° L'absence de soudures, lesquelles, malgré tous les soins des ouvriers chaîniers, altèrent le métal et donnent lieu à des éventualités de rupture;

» 2° Le remplacement du fer par l'acier doux obtenu aujour d'hui avec régularité par les appareils Bessemer et les fours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Siemens-Martin; cet acier doux joignant aux qualités de ductilité du fer fin une résistance plus grande à un prix inférieur. »

La fabrication du maillon se fait en une chaude; on forme au pilon et on cingle par martelage aux broches.

MM. David-Damoizeau avaient exposé des chaînes faites par ce procédé : chaînes rondes pour enroulement sur tambour et poulie; — chaînes dites marines pour barbotins et noix à empreintes; — chaînes à fuseaux, dites Vaucanson, pour engrenages.

Ils avaient aussi envoyé des nabots à agrafes ou mailles de raccordement à chaud et à froid, de même forme et de même résistance que la chaîne, permettant de faire les raccords sans qu'il soit besoin d'avoir recours à aucune soudure; des émerillons à rotules faisant également fonction de nabot de raccordement à chaud; et une chaîne genre Galle à engrènement extérieur, combinée avec un engrenage à denture triple, chevauchée pour grues et transmissions de mouvement.

Ces messieurs ont essayé la trempe des chaînes en les plongeant dans du goudron, après les avoir chauffées au rouge; ils ont, disent-ils, obtenu un bon résultat, cette opération faisant le même effet qu'un recuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici un tableau d'expériences faites sur des chaînes d'acier sans soudures, ayant 16 millimètres de diamètre :

CHARGES	CHAINES TREMPÉES AU GOUDRON			CHAINES NON TREMPÉES		
	Allongement total.	Élasticité.	Allongement réel.	Allongement total.	Élasticité.	Allongement réel.
kil.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1.000	1	1	0	½	½	0
2.000	1 ½	1 ½	0	1	1	0
3.000	2	2	0	1 ½	1 ½	0
4.000	3	3	0	2 ½	2 ½	0
5.000	3 ½	3 ½	0	2 ½	3	½
6.000	4	4	0	6	3	3
7.000	8	4	4	18	4	14
8.000	18	5	13	40	4	36
9.000	36	5	31	65	4	61
10.000	56	5	51	91	4	87
11.000	75	5	70	111	4	107
12,000	92	5	87	136	4	132
13.000	110	5	105	156	4	152
14.000	136	5	131	209	3	206

Voici encore un tableau comparatif des poids et des résistances des chaînes en fer et des chaînes sans soudure en acier forgé :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Diamètre en mm.	Pas des chaines.	Diamètre extérieur des chaines.	Double section en mm².	POIDS du mètre courant des chaines		CHARGES d'épreuves en kilogr.		CHARGES DE RUPTURE.				CHAINES étançonnées pour la marine.	
								CHAINES EN FER A		CHAINES EN ACIER A			
				en fer.	en acier.	Chaines en fer à 14 kil. par mm².	Chaines en acier à 19k. par mm².	20 kilogr. par mm².	25 kilogr. par mm².	38 kilogr. par mm².	45 kilogr. par mm².	Poids du mètre courant.	Charges d'épreuves à la traction
				kil.	kil.							kil.	kil.
8	36	29	101	1,5	1,7	1.400	1.900	2.000	2.500	3.800	4.500	"	"
10	45	35	157	2,4	2,4	2.200	3.000	3.100	3.900	6.000	7.100	"	"
12	54	43	226	3,5	3,2	3.200	4.300	4.500	5.600	8.600	10.200	"	"
14	63	49	308	4,6	4,4	4.300	5.700	6.200	7.700	11.500	13.900	"	"
16	72	55	402	6,0	5,6	5.600	7.500	8.000	10.200	15.000	18.100	6,5	6.500
18	81	62	509	7,5	7,0	7.100	9.200	10.200	12.700	18.500	22.900	8,0	8.600
20	90	68	628	9,1	8,5	8.800	12.000	12.500	15.700	24.000	28.300	10,5	10.500
22	99	75	760	11,0	10,2	10.600	14.500	15.200	19.000	29.000	34.200	12,5	13.000
24	108	82	905	13,0	12,0	12.600	17.000	18.100	22.600	34.000	40.700	14,7	15.500
26	117	89	1.062	15,2	13,8	14.800	20.000	21.200	26.500	40.000	47.800	16,4	18.000
28	120	95	1.232	17,7	16,2	17.200	23.500	24.600	31.300	47.000	55.500	18,3	20.500
30	135	103	1.414	20,3	18,5	19.800	27.000	28.300	35.300	54.000	63.800	21,0	24.000
32	144	110	1.609	23,0	21,1	22.500	30.000	32,200	40 300	60.000	72.400	24,5	27.000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lobel et Turbot, à Raismes (Nord).

Exposition de chaînes en fer et en acier.

Très-belle fabrication, comprenant :

1° Des chaînes-câbles pour la marine ;

2° Des chaînes calibrées ou de précision pour grues et treuils à noix, et poulies à empreintes nécessitant l'emploi de maillons rigoureusement exacts ;

3° Des chaînes pour touages ;

4° Enfin, des chaînes d'une nouvelle fabrication soudées en acier doux Bessemer, qualité spéciale provenant des aciéries de Denain, se soudant, dit l'exposant, au moins aussi bien que les meilleurs fers au bois et donnant à diamètre égal, une différence de 35 à 40 p. c. supérieure comme résistance de rupture, à celles des chaînes en fer.

L'allongement à rupture atteint 36 et même 40 p. c.

Comme prix, ces chaînes valent 20 à 25 p. c. de plus que les chaînes en fer au bois, et 20 à 25 p. c. de moins que les chaînes d'acier sans soudures, dont l'allongement est inférieur de 15 à 20 p. c.

Parmi les chaînes exposées, il y en avait une de 30 millimètres de diamètre de tige, ayant donné 37 p. c. d'allongement et une résistance à la rupture de 38^{k}55 par millimètre carré de la double section ; une autre de 24 millimètres de diamètre, avec allongement de 40 p. c. et une résistance à la rupture, de 38^{k}70 par millimètre carré aussi de la double section.

Ces chaînes sont fabriquées comme à l'ordinaire par soudure au marteau.

On avait exposé un gros maillon en acier de 12 millimètres, pesant 152 kil., dont la fermeture, à cause du diamètre avait été fabriquée au marteau-pilon ; cet échantillon n'était produit que pour montrer la perfection de la soudure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les chaînes en métal fondu étaient une nouveauté à l'Exposition universelle.

Durand, Bossin et Jou, à Paris.

Fabrique de tubes métalliques, sans soudure en acier, en cuivre, en laiton, en argent, etc., pour bijouterie, horlogerie, instruments de chirurgie, machines à vapeur, etc.

La principale industrie de cette maison, fondée en 1865, est la fabrication des tubes de très-petit diamètre; elle exposait, entre autres, des tubes d'acier fort petits d'une exécution parfaite pour faire des sous-injections de morphine; elle est la seule en France qui produise ces tubes dits capillaires.

Voici comment on les fabrique :

Pour le cuivre, l'argent et le métal blanc, les lingots sont obtenus par la fonte et en gros tubes du diamètre extérieur de 60 à 65 millimètres, avec des trous de 38 à 40 millimètres; ils sont ensuite étirés et laminés sur des mandrins et tiges spéciales pour être descendus à des diamètres plus petits, variant de 16 à 25 millimètres. A partir de ce moment, on introduit dans l'intérieur du tube, une âme en fil de laiton, puis on étire le tout ensemble pour l'amener aux dimensions demandées. Les recuits sont faits dans des fours chauffés à la houille.

Pour enlever le noyau ou âme, on l'allonge à l'aide de bancs à étirer, et lorsqu'il a pris ainsi un peu de jeu, on le retire sans difficulté.

On obtient par ce procédé des tubes ronds de toutes formes de 1,000 mètres au besoin de longueur et avec des diamètres intérieurs variant de 1 à 5 millimètres.

Pour les tubes en acier, on n'obtient pas le tube primitif par fusion, mais on se sert d'un lingot d'acier de 80 centimètres de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longueur, de 0m055 à 0m060 de diamètre extérieur que l'on perfore à l'aide d'une machine spéciale. On fait ensuite le travail d'étirage, etc., comme pour les autres tubes.

Les tubes en acier employés en chirurgie sont trempés.

Le procédé suivi par cette maison lui permet de fabriquer deux ou plusieurs tubes à la fois, les tubes se servant mutuellement de noyau, et l'on évite la corrosion du métal, les tubes à l'étirage se comportant exactement comme une barre pleine.

Un tube en acier de 0m03 d'épaisseur, 0m051 de diamètre, est ramené en un tube de 0m001 de diamètre au bout de cinquante-trois passes à l'appareil à étirer; on réduit de 1 millimètre par passe.

Après chaque couple de passes qui diminuent le diamètre chacune de 1 millimètre, on recuit.

Les tubes sont étirés à froid.

La production actuelle de cette usine par année est de :

Tubes en cuivre	30,000	kil.	environ.
» » argent	2,000	»	»
» » acier	1,500	»	»
» » métal blanc	500	»	»

Cette exposition était fort intéressante et dénotait une fabrication soignée et intelligente.

Bedel père et fils et Cie, usine de la Berardière.

Fabrication d'aciers divers en barres et pièces ouvrées; acier fondu, corroyé, fabriqué entièrement au creuset.

C'est la première maison qui a fait de l'acier fondu en France; ses aciers sont bons pour canons, pour outils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle possède deux fourneaux au gaz pour fondre, et deux fours à puddler; elle emploie la fonte des Pyrénées.

Gailly et Muljean, à Charleville (Ardennes).

Fers puddlés au coke, laminés, ronds, carrés, plats et spéciaux, fabriqués avec la fonte blanche de Longwy.

Tous les spécimens exposés étaient beaux, ainsi que les échantillons de clous de toutes formes pour souliers, fabriqués à froid; on emploie 1,100 tonnes de fer pour produire 900 tonnes de clous à souliers.

Henry frères, à Brevilly-les-Forges.

Fers, tôles au bois, avec des fontes au bois, fers affinés, fers puddlés, aciers doux, grosse tréfilerie, etc.

Le tout d'une très-belle et bonne fabrication.

Leborgne (E.), au Pont-de-Bois (Isère).

Fers fins au bois, articles d'agriculture.

Cette maison possède deux hauts fourneaux au bois traitant des minerais d'alluvion, des carbonates.

Elle produit par affinage au bois, du fer doux à grain fin, fort, très-nerveux, travaillé au marteau et excellent pour pièces de charrues, pour limes, pièces de forges, essieux soudés, arbres, outils divers, ainsi que des moulages, marteaux, enclumes, tas, plaques, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Latapie (A.), à Oloron, Sainte-Marie (Basses-Pyrénées),

Achète de la fonte au bois et l'affine au bois dans des fours comtois.

Produit des fers marchands, des pointes, des chaînes, des clous.

Cette usine est la seule dans les Basses-Pyrénées qui fabrique le fil de fer; elle en produit environ 200 tonnes par an.

Cubain (Paul-A.), à Courteilles (Eure),

Avait exposé des fils de cuivre, de laiton, etc., des clous en cuivre et en laiton.

Cette maison achète le cuivre à l'état brut et fait elle-même ses mélanges pour laiton, etc.

Elle lamine et étire.

Elle emploie le cuivre du lac Supérieur et d'Espagne.

La vitrine comprenait aussi des fils rosette pour télégraphe, et entre autres un rouleau de fils de laiton de 17,000 mètres de longueur.

La production est de 25,000 kil. de fils environ par mois.

Coutant (L.), à Yvry-sur-Seine.

Très-bel étalage de profils de fers spéciaux, de boulons, de pièces de forge brutes et finies.

L'exposant possède des laminoirs et une aciérie à Yvry; il emploie de vieux aciers et achète aussi des lingots d'acier Bessemer. Il avait envoyé à Paris de beaux fers à profils variables;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on remarquait aussi des fers à écrous à six pans, des fers pour harpons de chemins de fer, pour crochets d'attelages et plusieurs autres usages, le tout obtenu avec des fers tendres.

C'est, paraît-il, M. Coutant qui a fabriqué le premier en France des fers de cette catégorie.

LES CLOCHES.

Plusieurs fondeurs de cloches avaient exposé de leurs produits; mais ils n'avaient présenté aucun procédé nouveau. Le moulage se fait aujourd'hui comme de tout temps, et le travail est, pour ainsi dire, toujours le même.

Quelques modifications ont été apportées dans le mode de suspension de la cloche et dans la manière d'attacher le battant; mais il n'y avait rien de très-particulier.

Nous n'aurons donc que quelques mots à dire de ce groupe d'industriels.

Dencausse (Ursulin), à Tarbes (Hautes-Pyrénées).

M. Dencausse avait exposé un beffroi et un carillon de dix cloches dont deux d'assez forte dimension. Le moulage était très-bon, les dessins propres et fort nets; c'étaient des spécimens de belle fabrication.

Les cloches exposées n'avaient pas d'anses de suspension; ces dernières étaient remplacées par un disque plat et horizontal reposant sur une colonne étayée de consoles; de plus, la bélière fixe pour tenir le battant avait fait place à une tige bélière mobile et tournante.

L'emploi du disque procure une attache de la cloche au joug

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus commode, plus solide, et permet d'opérer la coulée en 45 secondes au lieu de 2 minutes qu'exigeait l'emploi d'anses. Le moulage se fait en terre à ciel perdu.

Pour adapter la tige bélière mobile, on perfore la cloche au centre du cerveau pour donner passage à cette tige qui part de l'intérieur de la cloche et va se visser à l'extrémité du bélier. La partie de la tige qui reste à l'intérieur forme la bélière où l'on attache le battant. La cloche dégagée de toutes les agrafes qui la serrent contre le joug, demeure suspendue par la tige bélière. Dans cette situation, elle tourne facilement sur la rondelle qui la supporte sans la démonter, et le battant peut exercer son action sur tout le pourtour de la pince; on évite ainsi le danger de la fêlure et de l'usure qui se produit lorsque le battant frappe toujours sur les deux mêmes points de la circonférence.

Pour le montage, on a supprimé le bois : l'axe est armé de tourillons de fer et le centre de la partie inférieure présente un disque creux où s'emboite celui de la cloche; entre les deux, on met un isolant en bois, en cuir ou en carton, afin de prévenir l'absorption des sons. A la plate-forme de l'axe, sont ménagés 8 trous, moitié carrés et moitié ronds, où passent des boulons à crochets, qui prennent le dessous du disque pour venir en aide à la tige bélière et pour bien ajuster la cloche. Le bélier en fonte est assis sur la plate-forme et fixé par 8 boulons ainsi que par la tige bélière. Lorsqu'on veut changer le point de frappe du battant, on dévisse un peu les écrous pour laisser descendre la cloche. On peut aussi très-facilement faire tourner cette dernière autour de son axe.

L'ajoute nécessaire pour équilibrer le poids de la cloche et la balancer aisément, se fait au moyen de plaques que l'on boulonne à la partie supérieure.

Pour faciliter la mise en branle de la cloche, on a remplacé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les coussinets ordinaires et la boîte à chapelet par un rail d'une longueur double de la circonférence du tourillon et courbé d'un millimètre sur cent. Le poids du bélier étant inférieur à celui de l'airain d'environ un cinquième, le moindre effort suffit pour mettre la cloche en mouvement, quelle que soit sa grandeur, et une fois vigoureusement lancée, elle donnera plus de soixante oscillations sans s'arrêter.

Ces cloches sont composées de 4/5 de cuivre et 1/5 d'étain banca; on doit apporter un soin extrême dans le choix de ces matières premières.

Bollée (E.), au Mans (Sarthe).

M. Bollée avait exposé un carillon composé de 44 cloches et un bourdon pesant 6,175 kilogr.

Les produits de cette maison se faisaient remarquer par leur fini et leur netteté; moulage en terre fort bien soigné; les cloches étaient recouvertes de nombreux dessins en relief parfaitement réussis.

Les battants sont suspendus au moyen de lanières en cuir, ce qui, disait l'exposant, empêche les vibrations.

On emploie le gaz ordinaire d'éclairage pour nettoyer le bain, afin de donner à la cloche la plus grande sonorité possible; on introduit ce gaz dans la masse en fusion au moyen d'un tube en fer recourbé et il vient brûler au sommet de la cheminée de coulage; l'emploi du gaz qui enlève les oxydes en suspension, remplace en partie le brassage au charbon de bois que l'on opère d'habitude; c'est en 1870 que F. Bollée a pris son brevet pour ce mode de purification.

Cette usine fabrique environ 150 cloches par an, représentant ensemble un poids de près de 90,000 kil.; le coût est de fr. 3 à 3.50 le kil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Druot (P.), à Sin (Nord).

M. Druot avait exposé huit cloches remarquables par la netteté des dessins recouvrant la surface extérieure. Coulage ordinaire. Très-bon timbre.

Cette maison fabrique 50 cloches par an représentant environ 40,000 kil. de métal.

Hildebrand et Crouzet, à Paris.

Carillon de 11 clochettes et 4 bourdons en bronze dont un de 5,000 kil.

L'usine a deux fours à réverbère pouvant fondre à la fois 13,000 kil. On y fabrique par an, 70,000 kil. de cloches que l'on vendait en 1878 de fr. 3 à 3.50 le kil. pour les grosses, et à 5 fr. pour les cloches de carillons.

La plus grosse cloche que cette maison ait livrée pesait 30,000 kilogrammes.

Emploi des secteurs en acier trempé pour coussinets supportant les axes de rotation.

Burdin aîné, à Lyon (Rhône).

Carillon de 13 petites cloches et un bourdon du poids de 1,200 kil.

Coût fr. 3.20 le kil. à l'usine; à partir de 100 kil. jusqu'à 1,000 kil., le prix ne varie pas; au-dessus de 1,000 kil., on fait une légère réduction.

Cet industriel exposait un beffroi de support en fers d'angle, assez bien réussi.

Bonne fabrication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Contal et Touya, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).

Ces messieurs avaient exposé une cloche équilibrée à usure compensée, du poids de 1,200 kil.

Moulage en sable sur modèle en fonte.

La cloche en bronze est livrée à fr. 3.20 le kil. en gare de Tarbes, et à fr. 3.30 à toute gare de France.

Le système de suspension est à contre-poids; celui-ci est placé au-dessus de la cloche et sur le prolongement de son axe vertical; on le dispose de manière à équilibrer la cloche et à mettre la facilité du mouvement en rapport avec la force du sonneur.

Afin d'arriver à une usure compensée, c'est-à-dire à éviter que le battant frappe toujours au même endroit, la cloche est munie au-dessus d'une roue-pignon qui permet de la faire tourner sur son axe vertical de telle manière, que l'axe de suspension et d'oscillation restant fixe, le battant doit venir frapper à un autre point; de cette façon, l'usure peut être réglée.

Cette usine possède trois cubilots, deux fours à réverbère pouvant fondre chacun 15,000 kil. de métal.

Dubuisson-Gallois, à Paris.

Quatre cloches, en bronze composé de 78 de cuivre et 22 d'étain.

Ancienne maison.

Moulage paraissant un peu moins soigné que les précédents; se faisant en terre en châssis avec noyau en briques; la chape seule est en plusieurs châssis en fer superposés.

On fait tous les ornements en cire pour le moulage en terre.

Cette maison fabrique les petites cloches à partir de 50 kilo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grammes de poids; elle fournit par an 175 à 200 cloches en comptant tout ce qui est moulé en trousseau.

Albert Samassa. à Laybach (Carniole, Autriche).

Cet industriel avait exposé trois belles cloches en bronze, donnant un son très-net et puissant.

C'est la fabrique de cloches la plus importante d'Autriche; elle occupe 150 ouvriers.

La suspension est faite au moyen d'une tige horizontale terminée par des espèces de couteaux qui oscillent sur des coussinets; les oscillations ont lieu sans vibration.

Joseph Pozdech, à Bude-Pest (Hongrie).

Huit cloches petites et grandes, très-bien fabriquées.

Les grosses cloches sont armées à la partie supérieure d'un disque plat sur lequel est fixée une pièce de bois; des griffes de fer embrassent la pièce de bois sur les trois faces libres et elles sont recourbées aux deux extrémités en forme de crochets; ceux-ci viennent se poser sous le disque et supportent ainsi la cloche qui peut facilement tourner autour de son axe quand on veut changer les points de frappe du battant; les anses de suspension sont supprimées; cette disposition est analogue à celle présentée par M. Dancausse.

Les axes de rotation sont formés d'espèces de couteaux.

D'autres cloches sont pourvues d'un chaperon armé de 8 griffes, dont les extrémités libres se placent sous le disque ou couronne en métal, qui surmonte la cloche.

L'avantage du disque est de pouvoir retourner la cloche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

12 à 24 fois quand le battant l'a trop usée sur l'un ou l'autre point. Cela augmente sa durée, et comme l'usure peut être réglée de manière à ne pas présenter de trop grandes différences d'un point à l'autre, la sonorité n'est pas très-altérée. On économise aussi de la place, parce que, avec le disque, le centre de gravité est relevé et il faut ainsi moins d'espace pour mettre la cloche en branle. Enfin, la force nécessaire, pour donner le mouvement à la cloche est réduite; l'exposant prétend que pour sonner avec ce système une cloche de cent quintaux, la force d'un seul homme suffit, tandis qu'il en faut 6 ou 7 pour les cloches attachés au moyen d'oreilles.

Henry M. C. Shane and C°, à Baltimore (Amérique).

Exposition de cloches en bronze ordinaire, très-bien soignées et à beau timbre.

Afin d'obtenir l'équilibre, la suspension est faite au moyen d'une barre de fer qui est fixée au sommet de la cloche et qui descend des deux côtés de cette dernière, jusqu'à une certaine distance au-dessus de la pince ; ces deux branches se recourbent ensuite pour venir se poser sur les coussinets de rotation ; l'axe de rotation n'est donc pas, comme dans les autres cloches, au-dessus du cerveau, mais à une certaine distance au-dessus du plan de la base, calculée de manière que l'appareil soit équilibré pendant son mouvement.

Cette disposition n'est pas nouvelle.

Nous aurions encore à signaler les cloches exposées dans la section italienne : par de Luca-Carmini et fils, à Naples,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cloches ornementées; — par de Poli et C^ie^, à Udine, et de Poli frères, à Vittorio (Trévise), qui toutes étaient remarquables par leur fini, ainsi qu'une cloche brisée et ressoudée envoyée par M. de Luca-Mariano, à Naples ; cette dernière avait toute sa sonorité et sa solidité premières; mais on ne donnait pas le procédé suivi pour opérer la soudure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANGLETERRE

L'Angleterre était assez bien représentée à l'Exposition, malgré l'abstention d'un grand nombre de maisons importantes; il y avait des étalages très-beaux, qui cependant ne présentaient pas beaucoup de ces pièces de dimensions énormes faites en vue d'une exposition et qui ne sont pas des objets de fabrication courante; on remarquait par contre de magnifiques spécimens de minerais, de fontes, de fers et surtout d'aciers.

La métallurgie du fer est, comme on sait, une des branches les plus importantes de l'activité industrielle anglaise; pour en donner une idée, nous indiquerons le nombre de fours ou d'appareils existants à la fin de 1877 dans les usines les plus considérables du pays pour le travail du fer et de l'acier.

Puddlage du fer et laminage :

Consett (Northumberland et Durham) possédait 172 fours à puddler et 7 laminoirs;

Wilton Park, à MM. Bolckow, Waughan and C°, 100 fours à puddler et 6 laminoirs;

Middlebro, à Britannia-Iron-Work en Yorkshire, 120 fours à puddler et 1 laminoir;

Pearson and Knowles, Lancashire, 100 fours à puddler et 15 laminoirs;

Robert Heat and Son, à Tunstalt, dans le North Staffordshire, pour deux usines, 150 fours à puddler et 13 laminoirs;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les forges de Dowlais, près de Merthyr-Tydfil, dans le Glamorganshire, 150 fours à puddler et 13 laminoirs.

Aciéries Bessemer :

Il y avait 25 usines avec 114 convertisseurs; les plus petits de ces appareils, dont on trouve entre autres deux spécimens chez M. Bessemer, à Sheffield, ont 3 trois tonnes et les plus grands 10 tonnes.

L'usine à Bessemer la plus considérable est celle de *Barrow-Hematite-Steel C°*, à Barrow, qui a 18 cornues de 6 tonnes; puis viennent les usines :

De *Mersey, à Liverpool*, 10 cornues de 5 tonnes;

Celle de *John Brown*, à Sheffield, 2 cornues de 6 tonnes, 2 de 7 et 2 de 10 tonnes;

L'usine *d'Ebbw Vale C°*, de Dowlais, 7 convertisseurs de 6 tonnes.

Acieries Siemens-Martin :

Il avait 36 fours à réverbère Siemens-Martin:

La *Landore Siemens Steel C°* en possède 24;

The Steel C°, d'Écosse, 12 fours;

MM. Vickers Son and C°, 10 fours;

The Panteg steel work and Engineering C°, 10 fours, etc., etc.

Comme nous l'avons déjà dit, des usines très-importantes n'étaient pas représentées à l'Exposition; de plus, celles qui avaient fait acte de présence ont été généralement sobres de renseignements ou de documents.

Nous passerons en revue les principaux étalages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

The north of England iron manufacturer's Association, and the Cleveland iron master's Association.

Divers fabricants du nord de l'Angleterre avaient exposé bon nombre de leurs produits; naturellement, tous les échantillons étaient de premier choix; cassures splendides; barres d'un beau fini; échantillons pliés à chaud, à froid, sous toutes les formes et ne montrant pas la moindre trace d'altération; laminages très-beaux; plaques de blindages, etc.; spécimens de minerais de fer, entre autres du Cleveland, dont un bloc pesant 3,500 kil., représentait le volume de ce minerai nécessaire pour produire une tonne de fer.

Cette exposition n'était cependant pas assez grandiose pour donner une idée complète de la puissance de production des usines du nord de l'Angleterre qui forment le groupe industriel le plus important de ce pays, et qui interviennent actuellement pour environ 1/3 dans le chiffre total de la fonte fournie par la Grande-Bretagne. Ce groupe est de beaucoup le plus considérable, bien que ce ne soit que depuis un quart de siècle à peine, que la métallurgie y ait pris sérieusement pied, dans le voisinage de la ville de Middlesborough. Les industriels ont choisi cette localité, parce qu'ils avaient à l'est les gisements connus sous le nom de minerais de fer de la couche de Cleveland, et parce qu'ils trouvaient au nord les houillères du bassin de Durham; enfin, ils s'établissaient pour la commodité de leurs transports sur les rives de la rivière la Tees qui débouche dans la mer un peu au nord de Middlesborough. Les hauts fourneaux se trouvent ainsi à la distance de 6 à 30 kilomètres des mines de fer, de 25 à 40 kilomètres de la houille et de 30 à 65 kilomètres du calcaire que l'on emploie comme castine.

De nombreux chemins de fer sont bientôt venus sillonner la contrée et ont mis les usines, pour ainsi dire, aux portes des mines de fer et des charbonnages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est peu d'exemples d'un développement industriel aussi rapide en un temps aussi court ; à peine le minerai de la couche de Cleveland est-il découvert, vers 1849, que l'on voit surgir des hauts fourneaux et que l'industrie de la fonte et du fer s'implante définitivement dans ces parages où l'on avait pour ainsi dire en vain cherché à l'introduire avant cette époque. A partir de 1850, le nombre des usines va croissant d'année en année, et en 1877, il se trouve que dans ce groupe, il y a 165 hauts fourneaux établis qui peuvent mettre sur le marché une importante quantité de fonte, car par suite des modifications apportées dans les dernières années, ces appareils sont montés sur une grande échelle et capables de réduire par jour des masses de minerais.

Les chiffres ci-après donnent une idée de la marche rapide et de l'importance de la production de ces usines.

Fonte produite dans le groupe de Northumberland, Durham et Yorkshire (North Riding).

ANNÉES.	TONNES de 1.000 KILOGR.	ANNÉES.	TONNES de 1.000 KILOGR.	ANNÉES.	TONNES de 1.000 KILOGR.
1857	535.502	1864	946.458	1871	1.912.502
1858	507.313	1865	1.028.678	1872	1.998.406
1859	627.853	1866	919.740	1873	2.029.483
1860	669.218	1867	1.168.149	1874	2.031.251
1861	629.864	1868	1.236.046	1875	2.078.479
1862	677.210	1869	1.464.272	1876	2.106.698
1863	837.622	1870	1.720.807	1877	2.170.453

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En mettant en regard les chiffres de la production totale de la Grande-Bretagne que nous avons donnés précédemment, on voit de combien le développement a été plus rapide dans ce centre que dans le restant du pays.

Mais si la production des hauts fourneaux a été toujours en croissant, il n'en a pas été de même du fer, témoin les chiffres suivants qui se rapportent aux années 1872 à 1877 :

Fers produits dans le groupe de Northumberland, Durham et Yorkshire (North Riding).

ANNÉES.	TONNES DE 1.000 K.	ANNÉES.	TONNES DE 1.000 K.	ANNÉES.	TONNES DE 1.000 K.
1872	619.407	1874	592.238	1876	427.493
1873	623.070	1875	570.960	1877	402.590

Il est vrai que ces usines ont eu à subir comme dans les autres pays les conséquences de la crise industrielle qui a commencé, à partir de 1874; mais comme nous l'avons déjà dit ailleurs et comme nous le verrons encore, à cette fâcheuse circonstance est venu s'ajouter l'envahissement de plus en plus prononcé des domaines du fer puddlé par les aciers et les fers fondus.

La situation toute particulière dans laquelle se trouvent actuellement les usines à fer du Cleveland, nous engage à entrer dans quelques détails sur les conditions de traitement des minerais de ce groupe.

Le meilleur minerai de fer de Cleveland est un carbonate impur ou protoxyde de fer contenant de 31,50 à 33,70 p. c. de fer métallique, et, entre autres substances étrangères, de 1,07 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1,86 p. c. d'acide phosphorique (1). La fonte produite est donc très-phosphoreuse, et il a fallu bien des soins de la part des métallurgistes de ce groupe pour arriver à fabriquer du fer assez pur pour lutter avec les fers des autres centres mieux favorisés sous le rapport de la qualité du minerai ; ils y étaient parvenus, et les usines à fer allaient en se développant lorsque parut le procédé Bessemer qui permet d'obtenir de l'acier dans des conditions à pouvoir produire des rails de qualité meilleure que ceux en fer que l'on employait exclusivement alors. Tant que le procédé Bessemer eut à sa charge les droits élevés que l'inventeur exigeait, les laminoirs à rails en fer n'eurent pas trop

(1) Voici l'analyse de trois échantillons pris aux points les plus importants de l'exploitation et donnée par M. Jones dans une note lue au meeting du fer et de l'acier du 26 juillet 1871 :

	NORMANBY.	ESTON.	UPHATHAM.
	p. c.	p. c.	p. c.
Protoxyde de fer.	38,06	39,92	37,07
Peroxyde de fer	2,60	3,60	4,48
Protoxyde de manganèse	0,74	0,95	—
Alumine	5,92	7,86	12,37
Chaux	7,77	7,44	4,67
Magnésie	4,16	3,82	2,69
Potasse.	—	0,27	—
Acide carbonique	22,00	22,85	23,46
Silice	10,36	8,76	10,63
Soufre	0,14	0,11	—
Acide phosphorique	1,07	1,86	1,17
Eau.	4,45	2,97	3,36
Totaux. . .	97,27	100,41	99,90
Fer métallique	31,42	33,57	31,97

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à souffrir; mais à partir de 1871, le brevet Bessemer étant tombé dans le domaine public et le procédé Siemens-Martin ayant fait son apparition, les fabricants de rails en fer commencèrent à sentir bien vivement les coups que leur portait leur nouveau concurrent. Aussi, vit-on diminuer sensiblement le chiffre de la fabrication du fer dans le Cleveland et dans les pays qui, jusqu'alors, avaient les chemins de fer pour principal débouché des produits de leurs laminoirs.

Cette substitution de l'acier au fer fut en outre favorisée par la crise industrielle qui se déclara à partir de 1874. Bien que relativement peu nombreuses, les usines à acier se virent dans la nécessité de fixer le prix de vente de leurs rails le plus rapproché possible du prix du rail en fer, afin d'écouler leurs produits qui ne se plaçaient plus aussi facilement que pendant les deux ou trois années qui avaient précédé la crise; de plus, les perfectionnements apportés aux procédés de fabrication Bessemer et Siemens-Martin eurent pour conséquence d'établir, du moins pour le moment, la suprématie du rail d'acier sur le rail en fer puddlé.

Nous disons pour le moment, parce qu'il est probable qu'on arrivera à produire industriellement, avec des fontes phosphoreuses, le fer fondu pur qui aura sa grande place dans la consommation; l'acier est certes un métal excellent, meilleur que le fer tel qu'on le produit actuellement par le puddlage, et qui est nécessaire pour certains usages; mais le fer pur fondu a aussi son grand mérite et pour certains autres emplois, est meilleur que l'acier le plus parfait.

Jusqu'à présent on n'a pu employer pour obtenir ce que l'on nomme les aciers Bessemer et Siemens-Martin, que des fontes produites avec des minerais spéciaux tenant très-peu ou point de phosphore. Les fontes provenant des minerais de Cleveland et des minerais de composition analogue des autres pays, ne pou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vaient donc donner un métal aussi pur ayant les mêmes qualités que celui que l'on obtenait aux convertisseurs Bessemer et au four Siemens-Martin. Les usiniers qui n'avaient que des minerais phosphoreux à leur disposition, comprirent tout de suite à quel danger ils étaient exposés, et ils se mirent immédiatement à la recherche des moyens de sauver leur industrie du fer.

Pour cela, on devait arriver à produire un composé de fer liquide et malléable avec les fontes retirées des minerais phosphoreux; c'était donc ce grand ennemi, le phosphore, qu'il fallait combattre et surtout éliminer, soit lors de la production des fontes au haut fourneau, soit par un affinage de la fonte plus complet que celui que l'on obtenait d'habitude.

Divers moyens furent proposés et expérimentés, les uns ayant pour but de purifier la fonte dans le haut fourneau même; les autres, notamment celui de M. Siemens, tendant à traiter le minerai de fer au moyen de réductifs, dans des fours particuliers, de manière à obtenir du fer ou de l'acier sans avoir à produire d'abord de la fonte, procédé analogue à l'ancien traitement dit à la forge catalane. D'autres enfin visèrent le perfectionnement de l'opération du puddlage dans des fours spéciaux et du traitement dans les appareils Bessemer et fours Siemens-Martin.

Malgré la mise en pratique de plusieurs nouveaux fours à puddler, les Danks, les Pernot, les Spence, les Crampton, les Middeton, les Godfrey et Howson, etc. (1); malgré les recher-

(1) Les systèmes de fours à puddlage mécanique n'ont pas réussi malgré l'économie de main-d'œuvre et même de combustible qu'ils ont donnée, parce qu'ils n'ont pu remplacer l'intelligence du puddleur; cette opération ne doit pas être seulement un travail mécanique, automatique; il y a un travail variable qui fait la science du bon puddleur; il faut que le rablage soit opéré avec plus ou moins d'activité et d'intensité, suivant les circonstances de la marche de l'opération; un puddleur expérimenté fera du bon fer avec une fonte donnée, tandis qu'un ouvrier ne connaissant pas bien son métier et qui croirait n'avoir qu'à fatiguer la matière en fusion, comme cela a lieu dans les fours mobiles, arrivera à de mauvais produits avec la même fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ches et les expérimentations nombreuses faites par les métallurgistes les plus intelligents dans chaque pays, notamment par les savants Lowthian Bell et Siemens, en Angleterre, pour arriver à enlever le phosphore au moyen de l'oxyde de fer ou d'autres substances, l'on n'est pas encore arrivé jusqu'ici à un procédé efficace et industriel. On purifie bien la fonte phosphoreuse par le puddlage, jusqu'à en obtenir une matière aussi bonne que l'acier Bessemer, presque exempte de phosphore ; mais ce produit coûte notablement plus cher que ceux des procédés Bessemer et Siemens-Martin, et par conséquent, ces modes de purification n'ont pas encore atteint le degré de perfection qui doit les rendre pratiques.

M. Siemens fait, depuis assez longtemps, des expériences pour fabriquer l'acier directement dans une espèce de four à réverbère au moyen de minerais phosphoreux ; il cherche à employer à cette fin, un mélange en proportions déterminées de minerais, de fondants et de réductifs ; il est parvenu à produire, à une haute température, du fer métallique assez pur ; mais cela coûtait trop cher. Il poursuit ses études, et dans une séance de l'Institut du fer et de l'acier, il annonçait en 1877 qu'il ne désespérait pas d'aboutir.

De son côté, M. Lowthian Bell s'est appliqué à chercher à purifier la fonte au moyen de l'oxyde de fer ; il a reconnu que la déphosphoration de la fonte pouvait s'obtenir au moyen de l'oxyde de fer que l'on introduit dans le bain, mais qu'il fallait opérer à la température la plus basse compatible avec la fluidité des deux corps, parce que le départ du phosphore est d'autant plus rapide que la température est peu élevée. Il a constaté que le phosphore disparaît très-bien lorsque la température est faible, qu'elle n'est, par exemple, que légèrement supérieure au degré nécessaire pour tenir la fonte à l'état fluide ; mais que, pendant cette opération, le carbone n'est que peu déplacé ; ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est arrivé, en opérant d'après ces principes, à éliminer 85 à 95 p. c. de la quantité de phosphore qui se trouvait dans la fonte, en même temps que le quantum du carbone contenu, n'était réduit que de 8 à 10 p. c.

On obtient donc un produit relativement très-pur de phosphore, mais qui renferme trop de carbone pour être de l'acier. On peut bien ensuite enlever une partie du carbone restant, en élevant la température; mais il arrive alors que le phosphore qui avait passé dans les scories, est repris par le fer, qui redevient ainsi plus ou moins phosphoreux.

Pour amener le métal déphosphoré à une des teneurs en carbone qui constituent les diverses qualités d'acier, on reconnut qu'il serait difficile et surtout peu économique de recourir à de nouvelles opérations, qui auraient dû être exécutées de manière à mettre ce métal à l'abri de toute reprise de phosphore, pendant qu'on lui enlèverait la quantité de carbone qui s'y trouve en trop; on ne pourrait arriver avec les moyens dont on dispose actuellement, à avoir un produit à prix aussi bas et d'une aussi grande homogénéité que celui que l'on obtient des appareils Bessemer ou Siemens-Martin.

Un procédé analogue à celui de M. Bell a été, paraît-il, appliqué récemment dans les usines de M. Krupp, à Essen; nous n'en connaissons pas assez les détails pour en donner une description complète. On introduirait d'abord la fonte en fusion dans un four système Pernot, à garnissage très-chargé d'oxyde de fer, et lorsque le silicium et le phosphore seraient passés dans la scorie, on coulerait le métal épuré dans un four Siemens, où il serait converti en acier. Mais arrivera-t-on à éliminer plus de phosphore qu'avec le procédé Bell?

Après divers essais, M. Krupp s'est cependant décidé à appliquer en grand le procédé Pernot; reste à savoir si l'acier qu'il obtient ne coûte pas plus cher que l'acier Bessemer ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Siemens-Martin; c'est probable. Mais il se peut que le prix de revient ne soit qu'accessoire si cet acier est destiné à la fabrication des canons, parce que les bénéfices que M. Krupp réalise dans cette branche de son industrie sont, paraît-il, tellement élevés, qu'il peut très-bien employer pour cet usage un acier plus cher, si celui-ci présente un léger avantage comme qualité sur les autres aciers.

Il est impossible de donner ici les détails de toutes les expériences entreprises dans ces dernières années, en Angleterre, en France et en Belgique, pour arriver à produire un métal analogue à l'acier, avec des matières renfermant relativement beaucoup de phosphore : cela nous conduirait trop loin. D'ailleurs, les remarquables mémoires lus aux séances de l'Institut du fer et de l'acier, par MM. Bell, Siemens et autres métallurgistes distingués, ont été publiés et sont connus des personnes qui s'occupent particulièrement de la question; plusieurs de nos ingénieurs belges ont aussi produit des études très-importantes.

Nous signalerons seulement que M. Bell avait exposé au Champ-de-Mars, une série d'échantillons de fers qu'il a obtenus en faisant agir l'oxyde de fer sur la fonte (il a employé 1/4 à 1/3 de minerai grillé); on a pu très-bien voir que ces fers étaient de bonne qualité, et des analyses ont montré que des fontes ainsi traitées, provenant de minerais à 1,5 p. c. de phosphore, ne contenaient plus qu'une faible partie de ce métalloïde, et conservaient encore 2 1/2 à 2 3/4 p. c. de carbone.

Bien que l'on n'ait pas encore trouvé un moyen économique de produire des fontes à acier Bessemer ou Siemens-Martin, avec les minerais phosphoreux du Cleveland, les recherches et les expériences entreprises jusqu'ici ont eu au moins pour résultat immédiat de faire bien connaître le rôle que joue chacun des éléments constituants de la fonte, dans les opérations

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'affinage aux divers fours à puddler et aux appareils Bessemer et Siemens-Martin. On en est venu à se convaincre qu'avec les moyens dont on dispose *actuellement*, les minerais phosphoreux ne peuvent donner au haut fourneau que des fontes phosphoreuses dont le traitement dans les convertisseurs Bessemer, n'est pas possible avec le mode actuel d'opérer, la température qu'on y développe pour brûler le carbone et le silicium, étant trop élevée pour que le phosphore qui a d'abord passé dans la scorie, ne rentre pas dans le métal; l'on ne sait pas arriver à un produit ayant les qualités du métal fondu. Ces mêmes fontes peuvent bien être déphosphorées par le puddlage sur sole, mais l'on n'obtient alors que du fer proprement dit, moins homogène que l'acier coulé. En un mot, on a reconnu qu'avec des minerais phosphoreux, on n'arriverait pas encore à faire de l'acier à aussi bas prix qu'avec les minerais ne contenant que très-peu de ce métalloïde.

La situation des métallurgistes du nord de l'Angleterre qui n'ont à leur disposition que le minerai phosphoreux du Cleveland, n'est donc pas sans présenter un point noir; ils ont basé leur industrie sur le traitement de ces minerais, et les fontes qu'ils obtiennent sont trop phosphoreuses pour être passées aux appareils Bessemer et Martin dans les conditions présentes de leur fonctionnement; elles exigeraient par les autres procédés trop de dépenses pour être converties en métal coulé et malléable. Cependant, le grand emploi de ces fontes était la production des fers pour rails, débouché qui se restreint de plus en plus, puisque le rail en acier fondu envahit à grands pas les marchés de tous les pays.

Pour sauver la situation des usines qui ne traitent que cette espèce de minerais, il faut ou arriver à produire directement, soit au haut fourneau, soit à d'autres fours, de la fonte ou de l'acier exempt de phosphore; ou trouver un moyen de purifier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fonte dans des fours à puddler, sans qu'elle reprenne le phosphore qu'on lui a enlevé au préalable sans difficulté; ou bien encore perfectionner le procédé Bessemer de manière à éliminer ce métalloïde après ou avant que la fonte ait été amenée dans le convertisseur au degré de carburation voulu pour constituer l'acier que l'on a en vue; ou enfin, que l'on parvienne à bien constater, comme on semble vouloir y arriver, que, dans des conditions déterminées, le phosphore peut se trouver dans le fer en proportion sensiblement plus forte qu'on ne le supposait, et cela tout en conservant au métal les qualités requises pour en faire un rail presque aussi bon que le rail en acier Bessemer ou Siemens-Martin.

Les études sont poursuivies avec ardeur; on parviendra dans un temps plus ou moins proche, à trouver un moyen économique d'appliquer les procédés de purification que l'on connaît ou bien l'on fera de nouvelles découvertes.

Déjà, au meeting du fer et de l'acier du 28 mars 1878, M. Sidney Thomas a annoncé qu'il était arrivé dans le convertisseur Bessemer à réduire considérablement la quantité de phosphore qui se trouvait dans la fonte; il a reconnu que la déphosphoration peut se faire, lorsque la scorie est suffisamment basique et ne contient pas plus de 11 à 12 p. c. d'acide phosphorique. Il a traité des fontes à 1,5 de phosphore et a obtenu de l'acier ne contenant pas plus de 0,001 de ce métalloïde; il a constaté par expérience que pour produire des scories suffisamment basiques, la garniture intérieure du convertisseur ne doit pas renfermer plus de 15 p. c. de silice et qu'il faut ajouter une proportion de réactifs basiques (chaux vive ou mélange de chaux et de minerai de fer riche) telle, que la scorie produite ne contienne pas plus de 15 à 16 p. c. de silice.

Partant de ces données, M. Thomas a essayé des briques composées de calcaire magnésien broyé, comprimé, qu'il a forte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment chauffées et il est parvenu à enlever une forte partie du phosphore; une fonte tenant 1,5 p. c. de ce corps a produit ainsi un acier ne renfermant que 0,0008 de phosphore. C'est un résultat magnifique qui, cependant, a besoin d'être confirmé par de nouvelles expériences; il faudra voir aussi si l'application pourra être faite en grand et si le revêtement supportera un nombre convenable d'opérations.

Nous devons dire ici que l'idée première d'employer des revêtements très-basiques n'appartient pas à M. Thomas; dès 1872, M. Snelus, chimiste anglais, prenait un brevet pour l'usage d'un revêtement basique dans les convertisseurs Bessemer; on fit des essais qui ne réussirent pas. Vers cette époque, M. Tessié du Motay, à Terre-Noire (France), essaya la magnésie comme revêtement, mais n'aboutit pas. Plus tard, la Compagnie Blaenavon, à Monmouthshire, fit usage du silicate de soude et de chaux, mais échoua aussi parce que ce revêtement se détériorait avec grande rapidité; cette Compagnie mit en œuvre, sans plus de succès, des briques de calcaire magnésien terreux.

D'autres travaux entrepris en Angleterre, ont établi que la présence du silicium dans des fontes phosphoreuses, est un grand obstacle à l'enlèvement de ce dernier métalloïde; on a reconnu que des fontes à 2 p. c. de silicium et phosphoreuses ne pouvaient pas être purifiées de phosphore par les procédés de puddlage connus, sans affiner ou griller d'abord, pour faire disparaître une grande partie du silicium; que des fontes phosphoreuses à moins de 1 p. c. de silicium, pouvaient donner de bons fers au puddlage sans opération préalable. C'est encore un progrès que de bien connaître le rôle que joue le silicium en présence du phosphore dans les fontes; le silicium empêche l'oxydation du phosphore; par conséquent ces sortes de fontes pourront être purifiées facilement et industriellement par les moyens dont on dispose, si elles ne contiennent que très-peu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de silicium, ou si l'on trouve un procédé économique pour leur enlever assez de cette substance pour que ce qui pourrait en rester ne fût pas un obstacle au départ du phosphore. Nous avons déjà eu occasion de dire un mot de cette réaction en parlant des recherches faites par MM. Dupont et Fould.

Il est facile de comprendre de quelle importance doit être pour le groupe des forges du nord de l'Angleterre, la solution de ce grand problème; c'est pour ainsi dire une question de vie ou de mort pour ces usines et pour d'autres encore de ce pays, car les 5/6 de la fonte produite dans le royaume, sont tirés de minerais plus ou moins phosphoreux; l'intérêt est aussi palpitant pour celles de nos usines belges qui ne sont organisées que pour traiter des fontes obtenues des minerais du pays ou des centres producteurs voisins, minerais qui tiennent tous des quantités de phosphore plus ou moins considérables.

Nous ne nous occuperons pas davantage de ce qui concerne les usines belges, n'ayant à parler dans ce rapport que de la métallurgie des pays étrangers au nôtre.

Si le Cleveland métallurgique peut paraître menacé pour le moment, il n'en est pas de même d'autres grands centres anglais qui ont d'excellents minerais à fontes spéciales, à fontes à acier, etc., qui sont alimentés entre autres par les hématites rouges et brunes, par les minerais magnétiques et spathiques, etc., et qui sont dans une bonne situation sous le rapport du combustible minéral. Ces centres ont les éléments pour opérer utilement les transformations qui sont la conséquence du grand bouleversement que l'apparition des procédés Bessemer et Siemens-Martin a produit depuis quelques années dans l'industrie du fer; aussi les voyait-on représentés à l'Exposition par de magnifiques spécimens d'acier sous toutes les formes et applications nouvelles.

A part les produits de M. Bell et d'autres à l'appui des pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédés qu'ils ont expérimentés, l'exposition collective des maîtres de forges du Cleveland ne renfermait rien de très-particulier ; on y voyait, comme nous l'avons dit, et ce qu'on rencontrait d'ailleurs dans les autres pays, des fers fort bien travaillés, de bonne qualité et qui, eu égard à la nature du minerai qui avait servi à les produire, indiquaient que les opérations aux hauts fourneaux et aux fours à puddler, étaient conduites avec une grande intelligence et une rare perfection ; les cassures, les fers, les barres, etc., pliés, tordus, noués sous toutes formes et sans qu'on pût découvrir la moindre trace d'altération, montraient suffisamment que ces fers étaient le produit d'une fabrication soignée.

Pour terminer ce qui se rapporte à l'exposition collective des maîtres de forges qui nous occupe, nous donnerons le détail, d'après M. Hunt, des hauts fourneaux, fours à puddler, laminoirs, etc., du groupe de Northumberland, Durham et Yorkshire (North Riding) existant au 31 décembre 1877, et nous y ajouterons les totaux pour les autres groupes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HAUTS FOURNEAUX.

Groupes de Northumberland, Durham et Yorkshire (N. R.).

NOM DES USINES.	PROPRIÉTAIRES.	Nombre de hauts fourneaux	Nombre de hauts fourneaux en feu en 1877.
Northumberland.			
Elswick, Newcastle-on-Tyne .	W. G. Armstrong and C° . .	2	1
Walker, id. .	Bell frères, Limited	2	0
Durham.			
Carlton, Stockton-on-Tees . .	The Carlton Iron C°	3	3
Port Clarence, Middlesbro'. .	Bell frères, L.	12	10
Consett, Durham	Consett Iron C° L.	6	5
Ferry Hill, Durham	Rosedale and Ferry Hill, C° L.	10	6 (1)
Jarrow-on-Tyne	Palmer's C° L.	3	2
Middleton, Darlington . . .	George Wythes and C° . . .	4	0
Norton, Stockton-on-Tees . .	Norton Iron C° L.	3	2 (2)
Norwegian id. . .	Titanic Iron C° L.	2	0
Vane and Seaham, Stockton-on-Tees	Waston, Kipling C° L. . . .	2	0
South Durham, Darlington. .	South Durham Iron C° L. . .	3	3 (3)
Towlaw, Darlington	Weardale Iron and coal C° L.	4	2
Tudhoe, Spennymoor . . .	Id. id.	2	0
Wear, Washington	Bell frères, L.	1	0
West Hartlepool, Washington.	West Hartlepool Iron C° L. .	3	0
Witton Park, Washington . .	Bolckow, Vaughan, C° L. . .	6	4
Stockton, North Shore . . .	Stockton, Iron C°	3	0
Tees Bridge, Stockton . . .	Tees Bridge Iron C° L. . . .	3	3
	TOTAUX. . .	74	41
	Production de fonte. ton. angl.	734.438	

(1) Six fourneaux pendant 3 mois et 5 pendant 9 mois.
(2) Pendant 7 mois seulement.
(3) Pendant 6 mois seulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HAUTS FOURNEAUX (*suite*).

Groupes de Northumberland, Durham et Yorkshire (N. R.).

NOM DES USINES.	PROPRIÉTAIRES.	Nombre de hauts fourneaux	Nombre de hauts fourneaux en feu en 1877.
Yorkshire (North Riding).			
Aeklam, Middlesbro'. . . .	Stevenson Jacques and C° . .	4	3
Ayresome, id.	Gjers, Mills and C°	4	4
Cargo Fleet, id.	Swan, Coates and C°. . . .	5	3
Clay Lane, Eston Junction . .	Thomas Vaughan and C° L. .	6	6
Coatham, Middlesbro' . . .	Downey C°	2	2
Middlesbro' id. . . .	Bolckow, Vaughan, C° L. . .	3	3
Cleveland, id. . . .	Id. id. . .	11	11
Glaisdale, Yarm	South Cleveland Iron, C° L. .	3	0
Grosmont, Whitby	Chas. and Thos. Bagnal, jr. .	3	2
Lackenby, Middlesbro' . . .	Lackenby, Iron C°	3	3
Linthorpe, id. . . .	Lloyd and C°	6	6
Loftus, id. . . .	The Loftus Iron C° L. . . .	2	2 (1)
Newport, id. . . .	B. Samuelson C°	6	6
Normanby, id. . . .	Jones, Dunning C°	3	3 (2)
Ormesby, id. . . .	Cocharne and C°	4	3
Redcar, id. . . .	Robson, Maynard and C° . .	4	4
South Bank, id. . . .	Thomas Vaughan C° L. . .	8	2
Tees, id. . . .	Gilkes, Wilson, Pease C° . .	5	5
Tees Side, id. . . .	Hopkins, Gilkes C° L. . . .	4	4
Thornaby, Stockton	William Whitwell C° . . .	3	3
	Totaux de Yorkshire (N. R.) .	89	75
	Production de fonte id.	1.374.582	

(1) Deux fourneaux pendant 5 mois seulement.

(2) Pendant 2 mois seulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HAUTS FOURNEAUX. — *Autres groupes.*

GROUPE DU	Nombre de hauts fourneaux		Production de fonte. — Tonnes anglaises.
	total.	en feu en 1877.	
Yorkshire (West-Riding)	48	30	229.027
Derbyshire	53	37	328.203
Lancashire	50	33	624.189
Cumberland	50	26 3/4	538.156
Shropshire	23	14	102.180
Staffordshire (North)	35	25	255.383
Staffordshire (South)	146	57	428.276
Northamptonshire	20	13	106.948
Lincolnshire	21	10	116.857
Gloucestershire	9	4	25.602
Wiltshire, Hampshire et Somersetshire	9	3	25.150
North-Wales.			
Denbighshire	9	3 1/2	26.715
Flintshire	2	0	
South-Wales. — Fours à anthracite.			
Glamorganshire	11	4	
Brecknockshire	2	0	
South-Wales. — Fours au coke.			342.478
Glamorganshire	76	26	
Monmouthshire	61	30	368.480
Écosse.			
Ayrshire	41	29	306.285
Lanarkshire	90	73	620.474
Fifeshire, Linlithgowshire, Stirlingshire et Argyleshire	21	7	55.241
Royaume-Uni.	940	541 1/4	6.608.664

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici, en dehors des usines de Northumberland, Durham et Yorkshire (North Riding), les sociétés qui possèdent le plus grand nombre de hauts fourneaux :

	NOM DES USINES.	Nombre de hauts fourneaux	Nombre de hauts fourneaux en feu en 1877.
Monmouthshire	Ebbw-Vale Steel, Iron Cº L.	21	15
Écosse-Ayrshire	Eglington Iron Cº.	20	14
Id. et Lanarkshire.	Merry et Cunninghame L. .	19	15
Glamorganshire	Dowlais Iron Cº	18	13
Id.	The Aberdare Plymouth Cº L.	17	0
Lancashire	Barrow Hematite Steel Cº L.	16	12
Écosse-Lanarkshire	William Baird and Cº . . .	16	11
Id.	Coltness Iron Cº	12	12
Id.	William Dixon L.	11	8
South-Wales-Glamorganshire .	Ystalyfera Iron Cº	11	4
Monmouthshire	Blaenavon Iron and Steel Cº L.	10	6
Lancashire	Wigan Coal and Iron Cº L.	10	4
Glamorganshire	Robert Crawshay	10	0
Monmouthshire	Nantyglo and Blaina Iron Cº L.	10	0

Plusieurs autres sociétés possèdent 9, 8, 7, etc., hauts fourneaux, et en ont eu 7, 6, 5, etc., en feu en 1877.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FOURS A PUDDLER ET LAMINOIRS.

NOM DES USINES.	PROPRIÉTAIRES.	Nombre de fours à puddler.	Nombre de laminoirs.
Nothumberland et Durham.			
Albert Hill, Springfield . . .	Darlington Iron Cº Limited. .	172	8
Consett	Consett Iron Cº L.	171	7
West Harlepool	West Harlepool Iron Cº L. .	116	3
Witton Park	Bolckow, Vaughan and Cº L.	99	6
Anckland, Whessoe	Thomas Vaughan and Cº . .	80	2
Jarrow	Palmer's Cº L.	72	6
Skerne	Skerne Iron Works Cº L. .	72	5
Gateshead	Hawks, Crawshay and sons. .	65	5
Stockton.	Stockton Malleable Iron Cº L.	62	6
Moor.	Johnson and Reay	58	0
Thornaby.	W. Whitwell and Cº. . . .	42	8
	Plus 15 divers, ensemble . .	310	33
	TOTAUX. . .	1.319	89
Yorkshire (Cleveland district).			
Tees Side	Hopkins, Gilkes and Cº L. .	73	4
Cleveland, Middlesbro . . .	Bolckow and Vaughan Cº L.	67	5
Errimus.	Errimus Iron Cº L. . . .	50	0
Newport.	Fox, Head and Cº.	42	4
Imperial.	Jackson, Gill and Cº L. . .	40	0
	Plus 10 divers, ensemble . .	153	13
	TOTAUX. . .	425	26
Leeds and Bradford district.	14 usines ayant chacune moins de 40 fours à puddler; une a 7 laminoirs, deux ont 6, quatre ont 5, les autres moins, ensemble	377	61

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FOURS A PUDDLER ET LAMINOIRS (*suite*).

NOM DES USINES.	PROPRIÉTAIRES.	Nombre de fours à puddler.	Nombre de laminoirs.
Sheffield and Rotherham district.			
Park Gate	Park Gate Iron Cº L.	86	7
Atlas Steel and Iron (Swenton).	John Brown and Cº L.	80	17
Elsecar, Milton	George Dawes	64	7
Cyclops, Gremisthorpe	Ch. Cammell and Cº L.	42	10
Millsands, Yorkshire Steel and Iron	Sheffield Forge and Rolling Mills Cº L.	0	20
	Plus 9 autres usines, ensemble.	168	27
	TOTAUX.	440	88
Derbyshire.			
Butterley	The Butterley Cº	42	7
	Plus 5 autres usines, ensemble.	66	7
	TOTAUX.	108	14
Lancashire.			
Bewsey, Dallam, Moss Side	The Pearson and Knowles Cº L.	100	15
	Plus 19 autres usines de moins de 40 fours, ensemble.	239	62
	TOTAUX.	339	77
Cumberland.	5 usines de moins de 40 fours, ensemble.	50	12
Shropshire.			
Horschay	Coalbrookdale Iron Cº	42	5
	Plus 7 usines de moins de 40 fours, ensemble.	140	19
	TOTAUX.	182	24

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FOURS A PUDDLER ET LAMINOIRS (*suite*).

NOM DES USINES.	PROPRIÉTAIRES.	Nombre de fours à puddler.	Nombre de laminoirs.
North Staffordshire.			
Biddulph Valley, Norton, Ravensdale	Robert Heath and son . . .	143	13
Shelton Bar Iron Works. . .	Shelton Bar Iron C° . . .	95	8
Clough Hall (Kidsgrove) . .	Kinnersly and C°	80	7
Silverdale	Stannier and C°	56	5
	Plus 3 usines, ensemble . . .	71	6
	TOTAUX. . .	443	39
South Staffordshire.			
Bloomfield	W^m^ Barrows and sons . . .	92	10
Old Park	Patent Shaft and Axletree C° L.	85	8
Bromford	Ino. Dawes and sons	66	7
Corngreaves	New British Iron C°	60	8
Shrubberg	Loveridge and C°	45	6
Bankfield, Bradleyfield . . .	S. Groucutt and sons. . . .	44	8
Netherton	Neah Hingley and sons . . .	43	4
Lea Brook, Imperial	Ino. Bagnall and sons L. . .	43	3
Pelsall	Pelsall Coal and Iron C° L. .	40	5
	Plus 110 usines de moins de 40 fours, ensemble. . . .	1.418	279
	TOTAUX. . .	1.936	338
Gloucestershire.	Une usine, Forest of Deam C°L.	3	2
Sommersetshire.	Une usine, Joseph Tinn . . .	22	3
North Wales.	Deux usines, ensemble . . .	40	6
South Wales. *Glamorganshire.*			
Dowlais	Dowlais Iron C°	150	13 (1)

(1) 26 fours et 4 laminoirs ont marché.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

FOURS A PUDDLER ET LAMINOIRS (*suite*).

NOM DES USINES.	PROPRIÉTAIRES.	Nombre de fours à puddler.	Nombre de laminoirs.
South Wales. *Glamorganshire.*			
Liynvi, Tondu	Liynvi, Tondu and Ogmore Co.	73	8
Ystalyfera	Ystalyfera Iron Co	42	16
Briton Ferry	Townsand Wood and Co. . .	42	4
	Plus 4 usines, ensemble . . .	45	22 (1)
	TOTAUX. . .	352	63
Brecknockshire.	Une usine, The Welsh Iron Co.	20	2
Monmouthshire.			
Victoria, Ebbw Vale, Pontypool	Ebbw Vale Iron Co	120	12
Blaenavon	Blaenavon Iron and Coal Co L.	82	8
Rhymney	Rhymney Iron Co L. . . .	79	6
Tredegar	Tredegar Iron and Coal Co L.	70	5
	Plus 2 autres usines, ensemble.	44	7
	TOTAUX. . .	395	38
Écosse.			
Glasgow, Motherwell. . . .	Glasgow Iron Company . . .	87	12
Calder bank and Chapelhall .	Monkland Iron Co.	45	7
	Plus 13 usines de moins de 40 fours, ensemble. . . .	213	34
		345	53
TOTAL GÉNÉRAL POUR 263 USINES. . .		6.796	935
Il y a, en outre, 37 usines qui n'ont pas travaillé pendant l'année 1877.			

(1) Dans ces chiffres est comprise l'usine de M. W. Broker, à Melin, qui a 7 fours, dont 4 doubles, et 16 laminoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant la même année 1877, il y a eu en outre 211 laminoirs à fer-blanc en activité sur 261 établis dans 75 usines, et la production a été de 86,738 tonnes pour le Royaume-Uni.

Whitworth (J.) and C° limited, — Manchester.

Cette Compagnie avait fait une magnifique exposition de pièces en acier qui ont été jugées par les classes 54 et 68; nous ne parlerons donc ici que de ce qui concerne plus particulièrement la classe 43.

On fabrique l'acier dans deux fours Siemens-Martin.

Nous rappellerons que M. Whitworth est l'inventeur du procédé qui porte son nom pour la compression de l'acier fluide dans la lingotière même, au moyen d'une presse hydraulique, afin de prévenir et de réduire les soufflures. La lingotière qui reçoit le métal fluide est en acier; l'intérieur est formé d'une série de douves verticales en fonte, recouvertes d'argile réfractaire, laissant entre elles et sur toute la hauteur un petit intervalle pour le passage des gaz qui sont expulsés par la compression. Lorsqu'on coule des lingots creux, on dispose au centre de la lingotière, un noyau composé comme le revêtement en fonte. La matière comprimée se contracte sensiblement. D'après M. Whitworth, une pression de 960 kil. par centimètre carré, exercée pendant 5 à 6 minutes sur un cylindre de $2^{m}40$ de hauteur, avec centre creux de métal liquide, réduirait cette hauteur à $2^{m}30$. Ce seraient les gaz dilatés par la chaleur qui rendraient la matière aussi poreuse; peut-être aussi la dilatation de la lingotière et d'autres actions chimiques des gaz contribueraient-elles à produire cette forte diminution de volume du métal fondu.

La compression de l'acier est principalement employée dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la fabrication des canons et des plaques pour le blindage des navires.

Les aciers de cette Compagnie sont très-estimés; elle les classe en quatre groupes ayant chacun une couleur spéciale et de convention; chaque groupe comprend trois numéros, le n° 1 étant le plus ductile et le n° 3 le moins.

Les charges de rupture et les allongements seraient les suivants :

COULEUR DES GROUPES.	CHARGE DE RUPTURE.	ALLONGEMENT MESURÉ SUR 5 CENTIMÈT. DE LONGUEUR.
	kil.	
Rouge nos 1 — 2 — 3	64,0	32
Bleu nos 1 — 2 — 3	76,7	24
Brun nos 1 — 2 — 3	92,7	17
Jaune nos 1 — 2 — 3	108,8	10

Voici quelques-unes des destinations que la Compagnie assigne à ses aciers :

Le groupe rouge : essieux, bielles, bandages, canons, chaudières, cylindres de presses hydrauliques, manivelles de machines, etc.

Le groupe bleu : essieux, arbres, marteaux, broches, frettes de canons, garnitures de machines marines, colonnes de presses hydrauliques.

Le groupe brun : outils de tours, cisailles, machines à percer, ciseaux, tarauds, poinçons, cylindres de laminoirs, boulets pour navires blindés.

Le groupe jaune : outils à forer, raboter, aléser, tourner.

La vitrine de cette Compagnie présentait, comme nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'avons dit, beaucoup de pièces remarquables; on pouvait distinguer entre autres :

Une chemise de cylindre pour machine à vapeur de navire, fabriquée d'un anneau d'acier comprimé dans l'état fluide et amené à sa dimension en le forgeant; elle avait 1^m50 de longueur, 1^m98 de diamètre intérieur, et 0^m04 d'épaisseur;

Une chambre en acier comprimé dans l'état fluide pour emmagasinage de l'air employé comme force motrice dans les torpilles, pouvant résister à une pression intérieure de 150 kilogr. par centimètre carré; la compression et le forgeage avaient été faits par la presse hydraulique;

Un arbre à hélice fabriqué d'un anneau d'acier comprimé dans l'état fluide et forgé creux; longueur 10^m26, diamètre extérieur 0^m45, diamètre du trou 0^m30; on avait donc économisé plus de 1/3 du poids;

Un cylindre hydraulique en acier comprimé supportant une pression de 10,000 kil. par centimètre carré.

Ces pièces, ainsi que toutes les autres, étaient fort belles et d'une exécution irréprochable.

Par la forte compression que l'on exerce sur le métal fondu, on arrive à produire l'acier sans soufflures.

Cette Compagnie a fait soumettre dernièrement à des expériences de tir, une plaque de blindage fabriquée d'après un procédé nouveau; cette plaque était formée de plusieurs secteurs hexagonaux d'acier fondu, composés chacun d'une série d'anneaux concentriques entourant un disque central. Le but de cette disposition est de remédier au principal défaut des plaques en acier, la grande tendance à se fendre sous le choc; les fentes ne pouvant passer d'un anneau au voisin, se trouvent ainsi localisées. Cette plaque qui n'avait que 228 millimètres d'épaisseur, n'a pu être que légèrement entamée par un boulet qui aurait traversé une plaque en fer de 304 millimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour juger de la qualité de ses aciers, M. Whitworth fait usage entre autres d'une machine à essayer, composée d'une presse hydraulique qui exerce son action sur une extrémité libre de la pièce soumise à l'épreuve, tandis que l'autre est fixe; les pièces en expérimentation ont de 5 à 6 centimètres de longueur, et le liquide sur lequel on agit dans la presse, est de l'huile. Un spécimen de cet appareil figurait à l'Exposition; mais ce système ne paraît pas être le meilleur; il y en avait d'autres qui semblaient mieux remplir le but. Comme ces machines appartenaient à une autre classe, nous ne nous en occuperons pas plus longuement.

John Brown and C° limited, — Sheffield.

Grande usine, importante Société.

Avait exposé des plaques de blindage, des échantillons d'acier dont plusieurs de la qualité dite *atlas,* des roues élastiques de chemins de fer avec centre en papier comprimé, etc.

Possède trois hauts fourneaux, dont deux ont été en activité en 1877; plus, 80 fours à puddler, 17 laminoirs et une fabrique d'acier par le procédé Bessemer, composée de 2 convertisseurs de 6 tonnes, 2 de 7 et 2 de 10.

Cette maison est la première qui ait installé en grand la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer; c'est elle aussi qui, jusqu'ici, a établi les plus grands convertisseurs.

Elle fabrique également des aciers puddlés, fondus et de cémentation pour ressorts; des fers fins pour bandages, blindages, tôles, rails, etc.

L'acier *atlas,* très-réputé, est d'une grande ténacité et d'une douceur remarquable; son grain est très-fin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici l'énumération de plusieurs des objets qui avaient été exposés :

Un bout coupé d'une plaque de blindage en fer de 61 centimètres d'épaisseur ;

Un morceau de plaque de blindage en fer de 56 centimètres d'épaisseur, cassé à froid à la presse hydraulique. Cet échantillon montrait que la compression donne une cassure cristalline, même au fer le plus fibreux ;

Un morceau d'une plaque de blindage en fer, essayée avec un canon de 178 millimètres de diamètre, 11ᵏ8 de poudre et un boulet de Palliser, accusant une pénétration de 203 millimètres ; le fer avait été refoulé à l'extérieur et se présentait sur une partie du pourtour du trou, en larges bavures déchirées. En dehors du trou, il n'y avait aucune trace de dégradation, le fer avait été labouré au point de frappe seulement, sans fissures sur les côtés ;

Un morceau d'une plaque de blindage système mixte, composée d'une plaque d'acier de 114 millimètres d'épaisseur recouvrant une plaque de fer également de 114 millimètres à laquelle elle était bien soudée ; cette plaque mixte avait été éprouvée avec un canon de 178 millimètres de diamètre, 13ᵏ6 de poudre et un boulet Palliser ; il y avait eu pénétration de 110 millimètres, tandis que dans la plaque de fer ci-dessus, la pénétration avait été de 203 millimètres ;

Un boulet en acier fondu, forgé au marteau ;

Divers échantillons de tôles d'acier dit *atlas*, pour chaudières marines, embouties à chaud ;

Des barres d'acier de 25 et 12 millimètres, soumises à 4 et 5 torsions consécutives ;

Deux cassures de tôles d'acier de 6 et 14 millimètres essayées avec un effort de traction de 4,650 kil. et de 4,410 kil. par centimètre carré ; allongement 25,78 p. c. réduction, 52 p. c. et 53 p. c.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une partie de tôle d'acier de 16 millimètres pliée en deux après avoir été refroidie dans de l'eau à 16°;

Diverses tôles d'acier de 6, 8, 12 millimètres pliées à froid, courbées de différentes manières;

Des barres d'acier pliées à chaud et à froid;

Des tôles d'acier de 9 et de 16 millimètres en forme d'hémisphères, embouties à froid; diamètre intérieur, 254 et 247 millimètres, profondeur 143 et 124 millimètres;

Enfin, le corps d'une roue en papier comprimé, fabriqué à la presse sous une pression de 400 tonnes, tourné et alésé, prêt à monter.

Ces roues à corps en papier sont, paraît-il, en usage depuis plusieurs années sur divers chemins de fer d'Amérique; on vient d'en faire l'application en Angleterre. Le corps est muni d'un cercle ou bandage en acier parfaitement appliqué. Ces roues ont, dit-on, sur les roues entièrement en métal, l'avantage de durer plus longtemps, et, lorsque le bandage est usé, après 3 ou 3 1/2 années de service, de pouvoir encore être utilisées en ajustant un nouveau cercle. Il est de ces roues de locomotives restaurées, qui ayant fonctionné pendant plusieurs années, ont fait un parcours kilométrique qui aurait entraîné l'usure de 8 à 9 roues en fonte.

Dans ces conditions, il y aurait une économie à employer cette nouvelle espèce de roues, et l'on trouverait en outre une sécurité plus grande, parce que le corps en papier bien comprimé, est moins sujet à se rompre que le corps en fonte.

C'est donc encore une nouvelle application industrielle du papier comprimé; on en a déjà fait des tuyaux de cheminées, des colonnes marbrées, etc., des corniches pour les décorations à l'intérieur, des entablements, des tapis d'appartements, et même, l'on est arrivé à appliquer cette pâte à la préservation des doublages métalliques des navires. La fabrication des roues

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de locomotives et de wagons n'est pas une des moins intéressantes.

Les plaques de blindage composées de moitié fer puddlé et moitié acier coulé, sont formées en faisant couler l'acier fondu sur la plaque puddlée portée à une température convenable et dont on a garni les bords de haussettes en fer pour retenir le métal liquide ; le soudage se fait très-bien. Ce système de fabrication, à en juger par le résultat des expériences auxquelles ces plaques ont été soumises, comparativement à celles en fer puddlé pur, est appelé à fixer l'attention, puisque la pénétration du boulet dans celles de cette dernière espèce, a été sensiblement plus profonde.

Ces plaques sont faites d'après le procédé Ellis. En recouvrant le fer d'une couche d'acier, l'on a pour but d'obtenir le bris du boulet lorsqu'il vient frapper la plaque et la rupture de la partie en acier, de manière à préserver la partie en fer puddlé. D'après les expériences faites à Portsmouth, en 1878, l'acier doux de recouvrement serait meilleur que l'acier plus dur ; avec le premier, la plaque de recouvrement a été brisée, le projectile a été cassé et celle de fer a résisté ; il ne s'y est produit qu'un enfoncement à l'endroit de frappe du boulet ; avec l'acier dur, la plaque a été fendue de part en part, le fer aussi bien que l'acier, et le boulet a été réduit en morceaux.

D'autres essais n'ont cependant pas donné des résultats aussi favorables que ceux que nous venons d'indiquer ; une plaque de $0^{m}229$ d'épaisseur totale a été traversée à peu près entièrement par le premier coup de canon ; un deuxième coup l'a pour ainsi dire détruite.

On remarquait que les plaques en fer étaient soudées ; on voyait ainsi que ce travail avait été tout particulièrement soigné.

La maison John Brown est une des plus renommées pour la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fabrication des plaques de blindage; elle est arrivée à en faire de très-fortes dimensions, par exemple, de plus de 4^m90 de long sur 3 mètres de large et 0^m13 d'épaisseur. Cette forte largeur était une grande difficulté à vaincre; pour arriver à ces dimensions, il a fallu faire une pièce de 5^m61 de long sur 4^m12 de large et 0^m13 d'épaisseur; c'est après rognage qu'elle a été amenée aux premières dimensions indiquées.

Une autre difficulté de cette fabrication, c'est le réchauffage de la plaque qui doit être répété plusieurs fois; si l'on ne prend pas bien soin d'empêcher l'oxydation du fer en mettant la plaque dans le four à l'abri des flammes oxydantes, on obtient un mauvais produit, du fer brûlé; aussi, les ouvriers ne manquent-ils jamais de boucher autant que possible, avec de la houille, les joints ou ouvertures des portes, etc., et de favoriser ainsi la production de gaz hydrocarburés qui empêchent l'oxydation de la plaque. C'est pourquoi il se dégage souvent de ces fours une fumée noire qui fait croire à une combustion mal conduite, mais elle est une nécessité d'un bon travail.

Cammel (Ch.) and C^e limited, — Sheffield.

Grande usine; importante fabrication de fers et d'aciers.

Production d'aciers puddlés et autres; même genre de fabrication que MM. John Brown.

Cette Compagnie possède 115 fours à puddler, 10 laminoirs, un atelier à acier Bessemer, composé de 4 convertisseurs de 4 tonnes, de 2 de 5 et 2 de 7 tonnes; il y a en outre 8 fours à acier système Siemens-Martin, et une fabrique d'acier au creuset; enfin, une presse hydraulique à forger.

On avait exposé des rails, des aciers, des plaques de blindage, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici quelques-unes des pièces les plus remarquables :

Un rail en acier de 43 mètres de longueur, laminé en une seule chaude en 3 1/4 minutes, directement du lingot sans chauffage intermédiaire; ce rail était replié plusieurs fois et l'on ne voyait aucun défaut aux courbures (dans le compartiment belge, la Société Cockerill avait exposé un rail de 55 mètres de longueur);

Un essieu droit en acier parachevé et ensuite courbé au moyen de coups répétés d'un marteau d'une tonne, tombant de 20 pieds anglais de hauteur; il n'y avait pas eu de déchirure;

Un très-bel essieu coudé en acier, entièrement parachevé pour locomotive;

Un bandage en acier de $2^{m}647$ de diamètre;

Des limes fort belles;

Un morceau de plaque de blindage, composée d'une partie d'acier de 127 millimètres et d'une autre de fer puddlé de 101 millimètres d'épaisseur, parfaitement soudées; cette plaque avait été obtenue en fondant l'acier dans un four sur la sole duquel on avait placé la partie de fer puddlé; l'acier fondu recouvrant le fer puddlé empêchait ce dernier de fondre; lorsque cet acier a été convenablement étendu, on a laissé refroidir, puis on a laminé. Le soudage de l'acier au fer s'est fait d'une manière complète. Cette plaque de blindage a subi l'épreuve d'un coup de canon de 177 millimètres de diamètre, avec charge de poudre de $13^{k}6$ et placé à la distance de $21^{m}35$; le projectile a pénétré dans l'acier sur une profondeur de 77 millimètres, et une fente s'est produite depuis le bord du trou fait par le boulet, jusqu'à l'arête immédiatement supérieure de la plaque;

Un morceau de plaque de blindage en fer de 228 millimètres d'épaisseur qui avait été éprouvée avec un canon de 177 millimètres de diamètre, une charge de poudre de $13^{k}6$ et à une dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tance de tir de 21^{m}35; le boulet avait presque entièrement percé la pièce; il y avait pénétration de 17 centimètres environ. Cet exemple montre donc que la plaque en fer est moins avantageuse que celle moitié fer et moitié acier; ceci concorde, d'ailleurs, avec les expériences qui ont été faites sur les plaques présentées par M. John Brown;

Un morceau de plaque de blindage en fer de 228 millimètres d'épaisseur éprouvée au canon de 177 millimètres de diamètre, avec charge de poudre de 13^{k}6 et à une distance de tir de 21^{m}35. Elle avait été entièrement perforée; le boulet était resté dans le trou et ressortait par derrière sur 150 millimètres environ de longueur;

Deux échantillons de bombes fendues suivant un plan passant par l'axe vertical, pour montrer la texture très-homogène et le grain très-serré.

En somme, c'était une des expositions les plus intéressantes de la section métallurgique.

Landore-Siemens, Steel Company, limited, — Landore près de Swansea.

Cette Société avait fait une grande exposition de rails d'acier, de bandages pour wagons et locomotives, de plaques d'acier, d'essieux, de cercles sans fin pour chaudières; de bouilleurs sans soudures, de pièces de fer forgé, d'échantillons de fer et d'acier.

Très-bonne fabrication. La plupart des objets exposés se trouvaient dans la classe 64.

Les tôles d'acier et les fers étaient produits par le procédé Siemens-Martin; la Société qui a 24 fours de ce système, est celle qui en possède le plus en Angleterre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y avait à remarquer :

Une plaque en acier de 6^{m}01 de longueur, 1^{m}50 de largeur et 7 millimètres d'épaisseur;

Des fers plats de 0^{m}015 et 0^{m}18 de largeur et de plus petits, tordus, pliés en tous sens et ne montrant pas la moindre altération;

De très-beaux essieux; des bandages pliés, tordus;

Un fer à T également tordu et fort tourmenté.

Tous ces spécimens étaient de qualité et d'exécution irréprochables.

M. Siemens emploie dans cette usine un nouveau procédé de fabrication de l'acier; il prend de la fonte sans phosphore, y mélange du minerai de fer très-pur et fond le tout ensemble dans son four régénérateur; l'oxygène du minerai de fer enlève le carbone de la fonte et réduit ainsi cette dernière à l'état de fer; de plus, le fer du minerai vient s'ajouter à celui de la fonte; en introduisant enfin du spiegeleisen dans le four, on convertit le fer en acier.

En prenant des éprouvettes, l'on peut se rendre compte de la nature du bain à toutes les périodes du travail et fabriquer ainsi soit du fer pur, soit de l'acier à teneur en carbone bien déterminée.

M. Siemens a annoncé qu'il obtenait de bons résultats, meilleurs que ceux du travail ordinaire aux fours Siemens-Martin dans lesquels on décarbure la fonte au moyen de déchets de fer et d'acier; si son procédé réussit, comme il le dit, ce sera encore un bon pas de fait, puisqu'il sera possible d'employer le minerai dans les fours Siemens-Martin au lieu des riblons de fer et d'acier qu'il n'est pas toujours facile de se procurer en grandes quantités.

Dans le four Pernot, l'on fait aussi agir le minerai de fer sur la fonte en fusion; mais il faut le disposer sous forme de gar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nissage de la sole tournante, et l'on conçoit que ce procédé peut être plus coûteux et moins facile à appliquer que l'introduction pure et simple du minerai dans le bain de fonte en fusion. Cependant, comme nous l'avons dit ailleurs, M. Krupp, à Essen, emploie le four Pernot.

Enfin, M. Siemens, voulant profiter des grands avantages de son système de chauffage, qui permet d'arriver à une température plus élevée que dans aucun autre four à la houille, et qui donne la faculté de produire, à volonté, une flamme oxydante, neutre ou réductrice, a proposé un nouveau four pour traiter les minerais; s'il réussit, ce sera la suppression du puddlage et même du haut fourneau! Il introduit du minerai dans une sorte de four cylindrique en fer, mobile, pourvu d'un garnissage composé de bauxite mélangée d'argile ou de silicate de soude et de plombagine. Le minerai est réduit en petits morceaux de la grosseur d'une fève; on y ajoute un flux convenable, de la chaux, etc. Le chauffage est fait par des gaz qui viennent brûler à l'intérieur du cylindre-four. Ce cylindre est mobile autour de son axe.

Lorsque la charge a atteint la chaleur rouge, on y ajoute un peu de houille en petits morceaux. Le carbone de la houille se combine avec l'oxygène du minerai; la silice du minerai se combine avec le flux et constitue le laitier. Lorsque le fer est amené à l'état métallique, on fait sortir le laitier, on imprime ensuite une grande vitesse au cylindre-four pour réunir le fer en une balle que l'on traite enfin comme les balles des fours à puddler.

Si l'on veut obtenir de l'acier, on arrête l'opération avant que la réduction soit complète, ou bien l'on fait arriver le fer réduit dans un autre cylindre-four mobile contenant du spiegeleisen en fusion.

Ce procédé, s'il parvient à réussir entièrement, ce qui n'a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas encore eu lieu jusqu'ici, produirait à son tour une grande révolution dans la métallurgie, puisque, comme nous l'avons dit, il conduirait à la suppression des hauts fourneaux et des fours à puddler.

The Wigan Coal and Iron Company, limited, — Wigam (Lancashire).

Cette Compagnie avait exposé des échantillons des houilles dites *Arley Coal* et *Cannel*, venant de ses nombreuses houillères; des spécimens de minerais de fer hématite; des échantillons de fontes, de fers et d'aciers.

Cette Compagnie possède 10 hauts fourneaux, dont 4 seulement ont été en feu en 1877; elle a 10 fours doubles à puddler et 3 laminoirs; elle occupe près de 10,000 ouvriers pour ses charbonnages et ses usines, produit 2,000,000 de tonnes de charbon par an et tient en feu 600 fours à coke.

Parmi les minerais de fer exposés, on pouvait signaler celui extrait des mines que la Société possède en Algérie et dont voici la composition :

Peroxyde de fer	81,43
Protoxyde de manganèse	1,20
Alumine	2,35
Silice	4,72
Chaux.	0,71
Eau.	9,70
	100,11
Fer	57,00

Les fontes, les fers et les aciers exposés avaient un bon aspect; il y avait entre autres, un saumon de fonte obtenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entièrement de minerai algérien choisi avec soin, et qui présentait une ténacité et une résistance très-grandes ; ce sont ces qualités qui font rechercher cette fonte par les fabricants de cylindres de laminoirs ; il y avait aussi des échantillons de fontes à fer hématite et à acier Bessemer, produites avec des hématites anglaises.

Voici l'analyse des deux espèces de fontes :

	Fonte de minerai algérien.	Fonte de minerai hématite anglais.
Fer	94,14	93,59
Carbone graphitique	2,64	2,55
Carbone combiné	0,40	0,80
Silicium	1,72	2,82
Soufre	0,02	0,02
Phosphore	traces.	0,01
Manganèse	1,08	0,21
Totaux	100,00	100,00

Voici, en outre, quelques données sur les expériences auxquelles ont été soumises des barres de fer puddlé et laminé obtenu des fontes provenant de minerais algériens :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS DE FERS DE LA COMPAGNIE WIGAN.

Expériences faites sur deux barres rondes de 1 1/8 de diamètre.

A L'ORIGINE.		FORCE DERNIÈRE		BRISÉ.				Force par pouce carré de surface brisée.	EXTENSION		Aspect de la fracture.
						DIFFÉRENCE.					
Diamètre.	Surface.	totale.	par pouce carré de surface primitive	Diamètre.	Surface.	Surface.	p. c.		par pouce.	p. c.	
pouces	pouces	livres	livres	pouces	pouces	pouces	pouces	livres	pouces	pouces	
1,14	1,021	55,485	54,343 } 54,233	0,84	0,554	0,467	46,7 } 46,3	101,137	2,92	29,2 } 29,5	Fibreuse
1,14	1,021	55,260	54,133 }	0,83	0,541	0,480	47,0 }		2,93	29,8 }	Id.

La production annuelle de cette Société s'élève à 180,000 tonnes de fonte et 160,000 tonnes de fer.

West-Cumberland iron and steel Company, limited, — Workington (Cumberland).

Fabrique de fontes, de fers et d'aciers.

Cette Compagnie possède 6 hauts fourneaux, dont 2 3/4 ont été en feu en 1877; 12 fours à puddler et 2 laminoirs; une aciérie Bessemer comprenant 2 convertisseurs de 5 tonnes et 2 de 8 tonnes.

Elle avait exposé de très-beaux échantillons de minerais hématite manganésifère d'Espagne;

Des cassures de gueuses de *spiegeleisen* montrant une texture magnifique;

Des fontes pour acier Bessemer n^{os} 1, 2, 3; des fontes faites avec des hématites n^{os} 4, 5 *(nottled hematite, pig iron; white hematite pig iron)*; tous échantillons fort beaux;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un lingot d'acier Bessemer de 0m25 de côté, présentant une bonne cassure et destiné à la fabrication de rails;

Des roues, des bandages, des pignons en fer et en acier;

Des échantillons de fer et d'acier pliés et tordus de toutes les manières à froid, sans montrer la moindre trace d'altération;

Une tôle d'acier de 4 millimètres d'épaisseur emboutie, ayant parfaitement résisté;

Des échantillons de rails d'acier, de grosses barres d'acier, etc.;

Enfin, une tôle en acier Bessemer de qualité destinée à la confection de chaudières et que l'on avait déchirée au centre au moyen de la dynamite; l'ouverture pratiquée par la poudre dans cette tôle, était à peu près circulaire; les bords étaient relevés, découpés à angles droits et montraient très-bien qu'il n'y avait pas eu arrachement; les bavures aux bords de la déchirure avaient tous les caractères que doit présenter une tôle faite avec le métal le meilleur et le mieux travaillé.

En un mot, cette exposition était très-belle, surtout au point de vue de la parfaite qualité des produits.

Brown, Bayley & Dixon, C° limited, — Sheffield,

Fabricants de fer et d'acier;

Société importante, possédant 15 fours à puddler, un laminoir, 4 convertisseurs Bessemer de 8 tonnes. Elle produit du matériel de chemin de fer, des rails, bandages, essieux, ressorts, tampons en acier; des tôles, des barres en acier; et aussi des chaînes sans soudure en acier, d'après le procédé David-Damoiseau.

On pouvait remarquer dans cette vitrine :

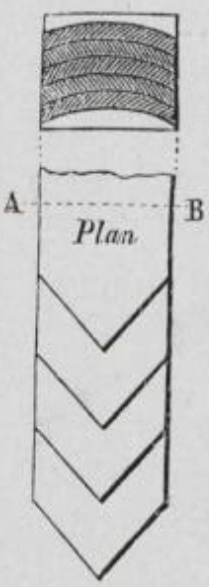
Un rail en acier Bessemer de 40 mètres de longueur, plié plusieurs fois, laminé d'une seule chaude, c'est-à-dire avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seul lingot d'acier sans réchauffage pendant le laminage; cette Société est, paraît-il, la seule qui soit montée pour faire des rails de cette dimension en une seule chaude; le rail passe dans un premier laminoir trio et se termine dans un réversible;

Un rail tordu à froid et qui a parfaitement résisté;

Des bandages également obtenus en une seule chaude, dont plusieurs courbés et tordus à froid; après le forgeage, on étire entièrement en une chaude. On voyait un bandage de plus de 2 mètres de diamètre laminé de cette manière, et un autre de $3^{m}50$ d'une très-belle fabrication;



Des échantillons de chaînes système David-Damoiseau dont plusieurs assez lourdes, en acier doux Bessemer, pour ancres de bateaux de pêche et autres usages;

Des ressorts de voitures en acier, composés de lames un peu concaves transversalement disposées comme le montre le croquis ci-contre, et terminées par des bouts coupés angulairement; ces ressorts sont plus forts que les plats.

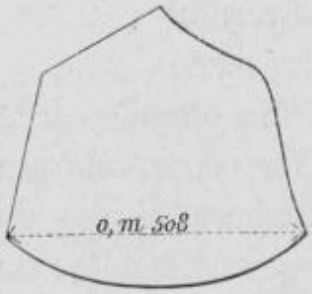
Voici, sur les articles qui étaient exposés, quelques renseignements fournis par la Société.

Bandages en acier Bessemer. — Tous les lingots préparés pour bandages sont coulés par-dessous le moule, au lieu de l'être par-dessus; 16 lingots sont fondus en une seule opération.

L'acier est versé de la poche du convertisseur Bessemer dans un tuyau central pourvu de 16 branches; au bout de chaque branche, se trouve le moule du lingot dans lequel l'acier fondu monte; par ce moyen l'on arrive à faire des lingots très-tenaces et sans soufflures. De plus, les lingots peuvent être obtenus avec un poids qui se rapproche mieux du poids cherché.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le bandage est fabriqué en deux opérations au lieu de trois; le lingot est martelé, percé et le boudin du bandage est formé sans réchauffage.



On a quelquefois fabriqué les bandages avec les lingots fondus en anneaux; mais on a trouvé plus convenable d'adopter les lingots fondus dans la forme ci-contre; ils sont martelés à plat et sur champ.

La Compagnie a fourni en 1877 aux Sociétés de chemins de fer, 65,000 bandages qui n'ont donné lieu à aucun rebut.

Rails en acier Bessemer. — Pour les rails en acier de grande longueur, l'on suit dans cette usine un procédé qui permet de se passer du train polisseur et de la nécessité de réchauffer le lingot dégrossi avant de l'étirer dans le train finisseur. Pour arriver à ce résultat, on emploie un trio dégrossisseur et une paire de cylindres réversibles.

Cette maison a été la première à appliquer ce système de laminage à Sheffield.

Nous croyons devoir donner ici une description succincte de cette disposition d'après une communication faite en 1878 à l'Institut du fer et de l'acier, par M. Holland, directeur de la Compagnie.

Le laminoir à rails comprend des fours ordinaires de chauffage, un train à trois cylindres pour le dégrossissage et un train finisseur réversible à deux cylindres. Les centres des cylindres sont à 0^m623 l'un de l'autre. Le train dégrossisseur est mis en mouvement par une forte machine horizontale à deux cylindres de 0^m915 de diamètre, 1^m22 de course, avec un volant de 6^m25 de diamètre et du poids de 30 1/2 tonnes environ. Presque tous les arbres, ressorts, pressoirs, boulons, etc., sont en acier; les manchons et les cages sont en fonte de fer. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pignons sont en acier avec des dents de 0m60 et 0m15 de hauteur.

Le cylindre du milieu du trio, en acier, tourne toujours dans le même axe que le centre de l'arbre de la machine; et les cylindres supérieur et inférieur (le premier en fonte et le deuxième en acier) se règlent sur celui du milieu. Les cylindres ont 2m13 de longueur et sont disposés pour dix passes, de telle sorte qu'un assortiment de cylindres comprend toutes les sections de rails; on ne les change que lorsqu'ils doivent être retouchés ou réparés ou bien en cas de rupture. En face de ces cylindres, il y en a un autre mobile qui est mis en rotation par la friction des barres et qui se trouve sous la surveillance d'un des ouvriers chargés d'introduire les lingots dans les rainures inférieures. Derrière les cylindres, se trouve une table de 7m30 de longueur et 3 mètres de largeur, maintenue à l'arrière au moyen de chaînes, au même niveau que le sommet du cylindre du milieu; une autre paire de chaînes fixées aux cages, retient la partie extérieure de la table, de telle sorte qu'en étant élevée, elle s'approche des cylindres et qu'après les trois ou quatre premières passes, le lingot se trouve amené dans les cannelures supérieures sans le secours des ouvriers. Le relèvement est opéré par un système de leviers mis en jeu par un cylindre à vapeur de 0m254 de diamètre vissé sur le côté d'une des cages.

Le train finisseur placé au bout du train ébaucheur et à 0m60 environ de distance, est mis en mouvement par une couple de machines Rambotton, ayant chacune deux cylindres à vapeur de 0m90 de diamètre et de 1m37 de course; la force est transmise de l'arbre de la machine à l'arbre qui met les cylindres en mouvement, au moyen d'engrenages en acier ayant des dents de 0m53 sur 0m15 de hauteur; les engrenages sont dans le rapport de 1 à 2 1/2. Les assemblages, manchons, etc., sont exactement doubles de ceux du train dégrossisseur. Les cylindres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

finisseurs ont 1m37 de longueur et sont arrangés pour 5 passes, la position travaillante des appareils se trouvant à 0m30 au-dessus du sol. Les rails sont portés en avant et en arrière du train sur des rouleaux courant sur le sol du laminoir ; une série de cylindres fixes placés à environ 3 mètres à côté, tournent sur leur axe, et permettent au rail laminé fini de gagner la scie.

La scie à chaud a 1m07 de diamètre; elle fait 700 révolutions par minute; elle est à 20 mètres des cylindres; mais comme le niveau coupant de la scie est au niveau du sol de l'usine, et le niveau roulant à un pied au-dessus, le sciage se fait pendant la marche du rail. Il y a deux presses, une de chaque côté de la scie, qui sont activées alternativement; par ce moyen, les rails sont bien redressés à chaud, avant d'être livrés aux machines. Il y a en outre des machines poinçonneuses, cisaillantes, à scie froide, finissant le rail, forantes, ces dernières arrangées pour faire deux trous à la fois.

Le mode de travail est le suivant :

Les lingots chargés sur les balances du laminoir dans l'atelier Bessemer sont transportés aussi vite que possible au four à chauffer du laminoir, et après avoir été chauffés sont laminés directement en rails, le nombre de longueurs variant suivant la longueur à donner au rail. Ordinairement, on lamine une barre de 3 longueurs de rails de 6 mètres chacun et au-dessous, et de 2 longueurs pour rails au-dessus de 6 jusqu'à 9 mètres. Un four à chauffer reçoit 7 lingots par charge et livre 5 charges par journée.

Les rails laminés sont redressés autant que possible, et ensuite finis à la manière ordinaire.

La production du laminoir de la Société varie suivant le poids du mètre de rail; la plus forte pour une simple journée de travail (10 1/2 heures) a été de. . . . 196t. 11cwt. 1,20grs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la plus forte pour une double journée de 21 h. 386t. 14cwt. 2,25grs.
La plus forte semaine a été de . . . 1571 5 2,00
dont 588 1/2 tonnes de rails classés à 66 1/2 livres par yard.
270 1/4 id. 54 id.
712 1/2 id. 80 id.

Et pendant cette semaine, les cylindres finisseurs furent changés quatre fois. On a produit 6,154 rails laminés. Le nombre total d'heures de travail a été de 105; mais comme on a employé 6 heures pour changer les cylindres, les laminoirs n'ont travaillé que 99 heures. La moyenne de laminage a donc été la suivante : 654 rails par journée de 10 1/2 heures ou 62 rails par heure ou 214 de plus qu'un rail par minute de marche réelle de la machine.

MM. Brown moulent, comme nous l'avons déjà dit, leurs lingots d'acier par le bas au lieu de faire arriver le métal dans le moule par-dessus; ils trouvent que les moules à lingots se détériorent moins vite et qu'on peut obtenir des lingots dont le poids se rapproche davantage de celui du rail demandé; il y a donc une économie dans le poids des bouts coupés.

Ressorts à lames concaves transversalement. — Les ressorts généralement employés pour les voitures des chemins de fer français, sont guidés transversalement par des fentes et étoquiaux à l'extrémité des feuilles, et en Angleterre, ils le sont par des languettes et des rainures.

Le ressort présenté par MM. Brown et Cie supprime les étoquiaux, fentes, languettes et rainures et les remplace par une concavité dans le sens transversal des feuilles. (Voir les croquis page 291.) Cette section concave guide bien les feuilles et augmente sensiblement la résistance du ressort.

Voici les résultats de quelques expériences comparatives faites avec la machine à levier :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESSAIS.	CHARGES. Tonnes.	FLÈCHES INITIALES Pouces.	FLÈCHES SOUS-CHARGE. Pouces.	FLÈCHES APRÈS ESSAIS. Pouces.	PERTE DE FLÈCHE. Pouces.	(Les deux espèces de ressorts expérimentés étaient d'une même longueur.)
Ressort ordinaire à section plate, pesant 104 livres anglaises.						
1er	7	6 5/8	1 7/8	6 3/4	1/4	
2e	8	"	1 1/8	6 1/4	1/8	8 tonnes étant la charge maximum.
Ressort à section concave, pesant 78 livres.						
1er	7	6 1/8	2 3/4	"	"	
2e	8	"	2 1/8	"	"	
3e	9	"	1 7/8	"	"	
4e	9 1/4	"	1 1/8	5 7/8	1/4	9 1/4 tonnes étant la charge maximum.

Il résulte de ce tableau que le ressort Brown et Cie donne les mêmes conditions de charge et de flexibilité que le ressort ordinaire à section plate avec un poids de 25 p. c. moindre; mais il faudrait voir si les avantages signalés par les inventeurs sont réels et ne sont pas contre-balancés par certains inconvénients; c'est ce qui aura sans doute été examiné dans la classe qui a dû s'occuper de ce genre de produits.

Utilisation de la chaleur perdue par les convertisseurs Bessemer. — L'invention consiste dans l'application d'un réceptacle, pour utiliser les 500 à 600 degrés Fahrenheit de chaleur qui s'échappent ordinairement de la bouche du convertisseur Bessemer, et se servir de cette chaleur perdue dans l'atmosphère pour échauffer l'air qui est employé dans les coupoles ou cubilots, pour fondre la fonte.

La Compagnie suit ce procédé depuis quinze mois et s'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est fort bien trouvée. Il en résulte une économie dans la consommation de coke; avant l'application de l'appareil, on brûlait à peu près 169 kilog. par tonne de fonte et avec le nouvel appareil, on est arrivé à 71 kilog. seulement. En outre, comme on emploie moins de coke qui contient souvent du soufre, la fonte est exposée à absorber moins de cette substance pendant la fusion.

Jessop, William and Sons, limited, — Sheffield.

Cette importante maison date de 1794; elle produit des aciers fondus au creuset, en employant des fers de Suède, et elle fabrique les qualités d'acier pour outils, burins, fraises, poinçons, tarauds, alésoirs, lames de cisailles, matrices, limes, coutellerie, baïonnettes, broches de filatures, tiges de pistons, glissières, tôles, scies, plumes, ressorts, etc.

Elle livre par semaine 150,000 kilog. d'acier fondu, non compris les aciers corroyés.

Tous les spécimens exposés étaient magnifiques; on pouvait remarquer :

Un bloc d'acier fondu, 1re qualité, de 0m24 de côté et 0m60 de hauteur, présentant une cassure à beau grain et sans le moindre défaut ;

Un autre bloc d'acier fondu, de 0m51 de côté et 0m40 de hauteur;

Un autre de 320 millimètres carrés de section sur 0m45 de hauteur, dont la cassure montrait un grain très-uniforme et pas la moindre trace de soufflures ou de défauts; c'était fort beau;

Des tôles d'acier pour versoirs de charrue;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une tôle d'acier fondu pour scies, de 4^{m}572 de longueur, 1^{m}067 de largeur et 0^{m}0019 d'épaisseur;

Une bande d'acier pour scie à ruban, de 115 millimètres de largeur, 4/10 de millimètre d'épaisseur et 152^{m}50 de longueur, d'une seule pièce laminée à froid;

Une bande d'acier pour scie à ruban, laminée à chaud, ayant 160 millimètres de largeur, 8/10 de millimètre d'épaisseur et 30^{m}50 de longueur; c'était une fort belle pièce;

Une autre bande d'acier fondu pour aiguilles, d'une seule longueur de 183 mètres et 58/10 de millimètre d'épaisseur;

Une plaque d'acier pour scie passe-partout, de 1^{m}850 de long sur 0^{m}178 de large, et ayant une épaisseur de 20/10 de millimètre sur le devant et 174/10 sur le dos;

Une plaque d'acier fondu, 1re qualité, carrée, de 0^{m}37 de côté et 0^{m}073 d'épaisseur; une autre de 0^{m}355 sur 0^{m}067 d'épaisseur;

Un disque en acier pour scie circulaire, de 3^{m}51 de diamètre et 0^{m}0143 d'épaisseur; un autre de 2^{m}148 de diamètre sur 0^{m}0066 d'épaisseur;

Une barre d'acier fondu au creuset, carrée, de 510 millimètres carrés et pesant 1,312 kilog.;

Des barres d'acier formées de deux aciers différents, parfaitement soudées obtenues en plaçant une barre d'une espèce d'acier, verticalement dans le creuset, l'entourant d'autre acier et fondant le tout; on fait ainsi des aciers à *centre doux*, pour tarauds et cylindres de laminoirs;

Des rondelles en acier fondu forgées, très-belle qualité, depuis 0^{m}340 de diamètre sur 0^{m}165 d'épaisseur jusqu'à 12 1/2 millimètres de diamètre et 6 millimètres d'épaisseur; ces pièces dénotaient une excellente fabrication; elles avaient été forgées pour fraises et matrices dans de l'acier plat et non pas découpées dans des barres rondes;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des lames de couteaux, de ciseaux, de canifs, etc., en acier;

Des barres d'acier fondu cylindriques pour broches, demi-cylindriques pour limes, triangulaires, carrées, octogones, etc., de 6 centimètres au minimum de diamètre ou de côté, et dont les cassures à grain étaient magnifiques, sans le moindre défaut;

Des essieux, des tiges de piston, des glissières en acier;

Des fils en acier, dont un spécimen de 183 mètres de longueur, n° 4, et 5 millimètres environ de diamètre;

Enfin des plaques d'acier, des bandes de tôle ayant subi l'épreuve de la poudre à canon, ou de balles de fusil, ou ayant été tordues et percées à froid, pour montrer la qualité irréprochable de la matière.

Seebohm and Dieckstahl, – Sheffield.

Aciers cémentés. — Fers de Suède cémenté, fondu au creuset, en barres, en morceaux pour montrer le grain de l'acier, acier non trempé.

Très-belle collection de cassures d'acier et de barres; spécialité d'acier fondu au creuset pour outils; échantillons d'acier produit avec les fers de Dannemora. L'inspection du grain donnait une idée de la nature de l'acier; le dur est à grain fin, le doux à grain plus gros.

Cassures de lingots d'acier fondu au creuset, tenant 1 1/8, 1 1/4, 1 3/8, 1 1/2 p. c. de carbone;

Cassures d'acier cémenté à 1 1/8, 1, 1 1/4, 7/8 p. c. de carbone, et des échantillons de ces barres cassées à chaud, présentant une section de couleur noirâtre, verdâtre, brunâtre, noir bleuâtre, très-uniforme, ce qui est l'indice d'une grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

régularité du grain, car la cassure à chaud permet de voir le moindre défaut.

Il y avait aussi des barres d'acier fondu à centre doux à 3/4 p. c. de carbone, pour tarauds et alésoirs; des cassures de lingots d'acier fondu au creuset dont on fait ces barres, lingots à 1 1/8, 1, 7/9, 3/4 p. c. de carbone; cet acier se trempe très-dur à l'extérieur.

Puis, une série de barres plates de 3 jusqu'à 8 centimètres de largeur sur 1 à 2 centimètres d'épaisseur, d'acier à 1 1/8 p. c. de carbone, à fort beau grain.

Enfin, des cassures d'acier fondu contenant du tungstène (wolfram), à grain excessivement fin, à aspect soyeux magnifique, cet acier contenant 3 à 4 p. c. de tungstène et coûtant 3 fr. le kilog.; on l'emploie, non trempé, pour crochets de tour; il présente une très-grande dureté; on va jusqu'à 8 p. c. de tungstène.

On voyait aussi des échantillons d'acier fondu contenant du manganèse, du chrome.

C'était une exposition fort intéressante.

Cette maison a pour spécialité la fabrication des aciers fondus au creuset pour outils; elle a été établie en 1865; elle produit actuellement par an 1,500 tonnes d'acier fondu au creuset, sans compter les aciers ordinaires et à ressorts; depuis 1865, elle a adopté le classement des degrés de dureté de l'acier suivant la teneur en carbone, et a appliqué sur chaque barre de son acier pour outils, une étiquette de couleur indiquant la dose de carbone et les principaux usages auxquels elle peut être employée.

La classification adoptée par ces messieurs, est la suivante:

N° 0. — Étiquette blanche. — *Special Dannemora cast-steel.* — Pour outils de tours et planes sur matière dure.

N° 1. — Étiquette jaune pâle. — *Best Warranted cast-steel.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

— Degré de dureté pour rasoirs; contient 1 1/2 p. c. de carbone. Convenable pour outils de tour, planes, forets, etc. Cet acier ne doit être travaillé que par un ouvrier très-expérimenté; tant soit peu surchauffé, il est gâté.

N° 2.— Étiquette jaune d'or.—*Best Warr. cast-steel.*— Degré de dureté pour outils de tour; 1 1/4 p. c. de carbone. Convenable pour outils à mortaiser, planes, forets, petites fraises, petits tarauds, etc. Cet acier doit être traité avec soin et n'est pas soudable.

N° 3. — Étiquette orange. — *Best War. cast-steel.* — Degré de dureté pour poinçons; 1 1/8 p. c. de carbone. Convenable pour marteaux de moulins, fraises, lames de cisailles, alésoirs, grands forets et outils de tour, tarauds, poinçons, coussinets, etc. Cet acier se soude très-difficilement.

N° 4. — Étiquette rose foncé. — *Best Warr. cast-steel.* — Degré de dureté pour burins; 1 p. c. de carbone. Convenable pour burins, tranches à chaud, lames de cisailles, grands tarauds et poinçons, fleurets de mines pour granit, etc. Cet acier se soude quand on le traite avec soin.

N° 5. — Étiquette grise. — *Best Warr. cast-steel.* — Degré de dureté pour tranches; 7/8 p. c. de carbone. Convenable pour tranches à froid, estampes, lames de cisailles, fleurets de mines, outils de forgerons, tels que chasses, etc. Cet acier se soude sans difficulté.

N° 6. — Étiquette bleue. — *Best Warr. cast-steel.* — Degré de dureté pour matrices; 3/4 p. c. de carbone. Convenable pour bouterolles, marteaux, matrices. Acier soudable pour rabots, fleurets de mines, etc.

N° 7. — Étiquette jaune d'or et bleue. — *Best Warranted mild centred cast-steel.* — Fabriqué spécialement dur à l'extérieur et doux au centre pour tarauds, alésoirs, etc. Chauffé à une couleur rouge foncé, cet acier se trempe facilement sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

éclater. Pour tarauds coniques, il faut l'étirer sous le marteau avant de le tourner.

MM. Seebohn et Dieckstahl ajoutent :

« Pour les commandes d'acier, nous prions d'indiquer, si possible, les usages auxquels on les destine, et de ne pas confondre deux choses bien différentes : *le degré de dureté* et *la qualité*.

» Le degré de dureté s'applique à la proportion de carbone combiné avec le fer pour produire l'acier, et n'a aucun rapport avec le prix.

» La qualité de l'acier s'applique à *l'absence de phosphore, de soufre* et autres impuretés, et ne peut s'obtenir que par l'emploi de minerais de fer purs, dont l'élévation du prix est en raison de leur pureté.

» La qualité n'a également aucun rapport avec le *grain* présenté par la cassure de l'acier. *L'acier dur* montre un *grain fin*, et *l'acier plus doux* — de la même qualité — un *grain plus gros*. »

Whitwell, Thomas. — Stockton-on-Tees.

Inventeur du four dit Whitwell à chauffer l'air.

Cet industriel possède 3 hauts fourneaux qui ont été en feu pendant l'année 1877, 42 fours à puddler, 8 laminoirs et une aciérie Bessemer.

Avait exposé des échantillons de fers et d'aciers, des fontes de moulage fort belles, et des modèles et dessins du four à air chaud de son système, très-connu des métallurgistes.

C'est un des grands maîtres de forges de l'Angleterre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Turton, Thomas, and Son. — Sheffield.

Production d'acier de cémentation.

C'est une des premières maisons d'Angleterre.

Ces messieurs avaient exposé des barres d'acier rondes, carrées, plates; une fort belle collection de limes, de scies, d'outils; des ressorts de voiture, etc.

Tout était fort bien réussi.

Cette Compagnie emploie principalement le fer de Suède pour la fabrication de ses aciers.

Burys and C°, limited, — Sheffield.

Acier fondu au creuset.

Cette Compagnie avait exposé entre autres une magnifique série de limes de toutes formes, de toutes grosseurs, taillées à la main; des outils, des ressorts, des pièces de bielles, des couteaux, des pioches, des marteaux pour mécaniciens et forgerons, le tout en acier fondu.

Baldwin, E. P. et W., près Stourport.

Fabricants de tôles de fer laminé à froid et adouci; de tôles de fer ordinaires; de fer-blanc; de tôle noire.

Les tôles pour fer-blanc étaient très-belles; on en voyait des ternes, des douces, des noires; il y avait aussi des fer-blanc, des fers à boulons; le tout obtenu avec des fontes au coke affinées au charbon de bois.

Cette Compagnie possède 17 fours à puddler, 5 laminoirs pour tôles et fers, et un laminoir à fer-blanc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

The Earl Granville, K. G., — Staffordshire.

Houillères, mines de fer et usines importantes de fontes, de fers et d'aciers.

Cette Compagnie possède 6 hauts fourneaux, dont 4 en feu en 1877 traitaient des minerais du Staffordshire ; 95 fours à puddler et 8 laminoirs. Elle produit des fontes de moulage et d'affinage et de l'acier Bessemer ; des fers laminés très-beaux, des fers d'angle, des fers en T, des solives, des traverses, rails, gouttières, plaques, etc.

Les tôles pour chaudières sont une spécialité de la Compagnie ; on avait exposé des tôles au coke à 16,7 p. c. d'allongement et des tôles fines au bois à 18 p. c. d'allongement.

Glover William, James and C°, — Lancashire.

Exposition assez complète de cordes et câbles ronds et plats en chanvre, en fer, en acier pour tous usages ; de cordages composés de chanvre de Saint-Pétersbourg et de Manille, beaucoup plus légers et offrant plus de résistance que les cordages en chanvre ordinaire ; des câbles en fils de fer et d'acier qui ne se tordaient pas ; enfin des cordes en fils d'acier dit de charrue, d'une qualité toute spéciale, supportant un poids de 160,000 kil. par pouce carré.

L'exposition de cette maison comprenait 54 échantillons, tous bien choisis et irréprochables. Nous croyons devoir résumer dans le tableau ci-après, quelques-unes des données qui ont été fournies sur ces spécimens.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	Circonférence en centimèt.	Nombre de cordons.	Nombre de fils de chaque cordon.	Force de résistance kilogr.	OBSERVATIONS.
Câbles en fils d'acier, breveté					
Qualité dite de chanvre .	7	6	7	35.000	(*a*).
Id. pour virage. . .	11,3	6	8	70.000	Centre fil de fer.
Id. id. . .	7,5	6	7	26.000	(*b*).
Id. pour plan incliné.	3,8	6	4	8.000	Centre en chanvre.
Id. pour virage, acier au creuset. . .	6,3	6	6	16.000	Id.
Câbles en fils de fer au bois :					
De cabestan galvanisé. .	15,0	6 cordes à 6 cordons.	6	50.000	Id.
Composé pour virage . .	12,50	6	19	50.000	Id.
Pour virage	10,0	6	6	28.000	Id.
Spécialité pour puits . .	7,5	6	12	15.000	(*c*).
Pour virage incliné. . .	3,9	6	7	5.000	Centre fil de fer.
Id. . . .	3,8	6	4	5.000	Centre en chanvre.
Aplati	7,5	8	28	23.000	
Pour virage fil d'acier Bessemer	9,0	6	12	20.000	Id.
Pour agrès de navires, galvanisée	9,0	6	7	15.000	Id.
Pour guide.	10,0	»	7	36.000	
Corde à signaux galvanisée	2,8	»	7	1.778	
Fils de cuivre :					
Paratonnerre en fil de cuivre	3,8	6	7	»	Avec cœur de 7 fils au centre de la corde.
Id.	3,2	6	7	»	
Câbles en chanvre :					
Cabestan, chanvre russe goudronné	22,0	9	»	15.000	
Cabestan, chanvre manille blanc	22,0	9	»	25.000	
Câble en chanvre russe goudronné	15,3	3	»	8.000	
Câble en chanvre manille blanc	15,3	3	»	10.000	
Composé chanvre russe et manille	15,3	3	»	16.000	
En chanvre russe blanc. .	15,3	3	»	8.000	
Composé en chanvre aplati	Largeur. 13,50	6	»	23.000	
En chanvre aplati ; manille goudronné	13,50	6	»	27.000	
En chanvre aplati ; manille blanc.	13,50	6	»	27.000	
En chanvre aplati ; russe goudronné	13,50	6	»	17.000	
Câbles divers :	Circonfér.				
Câble de coton blanc . .	7,50	3	»	»	
Id. en aloës	7,50	3	»	2.000	
Id. dit Sisal	7,50	3	»	4.500	

(*a*) Ce câble est très-fort et fabriqué spécialement pour résister à une grande friction ; le fil d'acier est garanti pour une résistance de 220 kilogrammes par millimètre carré.

(*b*) Le fil d'acier est garanti pour une résistance de 140 kilogrammes par millimètre carré. Centre fil d'acier.

(*c*) Fait de manière à ne pas se tordre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

The Broughton copper Company limited. — Broughton. — Copper Works. — Manchester.

Bien que nous n'ayons à nous occuper dans ce rapport que du fer et de l'acier, nous dirons cependant un mot de la Compagnie Broughton, parce que c'est elle qui, pour la première fois, a comprimé du métal liquide (avant Whitworth) et que c'est ce qui a donné l'idée de comprimer l'acier.

Cette Société avait exposé des cylindres en cuivre et en laiton destinés à recevoir des gravures pour l'impression continue des étoffes et du papier; des tuyaux en cuivre avec et sans soudure; des barres en cuivre creuses pour chaudières et locomotives; des tuyaux en cuivre comprimé à la presse hydraulique; des plaques à griller en cuivre, etc.

Le mérite des cylindres à graver que cette Compagnie avait exposés consiste :

1° Dans leurs dimensions qui étaient les plus grandes, tant en diamètre qu'en longueur, que l'on eût produites jusqu'à ce jour;

2° En ce que l'intérieur de ces cylindres était légèrement conique, afin de pouvoir être adaptés à un mandrin ou axe également conique; les cylindres et les axes pouvaient se changer indifféremment; quelques-uns des cylindres étaient pourvus d'une clavette intérieure longitudinale, taillée dans le métal solide et qui s'étendait dans toute la longueur du rouleau, afin d'entrer dans une rainure correspondante du mandrin;

3° Dans la parfaite homogénéité du métal dans tout le cylindre;

4° Dans la bonne qualité résultant de la compression du cuivre fluide par la presse hydraulique.

Les tuyaux sans soudure exposés étaient faits de métal fluide comprimé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les tuyaux avec soudure étaient fabriqués au moyen d'appareils spéciaux, et le travail était si parfait qu'on ne pouvait que très-difficilement les distinguer des tuyaux sans soudures.

Les barres en cuivre, creuses, pour entretoises des foyers de locomotives, étaient percées d'une petite ouverture au centre et dans toute leur longueur qui était de 6 mètres.

Toutes les Sociétés anglaises dont nous venons de nous occuper ont obtenu pour la section de la fonte du fer et de l'acier, des récompenses élevées; les trois premières, savoir :

J. Whitworth and C°,

John Brown and C°,

C. Cammel and C°,

ont reçu chacune un grand prix; les autres ont eu une médaille d'or.

A celles qui vont suivre, il a été accordé des récompenses d'un ordre inférieur à la médaille d'or.

The Leeds, forge Company limited (Yorkshire).

Société fondée depuis deux ans seulement; elle fabrique par semaine 100 tonnes de tôles et 100 tonnes de fer.

Elle avait exposé des fontes au bois et des fers qui en provenaient, ainsi que des tôles dites de Yorkshire, 1re qualité pour chaudières.

La fonte est réduite en barres de fer de 0^m08 de côté et 0^m30 de longueur; on en forme un paquet de 16 pièces que l'on dispose en se croisant 4 par 4, sur 4 rangs superposés; on chauffe le paquet jusqu'à soudure, puis on passe au laminoir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette Société avait aussi exposé des tôles cannelées pour chaudières, ondulées d'après le procédé Samson Fox, son directeur. On ondule ces tôles au moyen de deux cylindres cannelés superposés, dont les cannelures s'engrènent, comme les dents de deux engrenages, lorsqu'on les rapproche suffisamment; on forme d'abord un tube que l'on place sur le cylindre inférieur de manière à l'embrasser entièrement; pendant que les deux cylindres sont en mouvement, on relève doucement le cylindre inférieur et le cannelage du tube se fait sans difficulté. Pour avoir ce produit sans défaut, on doit naturellement employer des tôles de très-bonne qualité. La soudure de la tôle pour former le tube fermé, se fait au marteau-pilon; si cette soudure n'est pas bien réussie, on s'en aperçoit au cannelage, parce que dans ce cas, le joint s'ouvre immédiatement.

On construit avec ces tôles ondulées, les foyers des chaudières dites à foyer intérieur, notamment les chaudières marines, là où la pression de la vapeur s'exerce extérieurement, et tend à produire l'écrasement. (*Voir* planche III.)

La Société qui fabrique ces tubes en a déjà fourni un certain nombre, et ceux qui en ont fait usage paraissent en être très-satisfaits; la forme ondulée présente une bien plus grande résistance à l'écrasement que la forme unie, surtout si l'on a employé de la tôle de 1re qualité, qui ne se soit pas détériorée pendant l'opération du cannelage.

La Compagnie avait exposé un petit modèle de son appareil de cannelage, et elle montrait des tubes minces en plomb de 0m03 de diamètre, qui s'écrasaient sous la moindre pression des doigts mais qui, après avoir été cannelés, présentaient une résistance relativement considérable.

Voici, en résumé, les avantages que l'on prétend réaliser par ce procédé :

1° Résistance plus grande à l'aplatissement; sous ce rap-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

port, la forme ondulée est plus avantageuse que la forme unie, si l'on a toutes les garanties désirables d'une bonne soudure aux joints, car ici il n'y a pas de rivets;

2° On peut employer des tôles plus minces pour une même pression; l'épaisseur n'excède pas 3/8 de pouce, tandis que les tubes non ondulés exigent 9/16 de pouce et même 5/8, pour se conformer à certaines règles;

3° La surface de chauffe est augmentée ;

4° Les ondulations rendent la surface de chauffe plus efficace;

5° La circulation est plus active, la vapeur se dégageant avec rapidité par les rainures annulaires;

6° L'élasticité est plus grande; les effets assez sensibles de la dilatation et de la contraction (dans les chaudières marines entre autres), n'ont pas des conséquences aussi nuisibles sur les tubes ondulés, à cause des ondulations qui les aident, que sur les tubes tout unis, qui ne laissent aucune latitude aux mouvements;

7° La dilatation se faisant librement, empêche les dépôts d'adhérer; mais il serait bon de vérifier si ce dernier avantage est réel.

Il y aura peut-être encore quelque difficulté pour enlever les crasses qui se déposeront à l'intérieur dans le bas du tube, parce que les cannelures étant perpendiculaires à l'axe, ne permettront pas un râblage facile ; de plus, les réparations seront pour ainsi dire impossibles, car on ne pourra pas, comme avec les chaudières à plaques rivées, remettre une pièce lorsque le besoin s'en fait sentir. Mais ces inconvénients ne paraîtront pas très-importants, du moins le premier, si tous les avantages signalés sont bien établis.

Nous avons dit que la Société fait un choix spécial des fontes pour la fabrication des fers et des tôles destinées à ses tubes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fox; voici, à l'appui, quelques analyses qu'elle a produites :

	FONTES				FERS			
	N° 1.	N° 1.	N° 1.	N° 2.	puddlé	en barres	plaque	tôle.
Carbone	2,44	2,48	2,01	2,64	0,42	0,17	0,25	0,35
Silicium	0,78	0,69	0,79	0,03	0,039	0,028	0,08	0,07
Phosphore . . .	0,49	0,50	0,50	0,45	0,24	0,16	0,20	0,18
Soufre.	0,05	0,07	0,06	0,04	0,008	0,011	0,006	0,003
Manganèse . . .	traces	»	1,07	0,51	»	»	»	»
Fer	95,62	96,32	95,20	96,44	99,01	99,68	99,39	99,45
Crasses	0,62	»	»	»	»	»	»	»

Dans les trois premiers numéros de fontes, une petite portion de silicium existe à l'état de silice mécaniquement mélangée, et une certaine partie de carbone à l'état de graphite.

	SCORIES DE RAFFINAGE.	SCORIES DE PUDDLAGE.	SCORIES DE LA BALLE DE FER.
Silice	27,12	11,02	25,72
Protoxyde de fer.	61,63	61,92	70,94
Sesquioxyde de fer.	»	20,80	»
Protoxyde de manganèse	4,08	1,51	traces
Alumine	2,10	1,05	0,88
Chaux	2,23	1,24	0,76
Magnésie	1,62	0,55	traces
Soufre	0,26	0,54	0,16
Acide phosphorique	0,53	1,52	1,30

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Harrison, Ainslie and C°, — Lancashire.

Fonte de moulage, malléable. Fer fabriqué au charbon de bois et à l'air froid.

Cette Compagnie possède 4 hauts fourneaux au charbon de bois, dont 3 ont été en activité en 1877; elle traite des hématites très-pures, se présentant en masses qui, sous le marteau, se divisent en aiguilles plus ou moins allongées.

La fonte exposée était d'un aspect magnifique; elle ne contenait ni phosphore, ni manganèse, et très-peu de silicium, conditions essentielles pour arriver à une bonne fonte malléable.

Comme cela se fait partout et depuis longtemps, on coule les objets en fonte blanche et on les recuit dans un vase contenant du minerai de fer en poudre; l'oxygène du minerai enlève le carbone de la fonte et l'on obtient ainsi ce que l'on nomme de la fonte malléable; cette fonte est même quelquefois soudable. Le nombre de cuissons dépend de l'épaisseur des objets. Lorsque le minerai de fer est épuisé, il faut le renouveler et répéter l'opération deux, trois ou quatre fois jusqu'à ce que la décarburation des objets soit achevée, ce qu'indique approximativement une longue expérience.

MM. Harrison employant une fonte excellente tout à fait hors ligne, dite Lorn, leurs produits sont naturellement des mieux réussis et des plus estimés.

Lilleshall Company. — Shropshire.

Exposition de minerais de fer bruts et de minerais calcinés; de houille, de coke et de fonte brute de diverses qualités.

Cette Compagnie possède 8 hauts fourneaux au coke, dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

6 étaient en feu en 1877; elle traite des minerais hématites et des carbonates de houillères, produit des fontes de très-bonne qualité, des fers remarquables, notamment des fers pour tôles de chaudières « Galloway boilers » très-connus, et qui sont les seuls de leur espèce. Elle avait exposé de beaux spécimens de fers dont plusieurs variétés pour cordes et câbles; elle en avait présenté qui, d'après ce qu'elle a avancé, étaient fort résistants, car ils n'avaient rompu que sous la charge de 105 kil. par millimètre carré de la section contractée.

Les usines de cette Compagnie sont les plus importantes du Shropshire.

Hadfield's steel foundry Company,
Hecla steel foundry attercliffe, — Sheffield.

Pièces en acier fondu coulé, pour locomotives, machines marines, fixes, agricoles, laminoirs, forges, etc.; roues en acier fondu coulé pour voitures de chemins de fer, tramways, houillères, carrières, ardoisières, mines, etc.

Comme on pouvait le voir au Champ-de-Mars, la presque totalité des exposants d'objets en acier fondu coulé, obtenu au creuset, étaient des environs de Sheffield qui est, en Angleterre, le plus grand centre de production de ce métal; c'est vers 1750 que Benjamin Hunstman a, pour la première fois, coulé près de Sheffield, de l'acier fondu au creuset, sous forme de cloches d'église; il traitait des fers de Suède, de Russie, qu'il raffinait avec soin dans des creusets. Son procédé s'est beaucoup répandu plus tard dans cette localité, et il est resté jusqu'à ce jour à peu près le seul suivi par les fabricants d'acier de Sheffield, qui, en général, produisent la première qualité de ce métal pour des usages spéciaux, tels que : instruments délicats, couteaux, scies, essieux, outils, etc., etc. Pour certains emplois qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exigent un métal très-homogène, tenace, fort, c'est cet acier qui présente le plus d'avantages, et les aciers Bessemer et Siemens-Martin ne possèdent pas au même degré ces qualités spéciales ; aussi, les fabriques de Sheffield, si renommées pour ainsi dire dans le monde entier, en sont-elles encore à employer principalement l'acier au creuset.

Une des usines les plus importantes et les mieux conditionnées de ce groupe est celle de Hadfield's steel foundry Company ; elle avait exposé beaucoup de belles pièces variées, et l'on pouvait constater une fois de plus la tendance qu'a l'acier fondu à remplacer, dans bien des cas et avec avantage, la fonte ordinaire, la fonte malléable et même le fer puddlé.

On remarquait dans cette vitrine :

Des roues de toutes formes en acier fondu au creuset, coulé, pour voitures de chemins de fer, de tramways, et surtout pour wagons de mines : on produit, disait-on, annuellement environ 100,000 pièces de ces dernières. Ces roues étaient bien fabriquées et paraissaient présenter beaucoup moins de soufflures que l'on n'en rencontre d'habitude ; cela tient, paraît-il, à un mode de travail particulier ;

Des croisements de voies, des hérissons, simples et doubles, des tiges de piston, des boîtes à tampon et des chaînes d'attache pour voitures de chemins de fer, des pignons de laminoirs, des essieux coudés, des marteaux fondus, des ressorts de coffres-forts, des clefs anglaises, des poulies, des cylindres pour presses hydrauliques, etc., etc.

On voyait en outre un boulet d'acier de 22 centimètres, pesant 125 kil., qui avait pénétré une plaque de blindage de $0^{m}31$ d'épaisseur venant de la maison J. Brown et C^{ie} ; il n'était pas brisé ; il se trouvait légèrement ébréché, et l'on avait pu, en enlevant un peu plus de 1/4 centimètre de matière, le remettre dans de bonnes conditions sans trace de dégradation ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans ce nouvel état, il fut derechef lancé sur ladite plaque avec une force correspondant à 3,460 tonnes, et il ne fut pas encore brisé. Ces expériences prouvent la bonne qualité de l'acier de cette Société; aussi est-elle connue comme étant très-expérimentée dans ce genre de fabrication et apportant beaucoup de soin dans le choix des fers et dans leur raffinage, ce qui est très-important, car la pureté du métal est une des conditions premières de la bonne fabrication de cette espèce d'acier.

Nous n'en dirons pas davantage sur cette exposition, la plupart des objets rentrant dans la classe 54; nous ne nous en sommes occupé qu'au point de vue de la fabrication de l'acier et du développement de l'emploi de ce métal.

Andrew, John Henry and C°, — Sheffield;

Avaient exposé des aciers en barres, des aciers martelés, laminés, etc.

Cette maison fabrique l'acier et le livre au commerce pour cordes de pianos; elle emploie du fer anglais qu'elle cémente et fond au creuset; elle lamine à froid. Cet acier contient 1 1/2 p.c. de carbone.

On voyait dans cette vitrine, entre autres, une bande d'acier fondu de 105 mètres de longueur, 77 millimètres de largeur et 7 centièmes de millimètre d'épaisseur, laminée d'une seule pièce;

Un rouleau barre ronde en acier fondu, laminé à chaud, pour ressorts, de 136 kil. de poids et 38 millimètres de diamètre;

Un rouleau de fil de 385 mètres de longueur, 7 millimètres de diamètre, pesant 122k50 : c'était la plus grande pièce en acier fondu qui, jusqu'ici, eût été laminée à chaud, d'une seule longueur, sans soudure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y avait aussi une magnifique collection de cassures d'aciers et de fontes au manganèse, etc.

C'était une belle exposition.

Jonas, Meyer and Colver, — Sheffield;

Grands fabricants d'acier cémenté, fondu au creuset; avaient produit de fort beaux échantillons de fers et des divers aciers obtenus de chacun de ces fers.

Cette Société classe ses aciers, suivant leur dureté, en sept catégories, s'appliquant :

Le n° 1 au travail des objets très-durs, tels que cylindres de laminoirs durs, bandages de wagons, etc.;

Le n° 2 à toutes espèces de tours, perçoirs, forets, etc.;

Le n° 3 aux petites fraises, alésoirs, tarauds ayant moins de 25 millimètres de diamètre;

Le n° 4 aux grandes fraises, etc., au-dessus de 25 millimètres de diamètre;

Le n° 5 aux tranches à froid et à chaud, poinçons, étampes, petites matrices, lames de cisailles, coussinets de filières, forets de mines, outils à travailler le granit, etc.;

Le n° 6 aux matrices, marteaux, bouterolles, etc.;

Le n° 7 à l'acier très-doux.

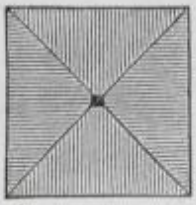
Cette Compagnie emploie le fer de Suède; elle fond son acier pour outils, au creuset dans des fours ordinaires à tirage naturel et non dans des fours Siemens. Elle produit annuellement de 800 à 1,000 tonnes; elle marque ses barres d'acier à outils aux deux extrémités et au milieu, afin que l'on sache toujours à quelle dureté elles appartiennent, lorsque les bouts en ont été enlevés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Spencer, J. R. Q. son, — Sheffield

Maison fondée en 1749; production d'acier fondu au creuset, d'acier très-renommé pour limes, coutellerie, pelles, etc. ; — fabrication d'acier au four Siemens-Martin ; — cémenté, corroyé.

Elle avait exposé des cassures de toutes formes et dimensions d'aciers au creuset et Siemens-Martin ; une fort belle collection de limes, dont plusieurs très-grandes ; des cassures de barres, de huit centimètres de côté, de fer manganésé, coulé, trempé, et présentant une cristallisation dont le croquis ci-contre donne une idée : aspect gris blanchâtre.



On voyait aussi des petites barres rectangulaires, carrées et octogones pour fers de mines, etc., à grain excessivement fin ; des ressorts de voitures très-beaux, etc.

Il y a dans cette usine 19 fours à puddler, 3 laminoirs, 2 fours Siemens-Martin ; les fours à acier au creuset sont chauffés par le système régénérateur Siemens ; ils ont 96 creusets ainsi chauffés.

La production s'élève à environ 12 à 15 tonnes d'acier par semaine.

Les limes et les ressorts pour voitures de chemins de fer sont des spécialités de la maison, et lui ont valu une grande renommée.

C'est la seule fabrique d'acier aujourd'hui en activité sur la côte nord de l'Angleterre, qui emploie, à cette fin, le minerai de fer du Cleveland.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bedford, John and Sons, — Sheffield.

Acier fondu au creuset, en barres, en tôles et en lingots de diverses qualités; aciers cémentés, limes de toutes formes, outils tranchants; scies, pelles, etc.

C'était une importante exposition.

Cette Compagnie fabrique mille tonnes d'acier par an.

Ses limes étaient remarquables; il y en avait, entre autres, une collection de plates, fort bien fabriquées.

On voyait aussi : des scies droites et des scies circulaires, dont une de près de 2 mètres de diamètre, et une série d'outils divers en acier, bien réussis;

Une collection de cassures d'acier brut et de lingots d'acier fondu, faits de fers de Suède première qualité, à diverses duretés ;

Une collection de cassures de barres rondes et carrées d'acier fondu, pour outils à diverses duretés;

Tout était fort beau.

Les cassures de lingots d'acier fondu au fer de Suède présentaient la même cristallisation que celle que nous avons signalée et indiquée en croquis chez l'exposant précédent, *Spencer;* cette cristallisation est un caractère de bonne nature et de parfaite fabrication.

Jowitt Thomar and Sons, — Sheffield.

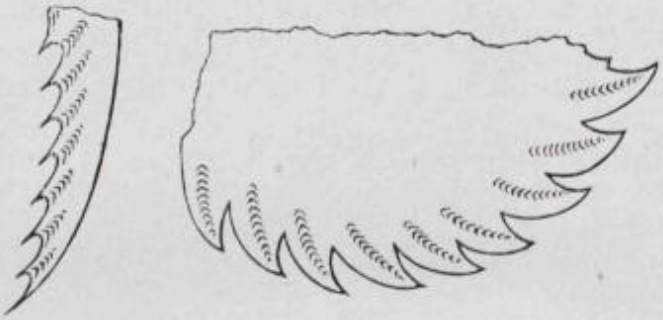
Aciers de toute espèce en barres, en tôles et forgés; — limes; — scies; — outils divers; — fontes; — fils de fer et d'acier.

Cette maison avait exposé de grosses barres et des essieux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle fabrique tous ses aciers au creuset avec des fers de Suède et quelquefois de Russie. Ses scies droites et circulaires étaient d'une exécution parfaite; les petites scies à main étaient aussi très-bien; il y avait encore des rubans pour scies de grande longueur, des socles de charrue, le tout en acier.

Les scies sont laminées, dressées, puis trempées. Les grandes sont garnies, près des dents, d'une série de trous dans une position analogue à celle que donnent les croquis ci-contre.



La Société avait aussi exposé des marteaux en acier de 0,8 à 0,9 de carbone, fabriqués avec des barres d'acier qui avaient été laminées à la forme donnée par le croquis ci-contre, et que l'on découpait ensuite; le trou pour l'emmanchement était fait à l'emporte-pièce après le laminage; chaque segment forme un marteau et le métal se trouve dans de bonnes conditions, parce qu'il a été comprimé en passant entre les cylindres. Il paraît que ces marteaux sont très-estimés.

Les limes sont entièrement fabriquées à la main.

Guy, H. Augustus and C°, — Sheffield.

Fabricants d'aciers; — convertisseurs et raffineurs d'acier; — diverses spécialités d'acier; — spécimens de tungstène métallique pur pour améliorer le fer et l'acier.

Cette Compagnie produit une assez grande quantité d'acier;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle a des marques spéciales connues dans le commerce sous les noms de :

Invincible, — Reliable, — et *pour mines.*

L'invincible est l'acier proprement dit pour outils; on en avait exposé en barres et en lingots de différentes grandeurs, ainsi que des outils qui en étaient fabriqués pour forer et rayer les canons d'acier, pour forer les cylindres, pour tourner les cylindres durcis, les bandages en acier, etc. Cette qualité d'après la Compagnie, est d'une dureté et d'une ténacité extrêmes et sert à étamper.

Le reliable, recommandé pour poinçons, bouterolles, pour tourner, etc.; il est un peu moins bon que l'invincible.

L'acier pour mines est présenté comme très-bon pour fers de mines destinés au travail de la roche.

L'acier invincible peut être trempé pour outils; pour cela, on le chauffe lentement et tout à fait jusqu'au rouge sang; on le plonge dans de l'eau froide, et puis, on le chauffe peu à peu jusqu'à ce qu'il devienne d'un bleu pâle ou d'une couleur de paille.

Il est probable que ces aciers invincible et reliable contiennent du chrome ou du tungstène ou une autre matière qui leur donne leur grande dureté.

Voici les prix de vente de ces divers aciers en juillet 1878, à Bruxelles :

		Le kil.
Invincible pour outils à tourner, ciseaux, matrices et forets	Fr.	2 75
Invincible spécial pour les meules de moulins françaises	»	2 50
Reliable pour poinçons et outils à tourner	»	1 70
Mining, pour emploi général dans les mines	»	1 25

Franco de droits et transport aux établissements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Wardrobe et Smith, — Sheffield.

Ces industriels avaient exposé des échantillons d'acier en barres pour fabrication des limes, des outils, etc.; des ciseaux, rasoirs, fils de fer, etc., confectionnés, ainsi que de la coutellerie de table et de poche, des scies, vis, etc.

Cette maison a été fondée en 1850.

Indépendamment des aciers cémentés, elle produit encore par jour environ 4,000 kil. d'acier fondu au creuset, soit 160 à 180 creusets en service.

On pouvait remarquer : plusieurs lingots d'acier fondu au creuset et des cassures, qui donnaient une idée du grain de l'acier depuis le plus doux jusqu'au plus dur;

Des barres d'acier dont une extrémité était travaillée de façon à montrer l'outil auquel la barre était destinée;

Des morceaux de barres d'acier pour limes de toutes formes;

Des spécimens d'acier cémenté plus ou moins carburé.

Cette exposition était intéressante sous le rapport de la bonne qualité des produits.

Hattersley E. J. and C°, limited, — Sheffield.

Belle exposition d'aciers fondus, d'aciers en barres pour outils et ressorts, pour scies, limes, etc.; d'acier soudable, d'enclumes, de marteaux, d'outils tranchants, de pioches; d'aciers laminés à froid et à chaud de diverses épaisseurs et applicables à la fabrication des scies, ressorts, plumes, etc.

Cette maison emploie spécialement le fer de Suède pour la fabrication de ses aciers au creuset.

On remarquait surtout des fils, des lames de couteau, des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ressorts en acier fondu, des tôles de petites dimensions, et aussi, un lingot d'acier coulé, de 0m50 de hauteur, montrant à la face supérieure et au centre un creux de 13 à 14 centimètres de profondeur, dû au retrait par le refroidissement, ce qui indique que la fonte de l'acier a été bien faite.

Francis Thomas et Cie, — Birmingham.

Cette Compagnie avait exposé une série de clous en fonte malléable, de toutes formes, obtenus par moulage en sable et fort bien réussis; c'était très-intéressant; il y en avait de petits destinés aux cordonniers et d'autres pour cercueils.

Il y avait aussi des broquettes étamées, des clous à grosse tête, des rivets, des clous pour toiture faits à la mécanique, des moulages, etc.

Très-bonne fabrication.

Cette maison est déjà ancienne; elle a été fondée en 1740.

Hatton sons and Co, — Kidderminster.

Fabrique de fer-blanc, d'ustensiles, vases, cuvelles, etc., etc.

Cette maison achète ses fontes dans le Staffordshire et pratique le puddlage au coke et au charbon de bois; on emploie ce dernier combustible lorsque l'on veut de la tôle pour estampage, pour émaillage ou tout autre usage spécial.

Elle possède 14 fours à puddler, 6 laminoirs à fers et 5 laminoirs à tôles pour fer-blanc, dont 2 ont été en marche en 1877.

Les tôles exposées présentaient un laminage soigné; comme nous venons de le dire, la fonte étant affinée au bois pour la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fabrication du fer-blanc, on obtient de beaux produits; l'affinage au bois est opéré dans des foyers comtois.

On avait exposé des feuilles de fer-blanc, brillant, terne; des tôles de forge et des fers affinés au bois et pour estampage, le tout de bonne fabrication.

The Snedshill iron Company, — Shropshire.

Fabrication de tôles pour chaudières, de barres étirées, de ressorts, de barres forgées au charbon de bois pour cordes en fil de fer, de barres à laminer pour pelles, de fers en barres pour chaînes, câbles, fers à cheval, etc., etc.

Cette Compagnie possède 36 fours à puddler et 5 laminoirs; elle a pour spécialité la fabrication des petits fers et des tréfileries.

Les spécimens qu'elle avait exposés se faisaient remarquer par leur fini; c'était d'ailleurs le cas pour les fers laminés marchands venant des usines du South-Staffordshire, du Shropshire et du North-Wales qui, sous ce rapport, sont les groupes les plus importants d'Angleterre.

Wright W.-B. Company, — Bristol.

Cette Société avait exposé des tôles zinguées, galvanisées, striées, ondulées, plates et des articles de toute espèce en fer galvanisé.

Elle fabrique des tôles de fer laminées à froid et recuites en boîtes hermétiquement fermées; des tôles galvanisées et ondulées, etc., depuis $1^{m}22$ jusqu'à $4^{m}85$ de longueur sur $1^{mm}3/10$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à 3 1/2 dixièmes de millimètre d'épaisseur; des tôles peintes, des tôles noires, des tôles galvanisées pour toiture de 5/10 de millimètre à 4/10 de millimètre, etc., etc.

Le laminage des tôles cannelées se fait comme d'habitude au moyen de cylindres finisseurs de forme correspondante; celui des tôles très-fines, en laminant à la fois un grand nombre de feuilles superposées.

Cette exposition, très-belle d'ailleurs, ne présentait rien de bien particulier.

Barff, F., à Londres.

M. Barff, professeur de chimie à Londres, avait exposé une série d'objets fabriqués en fer, revêtus d'une couche d'oxyde de fer noir ou magnétique pour empêcher la rouille.

C'était, pour ainsi dire, une nouveauté et une des curiosités de l'Exposition, bien que le principe fût indiqué depuis très-longtemps.

On connaît la facilité avec laquelle le fer s'oxyde lorsque, exposé à l'eau ou à l'air plus ou moins humide, il n'est pas protégé parfaitement par de la couleur, du goudron ou du vernis émail; une fois l'oxydation commencée, elle se propage rapidement et bientôt l'objet attaqué se trouve profondément détérioré. Il se forme d'abord une pellicule d'oxyde ferreux qui, absorbant l'oxygène de l'air, se convertit en oxyde ferrique; cet oxyde ferrique cède une partie de son oxygène au fer qu'il recouvre et, de là, formation d'une nouvelle pellicule d'oxyde ferreux qui, à son tour, se transforme en ferrique, lorsque l'air a traversé la première couche qui est assez spongieuse pour ne pas empêcher cette circulation. Ces actions chimiques se continuent jusqu'à ce que l'objet en fer soit entièrement décomposé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est cette propension à la facile dégradation et l'inconvénient de la présence d'écailles de fer oxydé qui se détachent de l'objet sous forme de rouille, qui ont fait repousser l'emploi du fer dans bien des circonstances; aussi, avait-on proposé divers procédés de préservation de la rouille, mais sans succès pratique.

Pénétré de ces inconvénients, M. Barff a recherché s'il n'y aurait pas moyen d'y parer; il est arrivé à reconnaître que si l'on pouvait recouvrir les objets en fer d'une couche d'oxyde noir de fer ou fer magnétique parfaitement adhérente, le problème serait résolu. Le principe, ou du moins l'action de la vapeur d'eau surchauffée sur le fer, avait déjà été indiqué par M. Percy. On savait que l'oxyde noir de fer présente une grande dureté, n'est pas attaqué par l'eau, ni l'humidité, ni par l'eau de mer, et résiste même à l'action des acides, des liquides ou des gaz corrosifs; mais la difficulté était d'arriver à appliquer d'une manière convenable cet oxyde noir qui, obtenu isolément par la décomposition de la vapeur d'eau, se présente sous forme pulvérulente.

Après divers essais qu'il est inutile de rapporter ici, M. Braff est parvenu à recouvrir utilement et parfaitement les objets en fer d'une pellicule de cet oxyde en les chauffant à une température déterminée dans une chambre fermée où l'on fait arriver de la vapeur d'eau surchauffée; les objets à recouvrir restent soumis à l'action de cette vapeur pendant un temps plus ou moins long, suivant le degré d'oxydation que l'on veut obtenir; la pellicule d'oxyde magnétique qui les recouvre adhère parfaitement sur toutes les parties.

Pour empêcher la production naturelle de l'oxyde de fer (rouille) sur les objets, et la dégradation qui en résulte, M. Barff les recouvre donc d'une couche de ce même métal oxydé, mais à un état différent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme on peut facilement le comprendre, le procédé de M. Barff présente des avantages très-importants : d'abord, l'application, si nous osons ainsi parler, de l'oxyde noir se fait d'une manière uniforme et complète à la fois sur tous les points de l'objet à couvrir, puisque c'est par l'action de la vapeur qui peut atteindre en même temps et d'une manière uniforme, *tous* les points de l'objet; l'action est suffisamment lente et *générale* pour qu'il ne reste pas un atome de la surface qui échappe à la vapeur et qui ne soit couvert, ce que l'on ne peut obtenir au même degré par l'application d'enduits, d'émaux. De plus, l'action se faisant pour ainsi dire atomiquement, la couche d'oxyde noir, quelque mince qu'elle soit, est une couverture bien plus parfaite et plus complète que ne peut l'être tout autre mode de couverture, par couleurs, par vernis, etc., d'autant plus qu'elle ne s'altère pas à l'air. En outre, l'oxyde noir faisant entièrement corps avec le fer qu'il recouvre, ne peut s'en détacher par écailles ou autrement comme le font, sous le moindre choc, la couleur et l'émail. Enfin, l'oxyde noir étant produit sous forme de pellicule très-mince, n'altère en aucune manière les formes les plus délicates des objets, et c'est là un avantage qu'il présente sur tous les autres modes de couverture.

Tels sont les principaux avantages du nouveau procédé.

L'épaisseur de la pellicule d'oxyde noir que l'on a à produire, dépend du degré de température auquel les objets sont soumis et de la durée de leur exposition à l'action de la vapeur d'eau surchauffée; une température de 500° Fahrenheit dans la chambre, et une exposition continue à l'action de la vapeur pendant cinq heures, donnent lieu à la formation d'une pellicule suffisamment protectrice, qui ne peut être enlevée par le papier émeri qu'au bout d'un temps assez long et qui ne se laisse pas attaquer par l'humidité. Si la température de la chambre est portée à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1,200° Fahrenheit, et la durée de l'opération à six ou sept heures, la pellicule résistera à la râpe et à l'action de l'eau.

L'oxydation ne doit être poussée que jusqu'à la formation de l'oxyde noir; une surface mal dressée se représente avec ses rugosités, et une pièce polie ou tournée conserve toute sa douceur et son poli.

L'application peut être faite sans difficulté aux objets de petit volume, tels que rivets, boulons, écrous, pommeaux de porte, poires à poudre, tuyaux de conduites d'eau, etc., etc. ; pour des pièces de gros volume, il faudra trouver un moyen pratique et économique de les soumettre à la double action de la chaleur et de la vapeur.

M. Barff préfère l'oxydation au moyen de la vapeur surchauffée; la pellicule d'oxyde produite par l'oxygène de l'air ne tient pas aussi bien que celle donnée par la vapeur; de plus, l'oxydation par la vapeur humide est moins bonne que celle obtenue par la vapeur sèche surchauffée. M. Barff recommande surtout d'avoir bien soin de chasser tout l'air de l'appareil avant d'y introduire la vapeur surchauffée, parce qu'autrement, il se formerait d'abord sous l'action de l'oxygène de l'air, une pellicule d'oxyde sur laquelle se déposerait ensuite l'oxyde noir; la présence de la première pellicule occasionne une adhérence très-incomplète; c'est ce qui est arrivé dans les premiers essais et ce qui a pour un moment fait croire à l'imperfection du procédé.

Avec la vapeur surchauffée, on obtient plus facilement le degré de chaleur nécessaire pour produire l'oxydation noire dans les meilleures conditions, et on évite la formation de l'oxyde rouge; les objets soumis à l'opération étant à une température sensiblement inférieure à celle de la vapeur, sont progressivement chauffés par cette dernière, et dès que le degré convenable pour la formation de l'oxyde noir est atteint, la réaction se produit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

immédiatement. En voulant, au préalable, chauffer fortement les objets à couvrir, on risque d'introduire, dans l'appareil, de l'air qui produirait de l'oxyde rouge, ce que l'on doit avoir soin d'éviter.

Il faut aussi ne pas mettre dans la chambre, des pièces en fer avec d'autres en fonte, car le fer et l'acier exigent, en général, une vapeur moins surchauffée que la fonte. Enfin, il faut tâcher d'arriver par expérience à déterminer la durée la plus convenable à donner à l'opération, car cette durée dépend de la composition ou de la nature de la matière, notamment pour les fontes ; il y a des fontes qui, dans la vapeur surchauffée, s'oxydent plus rapidement que d'autres.

On peut comprendre quels services il est possible d'attendre de ce mode de préservation contre la rouille ; l'oxydation noire des tuyaux de conduites d'eau, des vases divers destinés aux usages domestiques, des chaudières à vapeur, des tôles de fer pour les navires, des fers employés dans les constructions, des rails, des longrines de chemins de fer, etc., aura pour conséquence le développement de l'emploi du fer ; il faudra arriver à trouver le moyen d'obtenir cette action d'une manière suffisamment économique pour la rendre tout à fait pratique et industrielle. Le principe est indiqué, les effets avantageux sont bien établis ; sans nul doute, l'industrie sera bientôt parvenue à le faire entrer dans une voie d'application générale.

C'est en 1877, que M. Barff a fait connaître le résultat de ses recherches. Depuis lors, le capitaine autrichien Hess a trouvé qu'on peut obtenir le même résultat sans le secours de la vapeur surchauffée, en plongeant l'objet à recouvrir dans une atmosphère oxydante soumise à une forte pression et portée à une température de 400 degrés.

De son côté, M. Georges Bower est parvenu récemment à produire, d'une manière pratique, aux usines de Saint-Neats en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Angleterre, la couche d'oxyde noir en exposant les objets en fer ou en fonte pendant six à sept heures à l'action de l'air dans une chambre close chauffée à une température variant du rouge sombre au rouge clair, suivant la nature des objets, et en renouvelant l'air toutes les heures jusqu'à ce que la couche d'oxyde ait atteint l'épaisseur que l'on veut obtenir.

M. Bower a reconnu que l'oxyde magnétique se produisait comme suit : l'oxygène de l'air se combine avec le carbone du fer, donne de l'acide carbonique qui se décompose en présence du fer surchauffé, et de là, formation d'oxyde de fer magnétique et d'oxyde de carbone. Les expériences de M. Bower lui ont montré que ce procédé ne réussit pas très-bien avec le fer forgé et l'acier.

L'inventeur a essayé d'envoyer au lieu d'air, de l'acide carbonique formé d'avance, parce que ce gaz se produit difficilement par la réaction de l'air seul sur le fer poli et l'acier; après un chauffage de sept heures au rouge sombre, il a obtenu une couche argentée d'oxyde magnétique cristallisée et cassante; mais ce n'était pas encore parfait.

Il a alors modifié son procédé; il a chauffé au préalable les pièces à oxyder et ensuite les a soumises, pendant un temps plus ou moins long, à l'action d'un courant d'air mélangé avec les gaz sortant d'un foyer dans lequel on brûlait de la houille; il a obtenu une couche d'oxyde magnétique qui était parfois couverte d'oxyde ferrique rouge; on arrivait à transformer ce dernier en oxyde magnétique en augmentant la proportion d'oxyde de carbone du mélange gazeux introduit dans l'appareil. C'est ce mode d'opérer qui lui a donné les meilleurs résultats.

D'autre part, M. Bourdon, capitaine d'artillerie à la manufacture d'armes de Tulle, avait, au commencement de 1877, appliqué le procédé indiqué par M. Barff; il essaya de bronzer les armes de guerre (canons de fusil, fourreaux de l'épée-baïonnette);

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il plaça les objets dans un gros tuyau fermé aux deux bouts, et les soumit pendant cinq heures à l'action de la vapeur portée à 2 ou 2 1/2 atmosphères de pression et à 330 ou 340° centigrades de température; les objets se trouvaient alors recouverts d'une couche d'oxyde d'un noir verdâtre.

Dans ces derniers temps, il remplaça la vapeur d'eau par de l'air; il fit arriver l'air dans l'appareil porté à une température de 280° et le renouvela constamment; après cinq heures, les objets à bronzer, suspendus dans le tuyau, se trouvaient recouverts d'une couche d'oxyde de cinq centièmes de millimètre d'épaisseur, d'un beau noir à reflet verdâtre.

Les pièces à oxyder doivent être bien décapées; à leur sortie du tuyau, on les frotte avec un chiffon gras et on enlève les taches avec du papier à l'émeri. En portant la température à 300°, à la pression d'une atmosphère, on trouve les objets recouverts d'une couche plus épaisse, mais qui s'écaille.

Pour les fusils que l'on veut bronzer, il faut que la hausse soit brasée en cuivre et non à l'étain, parce que la brasure à l'étain fond à 228°.

Dans la *Revue d'artillerie* de décembre 1878, M. Bourdon donne les dessins de l'appareil qu'il emploie à la manufacture d'armes de Tulle, pour le bronzage de 400 canons de fusils à la fois. Il indique en outre un moyen de déterminer la richesse d'un acier en carbone; il suffit, pour cela, de chauffer la pièce d'acier à essayer avec une série de barres d'acier dont la teneur en carbone a été déterminée; lorsque le bronzage est terminé, on compare la ténacité de la pièce à l'échelle des nuances que présentent les barres dont on connaît la teneur en carbone. Les teintes varient avec la composition; ainsi, le bronzage à 260° donne au fer la teinte rouge cuivre, à l'acier à outil la teinte bleu verdâtre, et à la fonte l'aspect gris foncé.

Enfin, nous dirons encore qu'aux États-Unis, on était arrivé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au même résultat que M. Barff, en chauffant le fer au contact du bois vert; l'oxydation du fer était probablement produite par la décomposition de la vapeur d'eau que la chaleur faisait dégager du bois.

En Russie aussi, on a appliqué un procédé qui paraît se rapprocher beaucoup de l'un de ceux que nous venons d'indiquer.

On voit par ce qui précède, que l'on se préoccupe de cette question dans divers pays, et que l'on arrivera bientôt à une solution convenable; mais on ne devra pas perdre de vue que, surtout lorsqu'on aura à opérer sur des objets de petit volume, de formes délicates, l'action d'une température élevée sera nuisible et causera peut-être des inconvénients plus grands que les avantages de l'oxydation noire.

Newall, R. S. Gateshead-on-Tyne, — Londres.

Exposition de cordes en fil de fer et d'acier pour mines, chemins de fer, ponts suspendus, agrès de navires, etc.; cordes en fer, acier, cuivre pour horloges de tours, pour fenêtres à coulisses, etc.; cordes dorées, argentées; câbles télégraphiques sous-marins; paratonnerres, etc.

Il y avait aussi des câbles en fer zingué.

C'est un des premiers fabricants de câbles d'Angleterre; il produit lui-même son fer; il avait exposé des câbles plats en fils de fer pour mines qui ne paraissaient pas d'une exécution extraordinaire, tandis que ses câbles ronds à plusieurs torons étaient irréprochables.

Le fer employé, dont il y avait des échantillons, était de toute beauté et affiné au bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Shaw, John, — Sheffield.

Cordes en fils de fer de toute espèce, en acier, en cuivre, cordes dorées, argentées, galvanisées, etc.; paratonnerres en fil de cuivre.

C'était une exposition assez importante; on y voyait toutes les espèces de fils et de cordes, des câbles de mines ronds, plats, en acier fondu, en fer au charbon de bois, etc., le tout d'excellente fabrication; des cordes de fil de cuivre galvanisé pour fenêtres à coulisses; des cordons en fer galvanisé pour treillages ou clôtures; des fils de fer pour guidonnages dans les mines; des cordes de fil d'acier pour scarificateur à vapeur, etc.

La spécialité de cette maison, établie depuis près d'un siècle, est la fabrication des cordes en fils d'acier et de fer pour houillères; elle avait exposé entre autres des câbles plats formés de 30 torons à 6 fils avec cœur métallique s'enchevêtrant, et les vides étaient occupés par 14 cordes de plus petit diamètre, le tout cousu transversalement par une corde métallique; des cordes rondes pour houillères composées de 6 torons à 6 fils et cœur métallique, tordus autour d'une autre corde, soit métallique, soit de chanvre, d'aloës ou de gutta.

C'étaient de très-beaux spécimens.

Quant aux cordes pour signaux de houillères, etc., faites en fil de fer galvanisé, elles étaient composées de 6 fils assez gros avec cœur également en fil métallique, galvanisés et tordus; ces cordes comprenant donc sept fils solides, avaient les poids suivants par mètre :

Circonférence de la corde en millimètres.	Poids en kilogrammes par mètre.
70	3,487
76	3,742
83	3,890
89	4,082
95	4,734

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici le tableau des forces relatives des cordes en fer et en acier, donné par la maison Shaw; les chiffres sont approximatifs :

EN ACIER.		Poids travaillant de l'acier et du fer.	Poids brisant de l'acier et du fer.	EN FER.	
Circonférence en millimètres.	Poids en kilogramm. par mètre.			Circonférence en millimètres.	Poids en kilogr. par mètre.
	Cordes rondes.				
32	0,313	457	2.794	38	0,511
38	0,511	1.000	6.000	51	0,885
45	0,720	1.500	10.160	63	1,390
51	0,885	1.828	12.000	70	1,760
57	1,134	2.055	13.000	76	2,012
63	1,390	2.641	16.000	83	2,268
70	1,760	3.700	22.500	92	2,920
76	2,012	4.100	24.500	101	3,515
83	2,268	4.927	26.000	107	3,970
89	2,637	5.500	32.250	113	4,536
95	3,260	6.250	39.000	119	4,990
101	3,515	7.000	42.000	126	5,897
Largeur et épaisseur en millimètres.	Cordes plates.			Largeur et épaisseur en millimètres.	
57 sur 12	1,984	2.863	2.640	76 sur 16	3,515
70 — 12	3,006	3.406	33.529	90 — 16	4,479
76 — 16	3,515	4.609	38.000	102 — 19	6,464
83 — 16	4,998	5.050	41.000	108 — 19	7,031
90 — 16	5,479	5.914	45.000	115 — 22	7,966

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Smith, William and son, — Warrington.

Usines de Dollam, à Warrington, où l'on fabrique des fils d'acier, de cuivre, etc.

Très-belle exposition de fils d'acier pour instruments de musique; de cordes de fil d'acier pour les usages des mines; en un mot, toutes les espèces de fils d'acier. On voyait aussi des instruments dits *Lancashire tools*, comprenant des pinces, tenailles, pincettes, étaux d'établi, etc., servant à cette fabrication, ainsi que des aiguilles, des tiges filetées de 30 à 35 centimètres de longueur, en cuivre, en acier, pour pignons de montres d'horloges, etc.

Cette maison est renommée pour la qualité de ses fils d'acier pour pianos; ils sont connus depuis près de quarante ans; il paraît qu'on en fabrique plus de 2,100 kil. par semaine.

On remarquait aussi des fils d'acier ronds et polis, bien réussis, servant aux machines à coudre, pour la fabrication des aiguilles, de divers outils, etc.

Quant aux cordes en fil d'acier pour mines, les spécimens ne laissaient rien à désirer; on disait que la Compagnie en fabriquait de très-grandes quantités que les exploitants de mines recherchaient et dont ils étaient satisfaits.

Le fil d'acier trempé est employé avantageusement pour la garniture des cardes; on obtient une plus longue durée, un travail meilleur qu'avec le fer, à cause de la plus grande élasticité de l'acier; les pointes restent plus longtemps fines et s'émoussent moins vite; enfin, l'acier qui est trempé deux fois, résiste mieux et empêche la rupture du fil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Houghton, William Dickson, — Warrington.

Fabricants de fils d'acier, de câbles pour mines, etc.; avaient exposé des cordes en fil d'acier fondu pour instruments de musique, fabriquées d'après un procédé breveté; des câbles divers, des fils d'acier ronds, carrés, plats et d'autres formes; des fils ronds pour montres et pendules, pour aiguilles, etc.; des forets et autres outils; des fils à pignons en laiton pour compteurs à gaz et à eau.

On remarquait des câbles télégraphiques, des cordes blanches pour pianos, des cordes de paratonnerres en cuivre, le tout d'une exécution soignée, surtout les fils à cordes de pianos qui attiraient principalement l'attention.

Pour donner une idée de la bonne qualité de ses fils, cette maison avait suspendu une boule en fer de 180 kilog. au moyen d'un fil d'acier pour cordes de pianos, de neuf dixièmes et 9 1/4 dixièmes de millimètre, soit n° 16 de la jauge.

Houghton, James and son, — Warrington.

Exposition de fils en acier, pour câbles de navires et pour houillères, — de fils d'acier et de laiton pour pignons; — de fils d'acier poli pour montres, pendules, etc., beaux produits.

Les fils d'acier poli pour montres, ressorts, étaient excessivement fins et d'une très-belle exécution; on disait que l'on en fabriquait dont une longueur de 18 à 20,000 mètres pesait environ un demi-kilogramme.

Quant aux fils à pignons qui sont généralement d'un petit diamètre, ils étaient également fort beaux; on connaît la difficulté de cette fabrication; ce sont des tiges cannelées suivant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la longueur, que l'on découpe en morceaux pour les pignons des montres et des pendules; ils doivent naturellement présenter une très-grande précision, ce qui n'est pas facile à obtenir, vu le petit diamètre et le nombre de cannelures qui va quelquefois jusqu'à 14.

Enfin les fils pour câbles et pour cordes de houillères étaient de bonne fabrication.

On voyait par cette exposition, comme on pouvait d'ailleurs le remarquer chez les autres exposants de cette catégorie de produits, que les matières premières mises en fabrication étaient des fers au bois de la meilleure qualité, de Suède principalement.

Russel John and C° limited, — Walsall (Staffordshire).

Fabricants de tuyaux et de robinets.

Cette Compagnie avait exposé des tuyaux de locomotive en fer battu, des tuyaux à gaz, coudes, pièces en T courbées, brides; une grande série de robinets en cuivre, en bronze de canon pour vapeur à haute pression; des outils à visser; des filières; des aciers, des fers, cuivres, etc., étirés creux, pour faire des rampes d'escalier; divers objets d'ornement. Ces pièces et ces rampes creuses en tôle sont plus résistantes et plus fortes que les mêmes en fonte moulée.

On remarquait aussi le filetage des tuyaux pour assemblage qui était d'un fini hors ligne.

Enfin, on avait présenté des ancres faites en tuyaux; elles étaient bien exécutées, légères en même temps que très-résistantes; mais il est à craindre que cette grande légèreté ne devienne un défaut, car ces appareils doivent avoir un poids donné pour s'accrocher et ne pas traîner.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette maison, la plus importante en Angleterre dans ce genre de fabrication (tuyaux, robinets), fait annuellement 12,000 tonnes de tubes. Elle est déjà ancienne, car, en 1816, on y produisait des tubes en fer étirés; en 1825, un des ancêtres de MM. Russel imagina de souder les tubes à la filière ou au laminoir, au lieu d'effectuer le soudage par rapprochement ou recouvrement des bords que l'on forgeait à la main et au marteau, et monta cette fabrication que MM. Russel ont poursuivie jusqu'à ce jour.

Ce sont ces MM. Russel, qui en 1858, ont pris un brevet pour des perfectionnements apportés au four à chauffer le fer et l'acier, destinés à la fabrication des tubes soudés et autres articles; ce four est composé de deux compartiments de chauffage avec porte à chaque extrémité, et séparés par un pont.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AUTRICHE-HONGRIE

L'Autriche-Hongrie est restée pendant très-longtemps un des pays producteurs de fontes et de fers les moins importants, eu égard à son étendue territoriale ; mais depuis quelques années, elle a vu sa métallurgie se développer assez rapidement. Placées dans d'excellentes conditions sous le rapport des minerais et possédant un peu de charbon minéral et du bon lignite, les usines à fer et à acier ont pu prendre racine, se propager au point de repousser les fers qui venaient de l'étranger et aller même concourir sur les marchés en dehors de ses frontières.

Les chiffres ci-après donneront une idée de ce double mouvement.

AUTRICHE-HONGRIE. — IMPORTATIONS.

Tonnes de 1,000 kil.

ANNÉES.	Fer brut mitrailles.	Rails.	Objets en fer.	Fer affiné en barres, bandes, etc.	Tôles, plaques, fils de fer, fer affiné façonné.	Grosse fonte.	Bandages.	Aciers de tungstène.
1866 . . .	3.628	165	1.538	251	375	665	495	132
1867 . . .	14.731	25	2.079	171	798	1.335	519	214
1868 . . .	131.351	54.218	7.451	9.731	9.753	2.802	2.322	636
1869 . . .	154.614	114.931	26.790	19.253	13.781	10.870	3.628	936
1870 . . .	161.008	116.813	31.514	13.556	12.166	8.795	1.774	848
1871 . . .	193.338	101.302	29.291	22.581	18.268	11.146	1.190	1.127
1872 . . .	219.078	65.839	29.268	27.880	23.706	14.779	1.795	1.111
1873 . . .	177.607	52.481	29.949	13.640	17.157	13.268	767	641
1874 . . .	78.869	10.110	20.490	3.836	7.467	6.676	475	371
1875 . . .	56.145	1.345	8.060	3.547	3.510	3.856	681	795
1876 . . .	38.057	805	6.503	1.458	2.590	3.117	630	880

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AUTRICHE-HONGRIE. — EXPORTATION.

Tonnes de 1,000 kil.

ANNÉES.	Fer brut mi-trailles.	Rails.	Objets en fer.	Fer affiné en barres, bandes, etc.	Tôles, plaques, fils de fer, fer affiné façonné.	Grosse fonte.	Ban-dages.	Aciers de tung-stène.
1866 . . .	3.561	246	6.849	4.656	2.501	4.451	»	3.986
1867 . . .	1.095	109	8.670	7.743	3.664	2.799	»	4.014
1868 . . .	1.033	41	8.416	4.175	3.183	2.951	13	3.162
1869 . . .	524	93	10.206	4.555	2.928	2.947	2	3.610
1870 . . .	342	58	9.197	3.855	2.245	1.447	»	3.546
1871 . . .	567	220	10.731	2.443	1.725	901	»	3.584
1872 . . .	1.393	237	11.471	2.549	2.307	1.321	21	3.614
1873 . . .	2.065	712	10.042	2.668	1.849	1.061	1	3.217
1874 . . .	5.689	7.795	13.009	5.650	3.380	2.959	243	4.215
1875 . . .	10.727	10.774	15.636	7.056	3.568	2.077	199	4.223
1876 . . .	7.317	4.325	13.898	8.304	4.107	2.100	40	3.843

Comme complément, voici le détail de la production des divers fers pour l'Autriche seule, à partir de 1864 ; nous n'avons pas, pour la Hongrie, les mêmes données d'une manière suffisamment complète.

AUTRICHE. — PRODUCTIONS.

Tonnes de 1.000 kil.

ANNÉES	Fers en barres.	Tôles de fer.	Fers-blancs et gal-vanisés.	Acces-soires de rails.	Rails en fer.	Rails en acier.	Essieux, ban-dages, pièces forgées.	Acier en général.
1864 . . .	21.890	7.029	544	218	41.830	»	834	6.878
1865 . . .	18.744	5.969	367	1.071	42.205	156	612	8.295
1866 . . .	21.271	7.737	292	1.018	36.444	350	1.830	10.262
1867 . . .	32.249	11.084	367	2.104	35.494	1.238	2.697	13.733
1868 . . .	35.033	13.820	261	5.495	52.165	4.652	2.546	16.621
1869 . . .	45.121	17.558	1.815	6.309	69.599	3.621	3.400	21.148
1870 . . .	67.958	21.672	1.557	4.824	76.928	4.915	4.722	24.591
1871 . . .	75.846	26.762	2.541	5.272	72.126	14.192	3.988	42.585
1872 . . .	95.038	31.699	2.487	7.686	69.309	28.431	6.078	64.981
1873 . . .	93.376	31.023	2.401	4.829	60.259	37.273	4.144	80.424
1874 . . .	87.520	25.603	1.772	2.939	39.459	43.660	4.377	77.382
1875 . . .	96.311	24.986	2.129	3.085	32.016	47.793	4.778	75.590
1876 . . .	76.115	22.333	1.288	3.017	12.528	36.426	3,491	54.841

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'examen de ces chiffres conduit à diverses conclusions faciles à dégager et qu'il est, par conséquent, inutile d'énumérer ici.

Quelle est la position de ce grand pays au point de vue de al métallurgie du fer? Nous allons tâcher de l'indiquer très-brièvement.

Sous le rapport du minerai de fer, on en trouve de bons et en forte quantité, surtout en Styrie et en Carinthie; c'est en grande partie du fer spathique. Les mines les plus importantes et les plus remarquables sont celles d'Eisenerz et de Huettenberg, dont la mise en exploitation remonte, paraît-il, à plus de mille ans; ces minerais sont recherchés pour la fabrication du fer et de l'acier les plus renommés de la Styrie. En Bohême, on trouve aussi de fort beaux gîtes de minerais de fer, un peu moins purs cependant que ceux de Styrie; on en connaît près de Caslau, qui étaient déjà en exploitation en 677 de notre ère. Le gîte le plus important de Bohême est celui de Nusic.

Enfin, on rencontre aussi de beaux et bons gîtes en Hongrie, dans les pays Carpathes, surtout près de Zéleznik, dans le Banat et dans la Croatie.

Comme dans tous les pays d'ailleurs, les minerais les plus purs se présentent en Autriche presque toujours en filons, parce qu'ils ont été formés dans des eaux thermales dont la température était assez élevée pour écarter les êtres animés aquatiques; c'est en grande partie pour ce motif que l'on n'y trouve que très-peu ou point de phosphore. Les autres minerais, qui se sont déposés dans les eaux froides des bassins, des lacs, etc., se montrent principalement en couches et en amas; comme la température n'était pas un obstacle à l'existence des animaux, les minerais de ces gisements contiennent ordinairement du phosphore, qui provient presque entièrement des poissons et des autres animaux qui ont vécu dans ces eaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La production totale des minerais de fer, pendant les dix années 1867 à 1876, a été de :

ANNÉES.	TONNES.	ANNÉES.	TONNES.	ANNÉES.	TONNES.
1867	743.923	1871	1.224.875	1875	1.103.227
1868	874.499	1872	1.360.612	1876	902.421
1869	992.792	1873	1.588.256		
1870	1.156.708	1874	1.329.797		

Quant au combustible, l'Autriche-Hongrie est moins bien partagée que pour le minerai de fer, du moins en Styrie et en Carinthie; le charbon minéral y est rare, et les tarifs élevés des chemins de fer ne permettent pas d'amener à pied d'œuvre, à un prix raisonnable, du charbon de mines éloignées; aussi, doit-on, pour le moment, faire usage du charbon de bois pour la production de la fonte, ce qui donne un beau produit, mais relativement cher.

On a essayé d'employer le lignite, et quelques usines ont trouvé avantage à le substituer au charbon de bois; mais c'est une exception.

En Bohême, en Silésie et en Moravie, on se sert plus généralement de coke; avant 1838, on ne faisait usage que de combustibles végétaux; mais en 1838, on érigea le premier haut fourneau au coke à l'usine de Witkowitz, et, à partir de 1870, on développa beaucoup ce mode de fabrication; actuellement, 50 p. c. des hauts fourneaux de ces contrées marchent avec ce combustible seul.

Quant à la Hongrie, riche aussi en minerais, le combustible minéral fait défaut; on doit donc employer presque partout le charbon de bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1876, il y avait en Autriche 95 hauts fourneaux en exploitation et 78 inactifs; en Hongrie, Transylvanie et Croatie, 71 fourneaux étaient à feu et 35 éteints; soit donc en tout 166 hauts fourneaux en travail et 113 inactifs. La production totale en fonte brute et en fer affiné brut, a été de 273,046 tonnes et 232,873 tonnes métriques pour l'Autriche; de 127,380 tonnes et 10,334 tonnes pour la Hongrie, la Transylvanie et la Croatie; en tout 400,426 tonnes de fonte brute et 243,207 tonnes de fer affiné brut. En 1873, année qui a comporté la plus forte production, la quantité totale de fer affiné avait été de 371,000 tonnes.

Le fer brut est puddlé généralement aujourd'hui à la houille, à la tourbe et au gaz, au lieu d'être affiné au charbon de bois; la Styrie, la Bohême, la Moravie et la Basse-Autriche sont les centres producteurs les plus importants.

La branche industrielle qui s'est le plus développée dans ces derniers temps, est la fabrication de l'acier; le bon minerai se trouve en abondance, et l'on a pu utiliser avec avantage les lignites de Bohême; aussi, de 1862 à fin 1877, a-t-on érigé onze établissements pour la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer; il y en a 4 en Styrie, 2 en Carinthie, 2 en Bohême, 1 en Moravie, 1 dans la Basse-Autriche et 1 en Silésie, comprenant en tout 30 convertisseurs; la Hongrie a en outre un établissement qui possède 2 convertisseurs.

C'est en Styrie, à l'usine de Turrah, qu'a été établie la première aciérie Bessemer, en 1862; aujourd'hui, la plus importante est celle de Ternitz, dans la Basse-Autriche, qui a 6 convertisseurs.

Le premier four à puddler l'acier a été construit, en Autriche, à l'usine de Witkowitz, en 1829.

Voici la production actuelle des diverses espèces d'aciers en Autriche :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Acier Bessemer	65,000	tonnes.
Acier brut	3,000	»
Acier Martin	5,000	»
Acier de cémentation	1,000	»
Acier corroyé et en caisse	4,000	»
Acier fondu	5,000	»

plus de l'acier puddlé en faible quantité.

Avant l'emploi du procédé Bessemer, on fabriquait beaucoup de rails en acier puddlé; mais aujourd'hui le rail d'acier Bessemer a pris sa place.

La production de l'acier fondu se développe beaucoup, et il ne peut en être autrement lorsqu'on a à sa disposition des minerais riches et purs et du combustible minéral (dans certaines provinces) ou du très-bon lignite (en Bohême).

La fabrication de la tôle est aussi assez importante; on a produit en 1876 :

	Tonnes.
Tôle noire	17.673,5
Tôle pour chaudières et pour navires . . .	17.659,6
Tôle blanche	2.653,5
Tôle galvanisée	287,6

On a fait également 10,000 tonnes de fil de fer pour aiguilles, câbles et pointes.

Enfin, la petite quincaillerie est très-importante dans ce pays, et elle est beaucoup connue et recherchée à l'étranger.

Nous allons passer en revue les étalages des principaux exposants de fonte, de fer et d'aciers.

Société autrichienne des chemins de fer de l'État.

Cette Société, l'une des plus importantes qui figuraient à l'Exposition, avait envoyé une collection complète de tous ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

produits, minerais, combustibles, fontes, fers, aciers, etc., appuyée de documents assez nombreux sur ses mines, usines, propriétés forestières et chemins de fer.

Parmi les spécimens métallurgiques, on pouvait signaler des collections de fontes au bois, au coke et au mélange de coke et de houille crue, avec les échantillons des laitiers; des ferro-manganèses; des lingots d'acier Bessemer et Siemens-Martin; des moulages en fonte et en acier; des fers et aciers travaillés, dont un rail en acier Bessemer long de $22^{m}58$, pesant 33 kil. par mètre courant, fabriqué à l'usine de Reschitza; ce rail, spécimen de fabrication courante, avait été obtenu en une seule chaude et par vingt et un passages, avec un lingot pesant 750 kil. et donnant par découpage, soit 2 rails de 9 mètres, soit 3 de 7 mètres. Il y avait aussi des bandages, des roues, des tôles en fer et en acier, etc.

Une Société de cette importance ne devait naturellement envoyer que des produits irréprochables; aussi, pouvaient-ils lutter avec avantage avec leurs similaires exposés par les autres nations.

Nous n'entreprendrons pas de donner la description des principaux objets que l'on pouvait remarquer; elle ne présenterait pas grand intérêt, parce que nous aurions à répéter ce que nous avons déjà dit à propos des exposants français et anglais; mais comme la Société autrichienne avait produit assez bien de renseignements, nous croyons qu'il sera plus intéressant de résumer autant que possible les documents qui se rapportent au fer et à l'acier. Ce qui va suivre est donc, en très-grande partie, extrait de diverses notices de la Société.

La Société autrichienne I. R. P. est constituée depuis 1855; elle possède outre ses chemins de fer, les établissements industriels ci-après :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Les houillères de Brandeisi-Kladno, en Bohême;

2° Des ateliers de construction de locomotives, à Vienne;

3° Les mines, usines et domaine du Banat, dans le comitat de Krassó, en Hongrie.

C'est de ces derniers que nous avons à nous occuper.

Le domaine du Banat, de 130,000 hectares d'étendue, dont 92,300 de forêts, comprend des couches de houille, des mines de fer et d'autres substances métallifères et des usines à fer.

On y exploite, dans un étage dit des schistes bitumineux du terrain jurassique, une zone de 34 mètres de puissance renfermant des minerais de fer argileux, carbonatés, blackbands qui sont traités dans les hauts fourneaux d'Anina; ces minerais sont disposés en neuf couches de 0^m15 à 0^m21, séparées par des bancs argileux de 5 à 12 mètres, et présentant des accumulations sous forme de grosses lentilles dont le grand axe est orienté suivant la direction des couches; l'exploitation de ces couches peu épaisses, est coûteuse. La teneur de ces blackbands à l'état brut, est de 30 p. c.; mais elle est portée à 42 p. c. par le grillage; leur composition normale peut être fixée comme suit :

Silicate d'alumine	16,5 p. c.
Carbonate de fer	76,0 »
Carbonate de chaux	1,0 »
Charbon et bitumes	6,5 »

Les bitumes et le charbon suffisent au grillage du minerai, sans emploi d'autre combustible; lorsque le four a été mis en marche, il se dégage une huile bitumineuse qui brûle et qui grille la matière.

A Moravitza, se trouvent des amas de minerais dont plusieurs sont pour ainsi dire épuisés; non loin de Deutsch-Bogsan, se présente l'amas appelé Vartorpe qui repose sur un calcaire cristallin de la formation crétacée et renferme du minerai de fer magnétique riche et pur; un dépôt découvert à la mine Amélie,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

depuis deux ans seulement, a déjà été reconnu sur 9 mètres d'épaisseur, et on y a constaté la présence de 50,000 tonnes de minerais d'excellente qualité; d'autres petits amas sont aussi en exploitation.

Les mines de Moravitza livrent du minerai depuis très-longtemps; en 1718, leur importance était déjà telle, que l'on se décida à ériger deux hauts fourneaux à Deutsch-Bogsan, et peu après, en 1767, deux autres à Reschitza.

Ces minerais se présentent sous forme d'amas irréguliers qui affleurent au jour sur une assez grande surface, ou à faible distance sous le sol; ils consistent principalement en fers magnétiques d'une grande pureté, mais on y rencontre aussi des hématites brunes qui, dans quelques parties comme dans la mine de Paulus, présentent une assez forte teneur en manganèse. La gangue la plus ordinaire est le grenat, mais on en trouve aussi où la silice et la chaux prédominent.

Dans le district d'Oravitza, on exploite encore des hématites que l'on traite à l'usine Anina; ce sont des minerais assez impurs, mais très-fusibles, d'une réductibilité facile et d'un prix de revient peu élevé, ce qui permet de les ajouter avec avantage aux lits de fusion destinés à la fonte de moulage.

Enfin, on extrait aussi dans le district de Dognacska, du minerai de fer magnétique et des hématites rouges et brunes d'une teneur de 40 à 50 p. c.; ces exploitations ont été développées depuis quelques années; elles donnaient, en 1872, environ 23,000 tonnes, tandis qu'en 1855, on n'en tirait que 3,700 tonnes. Ces gisements sont analogues à ceux de Moravitza. On a principalement enlevé, dans ces derniers temps, les minerais riches et susceptibles d'être employés à la fabrication des fontes à acier.

Voici quelques analyses des minerais de Moravitza et de Tirnova :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyses de minerais de fer provenant des mines de Moravitza et de Tirnova.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M
	Provenant de la mine											
	Paulus 1re couche à Moravitza.		Paulus 2me couche à Moravitza.		Thérésia à Moravit.	Éléonora à Moravitza.		Délius à Moravitza.		Franciscus à Moravitza.		de Tirnova.
Silice	13,02	23,83	5,63	7,10	21,40	8,05	16,82	13,56	15,49	26,07	30,71	38,54
Alumine	0,57	4,18	0,93	1,43	3,61	1,12	2,15	1,98	2,77	3,32	6,47	7,83
Protoxyde de fer	9,34	6,65	1,34	2,24	11,07	19,89	15,67	14,26	8,06	5,37	2,62	0,96
Peroxyde de fer	70,72	52,45	59,84	79,39	42,27	55,30	44,56	58,14	60,30	50,18	41,93	15,78
Protoxyde de manganèse	1,22	1,32	2,52	1,52	1,52	0,97	0,37	0,62	0,47	3,37	3,47	»
Peroxyde de manganèse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	28,79
Peroxyde de cuivre	0,04	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01	»	0,02	0,02	0,01	0,05	0,08
Chaux	2,28	3,92	15,41	3,64	12,53	6,82	8,61	8,97	10,01	3,79	2,81	1,72
Magnésie	0,06	0,05	0,08	0,29	2,40	2,13	3,36	0,19	0,26	2,08	4,07	0,29
Acide sulfurique	0,09	0,16	0,05	0,05	0,06	0,04	0,07	0,07	0,04	0,07	0,07	0,07
Acide phosphorique	0,06	0,12	0,07	0,05	0,07	0,07	0,12	0,08	0,10	0,09	0,15	0,52
Substances organiques	0,09	0,29	0,07	0,11	0,33	0,14	0,10	0,05	0,05	0,03	0,06	0,55
Pertes par calcination	2,29	5,89	13,36	3,69	4,27	5,42	7,10	1,53	1,85	5,00	4,24	3,15
Eau combinée	0,40	0,32	0,53	0,49	0,67	0,28	0,82	0,68	1,10	1,00	2,56	1,70
Soit en												
Fer	56,77	41,89	42,93	57,31	37,99	54,18	43,38	51,79	48,46	39,30	31,39	11,79
Manganèse	0,88	0,95	1,82	1,09	1,09	0,70	0,27	0,45	0,34	2,43	2,50	18,12
Cuivre	0,03	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	»	0,02	0,02	0,01	0,04	0,07
Phosphore	0,05	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,06	0,22
Soufre	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03

A — C = Hématite rouge en morceaux grillés avec du poussier de charbon.
B — D = Hématite rouge menue.
E — F — H = Minerai de fer oligiste en morceaux, grillé avec du poussier de charbon.
G — I = Minerai de fer oligiste menu.
K = Minerai de fer oligiste décomposé en morceaux.
L = Minerai de fer oligiste décomposé menu.
M = Minerai manganésifère grillé des mines de Tirnova.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les usines à fer et à acier de la Société sont réparties dans les districts de Reschitza, de Steyerdorf-Anina et de Dognacska :

1° DISTRICT DE RESCHITZA.

Établissement de Reschitza. — Ce sont les plus grands du royaume de Hongrie; ils doivent être compris parmi les plus considérables de toute la monarchie austro-hongroise; ils sont situés dans la partie nord des domaines du Banat sur le cours de la Berzava.

En 1767, on commença la construction de deux hauts fourneaux qui furent mis à feu en juillet 1771; la plus grande portion de leur fonte était employée à la fabrication de projectiles, de poêlons et autres moulages ordinaires; le reste était livré aux affineurs établis dans le voisinage.

En 1841, on créa un atelier de construction, et en 1845, des fours à puddler et des laminoirs.

En 1852, on érigea une belle fonderie au réverbère spécialement destinée à la fabrication des canons; en 1868, un premier atelier Bessemer et un second en 1876.

En 1871, on installa un laminoir à bandages sans soudure, avec un marteau à vapeur de 15 tonnes pour le forgeage des lingots d'acier; enfin on a monté dans ces derniers temps, un grand laminoir à rails.

Cette usine comprend 3 hauts fourneaux, dont 2 sont restés à peu près tels qu'ils avaient été construits à l'origine; le troisième a été érigé par la Société actuelle. Ils marchent tous au charbon de bois. Leur hauteur est de 13^m27; deux ont un diamètre au ventre de 3^m18 et un vide intérieur de 60 mètres cubes; le troisième, un diamètre au ventre de 3^m80 et un vide de 80 mètres cubes. Ces trois hauts fourneaux produisent en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semble par 24 heures, 36 tonnes de fonte grise que l'on traite directement dans les cornues Bessemer.

Le nombre de tuyères varie de deux à quatre, et le vent sous une pression de 6 centimètres est chauffé à une température de 350 à 400° par des appareils en fonte.

On traite presque exclusivement les bons minerais magnétiques des mines de Moravitza; on les grille au préalable; mais les menus et les hématites que l'on consomme aussi, sont chargés à l'état cru. Bien que les minerais de Moravitza soient un peu manganésifères, on ajoute toujours au lit de fusion quelques centièmes de minerais de Tirnova dont la teneur en fer est faible, tandis que celle en manganèse dépasse 25,11 p. c. La teneur moyenne du lit de fusion avec la castine et un peu de bocages et autres déchets, s'élève à 50 p. c. de fer; le poids de la castine par rapport à celui du minerai est d'environ 13 p. c.

Le combustible employé est ordinairement le charbon de bois de hêtre et, en faible partie, celui de chêne et de quelques essences de bois tendres; on dépense de 4 à 5 mètres cubes de charbon de bois par tonne de fonte produite.

Depuis plusieurs années, on ne fait que de la fonte grise Bessemer, environ 15,000 tonnes par an.

L'atelier Bessemer, le seul encore existant aujourd'hui en Hongrie, possédait dès 1868 deux convertisseurs de 10 tonnes. De 1868 à fin 1875, on a produit 51,205 tonnes de lingots d'acier exclusivement fabriqué avec la fonte prise directement au haut fourneau, sans addition de fonte à la fin de l'opération ni de spiegeleisen ou de ferro-manganèse; le déchet dans la cornue varie de 10 à 12 p. c.

Un nouvel atelier Bessemer et deux fours Siemens-Martin ont encore été construits; un seul de ces derniers a été mis à feu en 1877, et pendant cette même année, on a produit 17,559 tonnes d'acier Bessemer et 3,452 tonnes d'acier Siemens-Martin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fours Martin sont établis de manière à pouvoir couler leur acier dans la même poche que les convertisseurs, et à servir, en cas de besoin, comme fours de fusion de la fonte à charger dans ces derniers. On a réalisé cette combinaison en établissant les tourillons des cornues au niveau du sol de l'usine, tandis que les deux fours Martin le dépassent d'une partie de la hauteur de leurs chambres à air et à gaz.

Les fours Siemens-Martin ont une sole de 4^m12 sur 2^m30, trois portes de chargement, 7 carneaux alternant de chaque côté pour l'arrivée des gaz et de l'air chaud. Les régénérateurs ont 2^m60 de long, 1^m50 de large et 3^m50 de hauteur. Les gazogènes adjacents aux fours, possèdent chacun des grilles de 1^m75 sur 1^m50 et inclinées à 60°. Dans ces conditions, un four fait par 12 heures, deux charges de 8 à 9 tonnes.

Les déchets, bouts et rognures qui résultent de la fabrication des rails, des bandages, des essieux, de la tôle, forment une forte proportion des matières que l'on traite au four Siemens-Martin ; on y ajoute de la fonte des hauts fourneaux de Boysan et de Dognacska.

Une fonderie en seconde fusion, au moyen de cubilots dont le plus grand peut fondre 5 tonnes à l'heure, est annexée aux hauts fourneaux ; on y produit annuellement environ 2,500 tonnes de moulages.

La vieille forge qui renferme les ateliers de puddlage, de la fabrication des fers marchands et profilés et des tôles, ne contient plus que onze fours à puddler, des fours à réchauffer, etc., ainsi que huit trains de laminoirs dont voici le détail :

Un train de puddlage, un moyen mill, un petit mill, un à tôles fines à deux cages, dont les cylindres de la première, en fonte ordinaire, et ceux de la seconde, en fonte trempée, ont 1^m26 de longueur de table avec un écartement d'axe en axe de 0^m56 ; un train de grosses tôles à une cage avec longueur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

table de 2m20 et 662 millimètres d'axe en axe ; un laminoir universel sur lequel on fabrique principalement des longerons de ponts, qui pèsent quelquefois 1,100 kilogrammes ; deux gros trains pour laminage des gros ronds et des divers fers puddlés.

Le fer puddlé se fabrique avec de la fonte au bois ; le revêtement intérieur des fours, se compose d'un enduit d'hématite rouge très-riche.

Pour la fabrication des fers de qualité, on fait 5 à 6 charges de fonte de 200 kil. en 12 heures ; les loupes que l'ouvrier cherche à obtenir aussi fortes que possible, sont cinglées sous un marteau-pilon de 6 tonnes. On fait très-peu usage de paquets, afin d'éviter les soudures ; les fers que l'on peut fabriquer d'une seule loupe, reçoivent deux chaudes pour le martelage et une chaude pour le laminage. Lorsqu'on est obligé pour la fabrication de certains produits plus volumineux, d'avoir recours aux paquets, comme, par exemple, pour les tôles, on donne au paquet deux couvertures en corroyé et on fait les mises intérieures de mill-bars ; on se propose d'éviter par ce moyen la formation de soufflures, qui est presque inévitable, lorsque la surface à souder est continue et de grande dimension.

Pour la fabrication des fers ordinaires, on donne aux charges de fonte un poids de 300 kilog. et on fait 5 charges en douze heures.

Le laminoir à bandages est semblable à ceux employés dans les usines de Westphalie. La machine motrice, à deux cylindres horizontaux de 0m63 de diamètre et 1m42 de course, représentant, à la vitesse de 90 tonnes par minute, une force de 500 chevaux, est sous le sol de l'usine ; on ne voit donc paraître dans l'atelier que l'arbre vertical dont la tête porte le cylindre femelle réduit à une seule cannelure, le cylindre mâle réduit également à un simple galet qui, pendant que la rotation s'accomplit, est serré successivement contre l'intérieur du bandage par une pres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion hydraulique de 200 atmosphères, produite par des pompes et des accumulateurs spéciaux; enfin, les deux galets guides qui ont pour mission de cintrer le bandage pendant sa rotation; ce dernier se trouve donc ainsi laminé horizontalement en une seule chaude et dans une seule cannelure.

Les poires à bandages livrées par l'atelier Bessemer, avec une hauteur de 0^m56, un diamètre à la base de 0^m31 et à la partie supérieure de 0^m28, sont travaillées dans tous les sens sous un marteau-pilon de 17 tonnes et amenées à la forme d'un disque épais de 0^m14 et percé en son milieu; le bigornage est alors opéré sous un marteau de 6 tonnes; le tout a été fait en une seule chaude; on reporte alors la pièce bigornée au four, puis on la lamine.

Le nouveau laminoir à rails est un trio à trois cages actionné directement par la machine; la longueur totale du train est de 18 mètres; la distance entre les montants des trois cages est de 1^m60 et l'écartement d'axe en axe du cylindre du milieu aux deux autres, est de 0^m65. Les fondations du laminoir sont exclusivement en briques et en pierres de taille. La première cage est munie de releveurs à vapeur sur les deux côtés du train; pour les deux autres cages, la manœuvre du relevage se fait à la manière ordinaire.

Le laminage s'opère en une seule chaude et par passage en 21 cannelures, en partant de lingots donnant par découpage, soit 2 rails de 9 mètres, soit 3 de 7 mètres.

Quant à la forge qui dessert les ateliers de construction, etc., elle comprend entre autres 5 grands fours à réchauffer, 4 fours à souder, 28 fours ordinaires, 7 feux pour soudages des moyeux et des jantes des roues, etc.

Voici quelques données sur la production de cette usine :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Production de l'usine de Reschitza. — Tonnes de 1,000 *kil.*

	1855	1860	1865	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877
Ébauchés en fer. . .	5.950	6.570	7.475	9,865	9.612	9.643	8.015	7.980	7.803	6.477	7.079	6.758	4.425
Fers laminés et martelés.													
Fers marchands. . .	863	2.240	2 355	2.895	2.887	2.551	3 210	3.885	3.865	3.151	3.157	3.237	3.186
Fers façonnés. . . .	»	89	183	457	528	665	240	613	295	329	496	789	1.278
Tôles.	49	806	1.736	2.451	2.129	1.664	2.032	1.646	2.752	1.752	1.423	1.379	1.300
Rails et accessoires .	4.282	260	1.538	3.113	2.932	2 583	802	664	1.058	463	62	8	262
Bandages, essieux, divers	»	228	444	1.170	507	426	371	387	303	88	319	336	63
Total des produits en fer	5.194	3.623	6.256	10.086	8.983	7.889	6.655	7.195	8.273	5.783	5.457	5.749	6.089
Aciers Bessemer et Martin, laminés, forgés.													
Produits marchands .	»	»	»	»	18	59	57	22	96	90	146	81	91
Produits façonnés . .	»	»	»	»	»	»	3	»	20	8	»	»	2
Tôles	»	»	»	»	10	64	39	4	40	83	150	98	249
Rails	»	»	»	3	1.102	1.620	3.298	2.900	4.829	6.811	7.751	12.068	13.867
Bandages, essieux, divers	»	»	»	29	232	459	1.060	1.741	1.770	1.070	1.289	1.245	958
Total des produits acier	»	»	»	32	1.362	2.202	4.457	4.667	6.755	8.062	9 336	13.432	15.167
Rails à têtes d'acier. .	»	»	»	»	»	»	384	685	731	351	55	89	109

Haut fourneau de Deutsch-Bogsan. — Les deux hauts fourneaux construits en 1718 ont été remplacés en 1869 par un seul haut fourneau de 13^{m}30 de hauteur, 3^{m}50 de diamètre au ventre, 2^{m}60 de diamètre au gueulard et 86 mètres cubes de capacité; le vent est donné par 4 tuyères de 0^{m}08 à une pression de 9 à 11 centimètres; l'appareil à air chaud, système carinthien, avec une surface de chauffe de 130 mètres carrés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est alimenté par les gaz du haut fourneau, et est muni du système breveté Ehrenwerth pour la combustion du gaz.

Les minerais sont les mêmes que ceux que l'on traite à Reschitza; mais on emploie le coke comme combustible; la production annuelle s'élève à 6,000 tonnes de fonte.

Nous allons donner quelques analyses qui se rapportent aux deux usines du district de Reschitza :

MATIÈRES.	ANALYSES DE PRISES D'ESSAI MOYENNES DES LITS DE FUSION.			
	FONTE BESSEMER AU CHARBON DE BOIS A RESCHITZA.		FONTE AU COKE A BOGSAN.	
	Matières insolubles dans l'acide chlorhydrique.	Matières solubles dans l'acide chlorhydrique.	Matières insolubles dans l'acide chlorhydrique.	Matières solubles dans l'acide chlorhydrique.
Silice	17,05	»	11,25	»
Alumine	1,33	2,03	0,96	1,31
Protoxyde de fer	0,70	1,86	0,72	3,07
Protoxyde de manganèse	0,77	1,57	0,81	1,07
Oxyde de calcium	0,14	»	0,77	»
Magnésie	»	0,89	»	1,32
Matières organiques	1,32	»	0,14	»
Peroxyde de fer	»	52,66	»	32,98
Oxyde de cuivre	»	0,08	»	0,06
Chaux	»	13,52	»	25,80
Acide carbonique	»	5,93	»	17,93
Acide sulfurique	»	0,08	»	0,19
Acide phosphorique	»	0,04	»	0,05
Eau	»	2,07	»	1,73
Teneur en fer	38,85 p. c.		26,03 p. c.	

Dans le tableau ci-après des *analyses de fontes et d'aciers*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les lettres indicatives dans les colonnes ont les significations suivantes :

A. — Fonte Bessemer au charbon de bois de Reschitza ;
B. — Fonte Bessemer obtenue avec un mélange de charbon de bois et de coke de Reschitza ;
C. — Fonte Bessemer au charbon de bois de Bogsan ;
D. — Fonte de puddlage au coke de Bogsan ;
E. — Fonte Bessemer obtenue avec un mélange de charbon de bois et de coke de la Compagnie des mines et usines de Kronstadt à Kallan en Transylvanie ;
F. — Fonte Bessemer au charbon de bois des usines royales de Govardia en Transylvanie ;
G. — Prise d'essai de la première période du procédé Bessemer ;
H. — Prise d'essai de la deuxième période »
I. — Prise d'essai de la fin de l'opération »
K. — Prise d'essai de la fonte après sa fusion dans le four Martin ;
L. — Prise d'essai après la première charge de fer »
M. — Prise d'essai après la deuxième charge de fer »
N. — Prise d'essai après la troisième charge de fer »
O. — Prise d'essai après la quatrième charge de fer »
P. — Prise d'essai de la fin de l'opération »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyses de fontes et d'aciers, proportion pour 100.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P
	Fonte Bessemer			Fonte de puddlage.	Fonte Bessemer		Prise d'essai de			Prise d'essai					
	au charbon de bois.	mélange de charbon et de coke	au charbon de bois.	Fonte			Ire période	IIe période	fin de l'opération.	après la fusion de la fonte	après la fusion				à la fin de l'opération.
	de l'usine de			au coke de Bogsan	mélange de charbon et de coke de la Cie de Kronstadt, Transylvanie.	au charbon de bois des usines royales de Govardia en Transylvanie.	du procédé Bessemer.				Ire	IIe	IIIe	IVe	des charges de fer
	Reschitza.	Reschitza.	Bogsan							du procédé Martin.					
Carbone combiné	0,04	0,25	0,08	0,32	0,03	0,21	1,97	0,66	0,03	2,81	1,36	0,30	0,25	0,30	0,17
Carbone graphite	3,51	3,28	3,71	3,00	3,21	3,24	1,53	0,51	0,13	1,00	0,66	0,89	0,53	0,36	0,30
Carbone total	3,55	3,53	3,79	3,32	3,24	3,45	3,50	1,17	0,15	3,81	2,02	1,19	0,78	0,66	0,47
Silice	1,46	2,13	0,86	1,62	2,81	1,54	0,92	0,34	0,04	0,76	0,11	0,03	0,02	0,02	0,02
Manganèse	2,18	1,89	1,68	0,71	4,37	2,07	1,33	0,54	0,19	1,08	0,20	0,03	0,03	0,03	0,09
Cuivre	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05
Phosphore	0,07	0,09	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,06	0,07	0,06
Soufre	"	"	0,002	0,003	0,004	0,002	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Fer calculé par différence	92,71	92,33	93,56	94,20	89,47	92,84	94,15	97,87	99,53	94,23	97,56	98,65	99,05	99,17	99,31

Il y a des traces de cobalt dans tous les échantillons. — On a trouvé des traces de nickel dans les deux échantillons E et F seulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le tableau : *Analyses de laitiers et de scories*, les lettres ont les significations suivantes ; nous y ajoutons certaines indications qui se rapportent aux divers échantillons :

A. — Laitier de la fonte Bessemer au charbon de bois de Reschitza ; laitier d'un gris perle à cassure écailleuse.

B. - Laitier de la fonte Bessemer faite avec un mélange de charbon de bois et de coke de Reschitza ; laitier d'un gris de fumée ; se casse par éclats d'un vert de feuille ;

C. — Laitier de la fonte Bessemer au charbon de bois de Bogsan ; laitier dense et pierreux gris, à larges pores, dont la croûte extérieure est recouverte de sable tenant beaucoup de mica ;

D. — Laitier de la fonte de puddlage au coke de Bogsan ; laitier en partie vitreux, couleur gris de fumée, en partie pierreux, couleur vert de mer, dont la croûte écumeuse intérieure est d'un blanc jaunâtre ; il a une odeur hépatique et, traité par l'acide chlorhydrique, développe beaucoup d'hydrogène sulfuré ;

E. — Scorie de la première période du procédé Bessemer ; scorie bleu verdâtre, dense, et très-dure, dont la croûte extérieure est de couleur brune ; elle contient beaucoup de globules de fer (avec un aimant, on est parvenu à en séparer jusqu'à 44 p. c. de fer métallique) ;

F. — Scorie de la deuxième période ; scorie d'un vert jaunâtre, à l'extérieur de couleur brune, avec peu de globules de fer qu'on ne peut séparer mécaniquement ;

G. — Scorie de la fin de l'opération ; scorie jaune, d'un brun foncé à l'extérieur, avec 8 p. c. de fer métallique ;

H. — Scorie de la fin de l'opération du procédé Martin ; scorie en plaques de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, dense, de couleur olive, et extérieurement d'un brun foncé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyses de laitiers et de scories. — Proportion pour 100.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	A	B	C	D	E	F	G	H
	Laitiers et scories provenant de							
	fonte Bessemer au charbon de bois.	fonte Bessemer faite avec mélange de charbon et de coke.	fonte Bessemer au charbon de bois.	fonte de puddlage au coke.	Procédé Bessemer de la		de la fin de l'opération du procédé Bessemer.	de la fin de l'opération du procédé Martin.
					Ire période.	IIe période.		
	Reschitza.		Bogsan.					
Silice	47,84	43,19	41,14	34,34	61,27	57,71	55,68	48,14
Alumine	5,49	6,62	5,42	8,03	5,73	6,11	3,94	3,24
Protoxyde de fer	0,95	1,11	0,79	1,03	0,76	5,40	10,32	28,32
Protoxyde de manganèse	5,31	3,86	2,57	2,81	25,17	27,31	27,03	18,62
Oxyde de cuivre	0,05	"	"	0,13	0,15	0,08	0,25	"
Chaux	36,03	40,02	44,22	44,51	3,96	2,51	1,44	0,69
Magnésie	3,50	3,97	5,43	5,75	0,51	0,29	0,16	0,15
Sulfure de calcium	0,53	0,63	0,43	2,95	0,02	0,02	0,02	0,02
Acide phosphorique	0,04	0,03	0,06	0,05	0,02	0,04	0,03	0,02
Fer métallique	"	"	"	"	1,94	0,63	1,33	1,10
Alcalis et pertes	0,25	0,58	0,06	0,41	"	"	"	"
Poids spécifique	2,8182	2,9226	2,9042	2,9236	"	"	"	"

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° DISTRICT DE STEYERDORF-ANINA.

Usine à fer et à acier d'Anina. — Cette usine a été mise en marche dans le courant de l'année 1861; elle comprend deux hauts fourneaux au coke; 55 fours à coke chacun de 6m30 de long, 0m63 de large et 1m26 de hauteur, avec cuisson de 30 heures.

On traite principalement les blackbands grillés; on mélange des minerais magnétiques de Dognacska que l'on grille au moyen de menu coke; le minerai a 50 p. c. avant le grillage, et possède après l'opération une teneur de 52 p. c.

Un des hauts fourneaux, le n° 1, est destiné à marcher quelquefois avec le charbon de bois seul, pour produire des fontes de qualité supérieure; le n° 2, est spécialement construit pour l'emploi du combustible minéral.

Voici les dimensions de ces deux hauts fourneaux :

	HAUT FOURNEAU N° I.	HAUT FOURNEAU N° II.
Diamètre aux tuyères	1,18 mèt.	1,28 mèt.
Id. au ventre	3,47 »	4,80 »
Id. au gueulard	2,02 »	2,61 »
Hauteur totale	13,94 »	17,05 »
Vide intérieur	85 mèt. cubes.	169 mèt. cubes.
Nombre de tuyères	3	5
Pression du vent	6 centimètres.	12 centimètres.
Température de l'air	450°	450°

Ils sont à poitrine ouverte, à prise de gaz centrale combinée avec une fermeture *Cup-and-cone*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le lit de fusion renferme ordinairement 34 p. c. de fer avec la castine, ou 45 p. c. si l'on ne tient pas compte du fondant; dans certains cas spéciaux, on marche avec des lits de fusion dont la teneur en fer des minerais, s'élève jusqu'à 50 p. c.

Le combustible est le charbon de bois de hêtre d'excellente qualité, ou le coke à 8 p. c. de cendres provenant de houille des mines de Steyerdorf, ou bien le charbon cru de ces mêmes mines en morceaux de moyenne grosseur. Dans ces derniers temps, un mélange de charbon de bois et de houille sèche à longue flamme a donné dans le petit haut fourneau, des résultats satisfaisants.

Le grand haut fourneau produit journellement 30 tonnes, et le petit 15 tonnes de fonte grise. Comme cette fonte, possède une fluidité qui la rend surtout propre à la fabrication de moulages, on a établi une fonderie dont il sort des grilles, des balustrades, des candélabres, des poêles, etc.

En 1875, on a construit un four Pernot pour la transformation en lingots d'acier, de vieux rails en fer de bonne marque; on emploie pour cette fabrication la fonte au bois de Dognaska fabriquée avec les minerais magnétiques les plus purs; les vieux rails viennent eux-mêmes des usines du Banat, de Styrie, de Carinthie et de la Haute-Hongrie qui ne travaillent que d'excellentes matières.

En bonne marche, le four fait en 24 heures trois charges qui atteignent jusqu'à 8 tonnes; souvent cependant, on n'arrive qu'à deux opérations. Après chaque opération, on répare la voûte. La production mensuelle varie de 420 à 450 tonnes; le déchet au feu ne dépasse pas 6 p. c. et la consommation de combustible au générateur (gaillettes de houille) est de 500 kilogrammes par tonne de produit.

La forge annexée à cette usine comprend 11 fours à puddler,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

19 fours à réchauffer, 2 fours à riblons, 1 four dormant, 5 trains de laminoirs, des marteaux, cisailles, etc.

Les fours à puddler servent principalement au travail des fontes grises pour produire du fer à grain fin ; on fait en moyenne 5 charges de 250 kil. par 12 heures, avec une dépense de 110 kil. de charbon menu, seul combustible employé dans la forge, et un déchet de 14 par cent kil. de milbars obtenus.

Le moyen mill est aussi à 3 cages, avec des cylindres de 1^m60 de table ; il sert à fabriquer les fers marchands et surtout les éclisses, les plaques de joint, etc.

Le train de gros corroyés a 3 cages avec cylindres de 1^m60 de table, et écartement d'axe en axe de 0^m55 ; il sert à faire les demi-produits. Lorsqu'on fabrique des rails entièrement en acier, ce train est employé pour faire subir un premier corroyage, au lingot de 22 sur 24 millimètres et le ramener par 9 passages dans 5 cannelures, à une billette rectangulaire de 17 sur 18 millimètres ; on le reporte ensuite au four, et on l'achève complétement en 15 passages, dont 9 aux cylindres dégrossisseurs et 6 aux cylindres finisseurs.

Le train de rails consiste en un trio à deux cages ; l'écartement entre les montants de l'ébaucheur est de 1^m58, et celui du finisseur de 1^m50. La distance d'axe en axe des cylindres, deux à deux, est de 0^m58.

Pour les rails en fer, on prend un paquet de 0^m20 de hauteur sur 0^m185 de base, ayant à sa partie supérieure une couverte de tête en corroyé à grain fin, épaisse de 0^m05 ; au dessous de cette couverture, viennent 2 mises de fer ébauché à gros grain, destinées à assurer la soudure entre la couverte de tête et le reste du paquet, entièrement composé de 5 mises de vieux rails platinés, sauf à l'avant-dernière mise, dont les deux extrémités sont formées d'un corroyé nerveux, large de 0^m05, destiné à assurer la bonne venue du patin. Ces diverses ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tières interviennent, en poids, dans la composition du paquet, de la manière suivante :

Couverte corroyée à grain fin .	22 p. c.
Corroyé à nerf	9 »
Ébauchés à gros grain . . .	12 »
Vieux rails platinés	57 »

Le paquet, après une 1re chaude d'environ 1 1/2 heure, est passé 4 fois par 2 cannelures rectangulaires, au train de ballage ; puis, après une 2me chaude de 20 minutes, le laminage est achevé par 15 passages au trio, dont 9 au dégrossisseur, et 6 aux finisseurs.

Voici quelques analyses de minerais et de produits se rapportant à l'usine de l'Anina :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyses de minerais de fer traités aux hauts fourneaux de l'Anina.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	(a)		(b)	(c)	(d)	HÉMATITE BRUNE DE SZASZKA.		(e)	(f)	(g)	ACIER PERNOT DE L'ANINA.		
						MINE DE LEIBNITZ							
	Morceaux	Menu				Morceaux	Menu						
Résidu insoluble . .	13,20	27,12	42,22	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Silice . . .	"	"	"	16,39	16,29	6,95	13,23	7,02	29,52	29,35	0,10	0,04	0,10
Alumine . .	8,57	12,72	2,01	7,09	3,03	2,86	3,45	2,32	2,14	2,89	"	"	"
Oxyde de manganèse	trace	"	trace	0,33	trace	"	"	"	trace	0,15	"	"	"
Oxyde de cuivre. . .	trace	"	"	0,18	0,41	0,69	1,07	0,60	0,46	0,05	cuivre 0,03	cuivre 0,06	cuivre 0,15
Protoxyde de fer . . .	34,91	3,44	"	"	6,62	0,67	0,73	"	"	50,19	"	"	"
Peroxyde de fer . . .	6,68	49,16	52,44	60,19	64,32	76,86	71,31	76,95	56,51	fer 8,96	fer 99,04	fer 99,24	fer 98,69
Chaux . . .	1,44	1,65	0,70	2,16	3,56	1,50	2,18	0,35	0,50	0,89	"	"	"
Magnésie .	0,60	2,38	0,94	0,57	0,06	0,32	0,22	"	"	0,11	0,21	0,18	0,10
Acide phosphorique .	0,29	0,87	"	"	"	"	"	"	"	0,14	0,07	0,07	0,12
Acide sulfurique . . .	"	"	"	0,69	0,46	0,31	0,34	"	0,24	0,05	soufre 0,01	soufre 0,01	"
Acide carbonique . .	23,12	1,29	"	"	"	"	"	"	"	0,23	carbone 0,55	carbone 0,40	carbone 0,85
Matières organiques .	2,52	0,30	"	0,82	"	"	"	"	"	6,96	"	"	"
Eau	7,93	1,22	1,42	11,40	4,89	10,05	8,25	12,50	10,50	0,16	"	"	"

(a) Blackband de la formation houillère de Steyerdorf.
(b) Hématite rouge de la vallée de Karas.
(c) Hématite brune de la vallée d'Oravicza
(d) Minerai de fer oligiste d'Oravicza.
(e) Mine d'Édouard.
(f) Mine de Samuel.
(g) Scorie des fours à réchauffer de l'Anina.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANALYSES DE FONTES ET DE LAITIERS DE L'USINE D'ANINA.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	FONTE GRISE.			Fer à grain provenant de la fonte graphiteuse	FONTE BLANCHE.
	Au charbon de bois.	Au coke.	Fonte graphiteuse pour rails.		
Fer	93,52	93,64	93,74	99,33	95,41
Manganèse	0,19	0,27	0,41	0,12	0,21
Cuivre	0,18	0,14	0,14	0,06	0,33
Cobalt	0,03	0,02	trace.	trace.	»
Arsenic	0,01	0,02	»	»	»
Phosphore	0,20	0,34	0,34	0,10	0,17
Soufre	0,10	0,11	0,02	0,01	0,10
Silicium	2,15	1,85	1,71	0,14	0,66
Graphite	2,93	3,15	2,94	»	0,31
Carbone combiné	0,35	0,13	0,12	0,18	»
Laitier	»	»	0,64	»	2,80
Poids spécifique	7.1080	7.0550	7.0950	7.9680	»
LAITIERS QUI EN PROVIENNENT.					
Silice	40,70	39,38	»	»	38,35
Alumine	17,75	16,18	»	»	16,72
Protoxyde de fer	0,60	2,72	»	»	1,56
Protoxyde de manganèse	0,89	0,61	»	»	0,31
Protoxyde de cuivre	0,04	0,02	»	»	0,16
Chaux	34,55	35,81	»	»	38,85
Magnésie	2,17	2,23	»	»	3,13
Sulfure de calcium	1,30	2,46	»	»	0,54
Acide sulfurique	0,07	0,23	»	»	0,17
Alcalis	1,03	0,46	»	»	trace.
Poids spécifique	2.9200	2.8800	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° DISTRICT DE DOGNACSKA.

Il y a deux hauts fourneaux au charbon de bois qui ont été construits en 1858; ils ont 11m50 de haut, 3m00 de diamètre au ventre, 1m64 au gueulard et 44 mètres cubes de capacité. L'air est chauffé à 300°. Ordinairement, il n'y a qu'un haut fourneau en marche, qui donne annuellement environ 4,000 tonnes de fonte grise propre à la fabrication de l'acier.

ANALYSES DES MINERAIS DE FER DE DOGNACSKA

VENANT DES MINES DE :

MATIÈRES.	Juliana.		Peter et Paul.		Stéfani.	Galerie principale Ferdinand	Arpad.
	Morceaux	Menu	Morceaux	Menu			
Silice	13,93	25,49	2,64	7,67	12,67	10,68	46,33
Alumine	1,21	1,08	5,35	5,20	0,75	13,12	6,09
Protoxyde de fer .	13,65	7,60	»	6,30	7,70	21,29	»
Peroxyde de fer .	62,84	49,69	88,18	74,17	73,55	47,06	21,77
Deutoxyde de manganèse	1,14	1,69	»	0,83	0,50	0,61	15,10
Oxyde de cuivre. .	0,14	0,15	0,73	1,01	0,12	0,07	0,75
Chaux.	7,17	12,34	0,04	1,51	4,11	4,99	2,23
Magnésie. . . .	trace.	trace.	trace.	0,60	trace.	2,04	0,25
Acide sulfurique .	0,25	0,17	0,03	0,39	0,10	»	0,16
Acide phosphorique	0,07	0,07	»	»	0,10	»	0,57
Perte par calcination.	0,48	1,79	2,11	2,21	1,00	0,14	6,75
Fer	54,61	40,69	61,73	56,82	57,48	49,50	15,24

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANALYSES DES FONTES ET DES LAITIERS DE L'USINE DE DOGNACSKA.

MATIÈRES.	Fonte blanche lamelleuse	Fonte grise graphiteuse.	Fonte grise.			
			I.	II.	III.	IV.
Silice	0,60	0,38	1,48	1,43	1,63	2,75
Manganèse	0,17	0,31	1,06	0,77	0,93	1,01
Cuivre	0,17	0,23	0,05	0,05	0,04	0,06
Phosphore	0,06	0,01	0,06	0,08	0,07	0,07
Soufre	0,001	0,02	trace.	trace.	trace.	trace.
Carbone { combiné	1,16	0,37	non dosé.			
Carbone { graphite	0,94	1,93				
Fer, par différence	96,93	96,76				
Poids spécifique	7.0664	7.7487	»	»	»	»
LAITIERS QUI EN PROVIENNENT.						
Silice	46,22	54,14	46,86	48,51	48,20	47,85
Alumine	10,67	10,61	9,23	8,30	9,76	6,09
Chaux	29,82	10,20	35,50	34,38	34,72	36,86
Protoxyde de fer	2,62	4,11	0,80	1,60	0,95	1,16
Protoxyde de cuivre	0,13	0,14	0,12	0,12	0,04	0,16
Protoxyde de manganèse	4,65	5,88	4,51	4,05	4,70	4,00
Magnésie	1,67	2,11	2,16	2,52	2,06	3,09
Sulfure de calcium	2,07	2,10	»	»	»	»
Acide phosphorique	trace.	»	0,13	0,22	0,22	0,26
Alcalis et pertes	2,16	1,71	»	»	»	»
Soufre	»	»	0,28	0,30	0,23	0.40
Poids spécifique	2.8147	2.7831	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour terminer ce qui concerne la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, nous donnerons plusieurs tableaux résumant des expériences faites par ses soins sur certains de ses fers et aciers de l'usine de Reschitza, au point de vue de la compression, de la traction, de la flexion et de la torsion.

Les teneurs en carbone des diverses matières expérimentées, ont été établies comme suit :

Teneurs en carbone des aciers et fers de Reschitza.

	DEGRÉ DE DURETÉ.	TENEUR EN CARBONE P. C.
Acier Bessemer	3	0,894
Id.	4	0,702
Id.	5	0,437
Id.	6	0,235
Id.	7	0,114
Acier Martin	2	1,142
Id.	3	0,934
Id.	4	0,808
Id.	5	0,562
Id.	6	0,304
Id.	7	0,109
Fer puddlé à grains	"	0,3170
Fer puddlé à nerfs	"	0,1227

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

USINE DE RESCHITZA. — *Résistance à l'écrasement de cylindres et de parallélipipèdes en acier, en fer puddlé et en fonte.*

MATIÈRES.	N° de dureté.	Forme et surface de la section. C = carrée. O = cylindr.	Densité.	Module d'élasticité kil. par cent.²	Limite d'élasticité kil. par cent.²	Commencement du fort écrasement kil. par cent.²	Résistance à l'écrasement ou charge maxima kil. par c.²	Surface de la rupture à l'écrasement.
		Cent.²						
Acier *Martin* passé au marteau et au laminoir.	2	C 9,00	7,8357	2,209,000	3,778	12,900	21,100	oblique.
		O 9,54	7,8339	2,290,000	2,725	»	17,500	écrasé.
	3	C 9,00	7,8379	2,255,000	3,444	10,500	21,600	pas écrasé.
		O 9,57	7,8403	2,240,000	3,762	»	19,800	oblique.
	4	C 9,00	7,8500	2,222,000	2,000	8,600	14,000	pas écrasé.
		O 9,51	7,8534	2,228,000	2,420	8,000	15,600	id.
	5	C 8,94	7,8552	2,266,000	1,790	7,100	11,400	id.
		O 9,51	7,8559	2,282,000	2,944	7,000	12,600	id.
	6	C 8,97	7,8612	2,252,000	1,784	6,700	9,100	id.
		O 9,57	7,8636	2,292,000	2,612	6,600	10,500	id.
	7	C 9,00	7,8676	2,222,000	1,444	5,000	10,500	id.
		O 9,51	7,8673	2,272,000	2,420	5,600	10,200	id.
Acier *Bessemer* martelé et laminé.	3	C 9,00	7,8425	2,225,000	3,444	13,900	19,000	oblique.
		O 9,51	7,7902	2,288,000	5,360	14,300	17,400	id.
	4	C 8,94	7,8475	2,231,000	3,244	9,800	14,500	pas écrasé.
		O 9,54	7,8504	2,277,000	3,040	10,700	14,200	id.
	5	C 8,94	7,8465	2,250,000	2,350	7,700	11,700	id.
		O 9,57	7,8463	2,272,000	2,820	9,100	12,200	id.
	6	C 8,94	7,8568	2,228,000	1,680	7,300	13,700	id.
		O 9,59	7,8578	2,215,000	2,711	8,600	11,200	id.
	7	C 8,94	7,8571	2,263,000	1,566	6,400	10,100	id.
		O 9,54	7,8590	2,260,000	2,935	6,300	10,700	id.
Fer à nerfs . . .		C 9,00	7,8091	2,130,000	1,440	3,900	7,300	pas écrasé.
		O 9,57	7,8169	2,230,000	1,463	4,800	8,900	id.
Fer à grain fin . .		C 8,97	7,8107	2,280,000	613	5,000	10,000	pas écrasé.
		O 9,51	7,8118	1,986,000	525	5,500	10,000	id.
Fonte au coke . .		C 9,00	7,2329	1,110,000	»	»	8,000	écrasé.
		O 9,62	7,2293	1,130,000	»	»	7,600	id.
Fonte au bois . .		C 8,94	7,2809	1,126,000	»	»	8,600	écrasé.
		O 9,51	7,2764	1,154,000	»	»	8,400	id.
Mélange d'acier et de fonte dans la proportion de	10/90	C 8,94	7,2950	1,318,000	»	»	9,000	écrasé.
		O 9,57	7,3344	1,391,000	»	»	9,300	id.
	20/80	C 8,85	7,3054	1,218,000	»	»	9,470	id.
		O 9,43	7,3125	1,332,000	»	»	9,600	id.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

USINE DE RESCHITZA. — *Résistance à la traction de barres rondes et de lames en acier, en fer puddlé et fonte.*

MATIÈRES.	N° de dureté	Forme et surface de la section. R = rectangulaire O = ronde	Module d'élasticité kil. par cent.²	Limite d'élasticité kil. par c²	Résistance à la traction kil. par c²	Diminution de la section p. c.	Allongement sur 25 p.c.	Aspect de la cassure.
		Cent.²						
Acier	2	R 7,21	2,187,000	3,606	6,935	»	»	grain un peu gros.
		O 4,85	2,200,000	3,600	7,577	»	»	id.
Martin.	3	R 7,20	2,189,000	2,806	7,785	5,0	2,7	id.
		O 4,83	2,270,000	3,106	7,310	0,5	0,94	id.
Les rectangles ont environ 1,20 sur 6,00 et les ronds 2,485 de rayon.	4	R 7,20	2,236,000	2,570	6,979	25,0	17,3	grain assez fin.
		O 4,89	2,218,000	2,249	5,982	38,0	22,2	très-fin.
	5	R 7,21	2,218,000	2,358	5,444	39,0	23,8	grain fin.
		O 4,93	2,197,000	2,130	5,477	32,0	21,7	à fibres ténues.
	6	R 7,21	2,252,000	2,358	4,958	43,0	28,6	id.
		O 4,87	2,224,000	2,156	4,671	48,0	26,5	id.
	7	R 7,22	2,229,000	2,010	4,017	57,0	31,0	id.
		O 4,91	2,280,000	1,833	4,532	47,0	27,0	id.
Acier *Bessemer.*	3	R 7,20	2,209,000	4,580	10,870	5,0	4,4	grain un peu gros.
		O 4,87	2,260,000	4,620	10,830	5,0	4,4	id.
	4	R 7,22	2,252,000	2,909	6,129	37,0	21,0	grain fin.
		O 4,83	2,282,000	3,313	6,159	38,0	20,7	grain très-fin.
	5	R 7,20	2,232,000	2,011	6,076	31,0	21,3	grain fin fibreux.
		O 4,91	2,167,000	2,140	6,470	26,0	17,0	très-fin, radié.
	6	R 7,21	2,238,000	2,010	5,305	42,0	24,3	grain fin, fibreux.
		O 4,87	2,260,000	2,464	5,595	38,0	14,7	grain très-fin.
	7	R 7,24	2,241,000	1,934	4,730	50,0	25,6	fibreux
		O 4,87	2,209,000	2,670	5,080	47,0	24,2	fibreux.
Fer à nerfs. . R = 8,02 × 2,00		R 16,04	2,118,000	1,184	4,037	35,0	29,4	régulièrement fibreux.
		O 4,91	2,213,000	1,070	3,720	53,0	21,6	id.
Fer à grain fin R = 8,02 × 2,00		R 16,04	1,971,000	873	5,112	19,0	16,3	grain partie fibreuse.
		O 4,87	2,055,000	460	4,118	35,0	27,9	régulièrement fibreux.
Fonte au coke. R = 4,98 × 8.		R 39,84	1,400,000 à 1,000,000	Impos. à déterm.	2,130	»	»	»
		O 38,26	1,330,000 à 800,000		2,087	»	»	»
Fonte au bois . R = 5,01 × 8,00		R 40,08	1,440,000	Id.	2,540	»	»	»
		O 38,37	1,200,000 à 875,000		2,160	»	»	»
Mélange d'acier et de fonte dans la proport. de	10/90	R 39,97	1,344,000	Id.	2,540	»	»	»
		O 38,32	1,380,000 à 960,000		2,390	»	»	»
	20/80	R 40,00	1,406,000	Id.	2,690	»	»	»
		O 38,23	1,370,000		2,700	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

USINE DE RESCHITZA. — *Résistance à la flexion d'arbres ronds et de barres rectangulaires en acier, en fer puddlé et en fonte.*

MATIÈRES.	N° de dureté	Forme et surface de la section. R = rectangulaire O = ronde	Module d'élasticité kil. par c²	Limite d'élasticité kil. par c²	Résistance à la flexion kil. par c.²	Flèche au moment de la rupture		Pour les pièces qui ont fléchi.			Observations.
						cm.	pour une portée de	Flèche cm.	Corde cm.	(A)	
Acier *Martin.* R = Largeur 6 cm. Hauteur 13cm.,02 Ecartement des appuis 110 cm. O = 13cm.,47 de diamètre Ecartement des appuis 100 cm.	2	R	2,094,000	3,900	12,086	6,6	110	»	»	»	rompu
		O	2,173,000	4,376	9,794	3,7	100	»	»	»	id.
	3	R	2,084,000	3,311	10,180	3,5	110	»	»	»	id.
		O	2,222,000	4,584	11,690	4,2	110	»	»	»	id.
	4	R	2,067,000	2,500	10,154	11,3	110	»	»	»	id.
		O	2,154,000	3,334	11,617	13,5	100	»	»	»	id.
	5	R	2,053,000	2,650	8,634	»	»	25,1	98,35	110	fléchi.
		O	2,135,000	2,118	10,211	26,0	100	»	»	»	rompu
	6	R	2,057,000	1,850	7,304	»	»	24,95	98,35	110	fléchi.
		O	2,233,000	2,501	9,117	»	»	25,2	85,85	100	id.
	7	R	2,102,000	1,850	6,197	»	»	24,8	98,15	110	id.
		O	2,152,000	2,501	7,866	»	»	27,1	84,95	100	id.
Acier *Bessemer.*	3	R	2,111,000	3,750	10,359	4,7	109,5	»	»	»	rompu
		O	2,250,000	6,668	8,805	0,75	110	»	»	»	id.
	4	R	2,089,000	2,450	9,265	12,0	109,9	»	»	»	id.
		O	2,187,000	3,553	8,997	6,5	110	»	»	»	id.
	5	R	2,044,000	3,111	9,393	»	»	24,8	98,6	110	fléchi.
		O	2,215,000	3,668	8,997	5,7	110	»	»	»	rompu
	6	R	2,054,000	2,031	7,826	»	»	25,0	98,1	110	fléchi.
		O	2,159,000	2,396	9,065	»	»	26,7	84,85	100	id.
	7	R	2,000,000	2,500	7,381	»	»	24,05	99,0	110	id.
		O	2,260,000	2,396	7,970	»	»	26,35	85,05	100	id.
Fer à nerfs		R	2,014,000	900	5,897	»	»	24,5	98,0	110	fléchi.
		O	2,080,000	1,201	7,054	»	»	18,45	104,25	110	id.
Fer à grain fin		R	2,067,000	1,500	7,486	»	»	22,2	100,8	110	fléchi.
		O	2,031,000	1,373	6,995	25,7	110	»	»	»	rompu
Fonte au coke		R	1,147,000	»	3,148	0,95	140	»	»	»	rompu
		O	1,310,000	»	3,379	1,1	140,6	»	»	»	id.
Fonte au bois.		R	1,192,000	»	3,401	0,80	140	»	»	»	rompu
		O	1,380,000	»	3,982	1,05	140,8	»	»	»	id.
Mélange d'acier et de fonte dans la prop. de	10/90	R	1,390,000	»	4,128	1,05	140	»	»	»	rompu
		O	1,420,000	»	4,561	1,0	140	»	»	»	id.
	20/80	R	1,413,000	»	4,388	1,10	140	»	»	»	id.
		O	1,434,000	»	4,699	1,0	140	»	»	»	id.

(A) Longueur initiale de la ligne d'élasticité cm. (centimètres).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

USINE DE RESCHITZA. — *Résistance à la torsion de barres rondes et carrées en acier et en fer.*

MATIÈRES.	N° de dureté.	Forme et dimensions de la section. C = carrée. O = ronde.	Module d'élasticité kil. par centim.²	Limite d'élasticité kil. par cent.²	Résistance à la torsion kil. par cent.²	Torsion après la rupture pour une longueur de 40 cent.	OBSERVATIONS.
			Centim.			Degrés.	
	2	C 10,01×10,01	797,000	1,903	6,821	50	Cassure déchirée irrégulièrement.
		Diamètre.					
Acier *Martin*		O 9,98	882,000	1,921	6,276	70	Id.
		Côté.					
C = barre carrée dont le chiffre correspondant donne le côté en centimètres.	3	C 10,015	827,000	1,953	6,708	49	Id.
		O 9,98	998,000	2,113	4,995	17,5	Id.
	4	C 10,03	823,000	1,681	6,512	174	Cassure unie.
		O 9,98	941,000	1,537	5,764	205	Cassure déchirée irrégulièrement.
O = barre ronde dont le chiffre correspondant donne le diamètre en centimètres.	5	C 10,02	794,000	1,161	5,227	174	Id.
		O 10,00	917,000	1,400	5,093	277	Id.
	6	C 10,02	828,000	1,160	5,219	317	Id.
		O 9,98	914,000	1,281	4,675	422	Cassure unie.
	7	C 10,01	840,000	1,375	5,340	340	Id.
		O 9,98	970,000	1,409	4,611	485	Id.
	3	C 10,01	803,000	3,062	3,273	4,5	Cassure déchirée irrégulièrement.
		O 9,98	983,000	2,690	5,380	19	Id.
	4	C 10,01	814,000	1,638	6,340	139	Id.
		O 9,98	992,000	1,793	4,995	112	Id.
	5	C 10,02	805,000	1,637	6,494	171	Id.
Acier		O 9,98	984,000	1,793	5,444	306	Cassure en partie déchirée irrégulièrement, en partie unie.
Bessemer.	6	C 10,01	812,000	1,480	5,763	364	Cassure déchirée irrégulièrement.
		O 9,98	985,000	1,665	4,867	578	Cassure en partie déchirée irrégulièrement, en partie unie.
	7	C 10,02	794,000	1,267	5,385	270	Cassure déchirée irrégulièrement.
		O 9,98	947,000	1,153	4,803	608	Cassure pour la majeure partie unie.
Fer à nerfs.		C 10,01	742,000	700	4,336	251	Cassure unie.
		O 9,985	889,000	700	3,709	328	Id.
Fer à grain fin.		C 10,02	787,000	633	4,375	160	Cassure unie avec parties déchirées.
		O 9,98	873,000	700	3,458	126	Cassure singulièrement déchirée et d'un aspect fibreux bien tranché.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

USINE DE RESCHITZA. — *Résistance à la traction de tôles fortes pour chaudières en acier Martin et Bessemer.*

MATIÈRES.	N° de dureté	Direction de l'effort par rapport au sens du laminage.	Pièces.	Module d'élasticité kil. par cent.²	Résistance à la traction, kil. par cent.²	Limite d'élasticité kil. par cent.²	Diminution de la section p. c.	(A)	Aspect de la cassure, etc.
Acier *Martin*.	4	Dans le sens du laminage.	A	2,198,000	5,950	1,680	35	17,0	Sur 2/3 à grain fin, sur 1/4 à fibres ténues.
			B	»	5,880	»	36	18,2	A grain très-fin, au milieu à fibres ténues
		Perpendiculaire au sens du laminage.	A	2,189,000	5,880	2,660	41	18,0	Grain très-fin; milieu fibres ténues; plusieurs déchirures transversales à l'extérieur.
			B	»	6,120	»	26	17,9	A grain très-fin; au milieu à fibres ténues.
I = dans le sens du laminage. II = perpendiculaire au sens du laminage.	5	I	A	2,190,000	5,040	2,030	43	26,2	Pour la plus petite partie à grain fin, pour la majeure partie à fib. ténues.
			B	»	5,040	»	46	23,2	A fibres très-ténues, à grain très-fin seulement sur les bords.
		II	A	2,120,000	5,120	1,330	43	19,0	A fibres très-ténues, à grain très-fin seulement sur les bords.
			B	»	5,200	»	44	22,1	Id.
	6	I	A	2,173,000	4,480	1,260	50	26,7	Entièrement à fibres ténues, oblique.
			B	»	4,340	»	55	24,1	Id.
		II	A	2,216,000	4,270	1,540	54	26,0	Entièrement à fib. ténues.
			B	»	4,270	»	57	25,0	Id.
Acier *Bessemer*.	4	I	A	2,169,000	5,880	2,240	28	19,2	A grain fin avec petite partie à fib. ténues; déchirure sur le bord extérieur
			B	»	5,740	»	57	22,3	A grain fin, fibreuse au milieu.
		II	A	2,204,000	5,950	2,240	21,5	18,6	A grain également fin.
			B	»	5,850	»	11	12,0	A grain; déchirure transversale à l'extérieur.
	5	I	A	2,202,000	5,640	1,680	44	18,6	A grain fin; fibreuse au milieu.
			B	»	5,670	»	44	18,6	A grain fin, avec petite déchirure sur le bord extérieur.
		II	A	2,170,000	5,780	2,100	18,5	18,7	Uniforme à grain assez fin.
			B	»	5,740	»	14	15,7	A grain assez fin.
	6	I	A	2,190,000	5,180	1,680	31	21,6	A grain fin, avec des défauts de fonte, déchirure à l'extérieur.
			B	»	5,180	»	43	21,0	A grain fin, fibreuse au milieu.
		II	A	2,166,000	5,180	2,240	47	22,8	A grain fin, fibreuse au milieu.
			B	»	5,430	»	18	18,3	A grain assez fin, avec défauts de fonte.

(A) Allongement sur 25 centimètres de longueur initiale p. c.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Société métallurgique J. R. P. d'Innerberg.

Société par actions qui exploite du minerai de fer, fabrique de la fonte, des fers divers, des aciers cémentés, fondus, forgés, laminés, puddlés, etc.

Exposition de fort beaux spécimens de ces diverses fabrications; de cassures, principalement d'acier fondu manganésé; d'acier à noyau doux, de roues en fonte d'acier moulée, de ressorts en acier fondu, etc., etc.

Il paraît que les premières traces de la fondation de ces usines remontent à deux siècles et demi. La Société actuelle a été formée en 1868.

Voici divers renseignements tirés des documents qui ont été produits à l'occasion de l'Exposition.

Cette Société exploite les minerais de fer de la mine de l'Erzberg près d'Eisenerz, en Styrie, qui, d'après la tradition, produisait déjà en 712; ce minerai est du fer spathique d'une grande pureté qui, sous l'influence de l'air, est souvent décomposé en hématite brune.

Ce minerai, grillé, a donné à l'analyse :

Quartz et acide silicique . . .	7,05			
Alumine.	1,79			
Oxyde de fer	67,78	fer. .	47,45	49,00
Protoxyde de fer	2,00	» . .	1,55	
Oxydes de manganèse	3,86	manganèse . .		2,78
Chaux	7,15			
Magnésie	2,90			
Acide phosphorique	0,057	phosphore . .		0,025
Acide sulfurique	0,11	soufre . . .		0,044
Eau et acide carbonique . . .	7,69			
	100,387			

Ce minerai est très-fusible.

Hauts fourneaux. — La Société possède 6 hauts fourneaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au charbon de bois à Eisenerz et à Hieflau, en Styrie; ils produisent annuellement 40,000 tonnes de fonte blanche employée à la fabrication du fer puddlé, du fer affiné et de l'acier si renommé de la Styrie; elle a aussi 2 hauts fourneaux au coke à Schwechat, près de Vienne, pouvant produire 35,000 tonnes de fonte à Bessemer.

Cette dernière usine traite les minerais spathiques d'Innerberg de 47 à 49 p. c. de fer; on produit de la fonte Bessemer à 89,5 p. c. de fer et 4,45 p. c. de manganèse.

On a fabriqué : en	1874.	15,232, 6	tonnes de fonte;
	1875.	15,765, 3	»
	1876.	7,413, 9	»

En 1876, on a consommé 14,509 tonnes de minerais, 2056^{T},4 de castine et 12,309^{T},8 de coke.

La houille de la mine d'Oslawan, en Moravie, donne le coke qui est fabriqué dans 100 fours. Le lignite dont on fait aussi usage vient de Seegraben, près Leoben, en Styrie; il est de formation tertiaire et d'excellente qualité. Le charbon de bois est fabriqué avec le pin que la Société exploite dans ses forêts qui couvrent une superficie de 10 myriamètres carrés; on produit annuellement environ 278,000 mètres cubes de charbon de bois qui pèse 17 kilogr. par hectolitre; on calcule qu'avec emploi de l'air chaud, il faut 60 hectolitres de ce charbon pour une tonne de fonte.

Les fontes au charbon de bois et au coke ont donné la composition moyenne suivante :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	FONTE AU BOIS.	FONTE AU COKE.
Carbone	3,430	3,94
Silicium	0,110	2,00
Phosphore	0,066	0,08
Soufre	0,016	0,03
Manganèse	1,010	4,45
Fer	95,368	89,50

Forges et laminoirs. — La Société possède l'usine à acier puddlé et affiné de Reichraming, les forges Kleinreifling et de Weyer, dans la Haute-Autriche; des forges près de Leoben, en Styrie; les usines à puddler, à laminer et à aciérer de Donawitz, près Leoben.

La production annuelle des trois premiers de ces établissements, est de plus de 1,000 tonnes d'acier affiné et 1,700 tonnes d'acier puddlé, dont la majeure partie est employée à la fabrication de faux, d'outils, d'objets de coutellerie, etc.

L'analyse de cet acier puddlé et affiné, tel qu'il sort directement du traitement d'affinage (acier naturel), a donné pour cent:

	ACIER PUDDLÉ.	ACIER AFFINÉ.
Carbone	0,758	0,899
Silicium	0,048	0,020
Phosphore	0,019	0,019
Soufre	0,002	0,005
Manganèse	0,180	0,043
Cobalt et nickel	0,003	trace.
Cuivre	0,005	0,004
Scorie et oxyde de fer	1,217	6,633

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à l'usine de Donawitz, on y fabrique surtout des fers marchands, des tôles fortes pour navires, des chaudières, des tôles minces, des fils, des articles de taillanderie, de l'acier cémenté, etc.

La production annuelle de tous ces établissements comprend environ :

15,000 tonnes de fer marchand.
3,400 » de tôles fortes et minces.
1,000 » de fontes moulées.
1,000 » d'acier affiné, puddlé et cémenté.

L'usine de Donawitz seule comprend : 18 fours à puddler, 14 fours à réchauffer, 1 four à réverbère, 6 marteaux-pilons, 3 marteaux à loupes, une fabrique de tôles de chaudières, 1 train de laminoirs à gros fers, 2 à fers moyens et 3 à petits fers; un laminoir à acier à 2 trains, avec fours à souder; une fabrique d'acier cémenté, avec 6 fours à cémenter et à fondre l'acier; une fonderie avec 2 cubilots, etc.

La production totale de ces usines a été pendant les années 1874 à 1876, de tonnes :

	1874.	1875.	1876.
Fers en barres	11.470	13.626	10.973
Tôles pour chaudières	2.703	2.429	2.806
Tôles fines	657	928	699
Moulages.	869	1.021	690
Acier cémenté et fondu	769	881	389
Acier puddlé.	1.451	1.194	807
Ressorts d'acier.	124	73	141
Divers.	152	183	135

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1876, on a employé 19,269 tonnes de fonte, 396,040 centners cubes de lignite et 13,657 centners cubes de charbon de bois.

Usine à acier fondu de Kapfenberg, en Styrie. — Cette usine a été créée en 1854 par la construction d'un four avec 7 creusets pour fondre l'acier au charbon de bois, et avec soufflet.

Aujourd'hui, on y trouve 12 fours à régénérateurs Siemens, qui contiennent chacun 20 creusets, soit 240 en tout; chaque creuset produit par coulée 25 kil. d'acier fondu; un four à réverbère, 4 foyers d'affinage au charbon de bois, 9 fours à réchauffer, 5 marteaux-pilons à vapeur, et 11 marteaux à l'eau, etc., etc.

En 1855, la production d'acier fondu était de .	87	tonnes.
En 1865 on est arrivé à	416,7	»
En 1874 on atteignait	2.451,9	»
En 1875	3.478	»
Et en 1876 on est descendu à.	2.038	»

En 1876, on a employé 2,186 tonnes de fonte de fer et d'acier, 104,168 centners cubes de lignite et 2,413 centners cubes de charbon de bois.

On fabrique aussi dans cette usine, l'acier wolframique qui convient pour faire de la fonte trempée à la volée; on l'emploie également pour les pistons à presse servant à la fabrication des canons Uchatius, pistons qui doivent avoir une résistance et une ténacité extraordinaires. Cet acier, susceptible d'être trempé et forgé, tourne sans difficulté l'acier spécial dit Mushet, qui n'est pas trempé.

Enfin, on produit encore de l'acier manganésé; l'influence favorable de ce métalloïde sur l'acier est produite par la séparation de l'oxygène de l'acier et par la création probable d'une combinaison de manganèse avec du silicium des parois du creu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

set, manganèse silicieux qui non-seulement neutralise ainsi le silicium, mais, par son haut degré de fusion, donne à l'acier une grande malléabilité, et rend les diverses sortes d'acier doux extrêmement soudables.

On doit aussi mentionner une espèce d'acier à noyau doux fabriqué par cette Société, et destiné à la confection des tarauds ; le tranchant est dur, et le centre est doux et tenace, ce qui rend ces outils moins cassants.

Des essais de résistance ont été faits avec les différentes qualités d'acier fondu de cette usine ; on a opéré sur des barres non trempées ayant une section transversale carrée de 2 centimètres de côté et une longueur de 21 centimètres ; elles ont été refroidies en passant directement de dessous le pilon à l'air.

Voici les résultats obtenus dans le laboratoire de l'Académie impériale et royale des mines de Leoben :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Essais de résistance sur les aciers fondus de l'usine de Kapfenberg.

QUALITÉS DES ACIERS.	Marque de la dureté.	Résistance de traction.		Allongement total en p. c. de longueur.	Rapport de la section de rupture à la section primitive. $\frac{F \text{ rupture}}{F}$	Proportion de carbone.
		Limite d'élasticité.	Limite de rupture			
		en kil. par millimètre carré.				
Wolframique.	0	43,64	81,71	6,37	0,9175	$\frac{1,123}{2,300}$
Manganésé . .	1	33,69	76,63	5,09	0,7535	1,350
	2	35,98	75,64	5,59	0,8245	1,189
	3	31,41	72,99	11,45	0,7995	1,010
	4	32,87	73,04	12,52	0,6500	0,850
A outils . . .	1	36,45	78,51	8,26	0,7740	1,150
	2	33,79	70,41	11,65	0,6230	1,000
	3	30,04	69,98	4,5	0,6705	0,850
	4	26,27	65,67	6,48	0,6495	0,750
	5	33,35	74,14	9,0	0,5235	0,638
	6	37,05	72,27	7,37	0,7440	0,581
Fondu	7	24,84	48,78	19,57	0,5925	0,414
	S	18,51	52,76	20,38	0,6145	0,585

Les emplois de ces divers numéros sont les suivants :

Wolframique. — 0. Entièrement dur, pour travailler l'acier non trempé, la fonte durcie, etc.

Manganésé. — 1, 2, 3. Très-durs; spécialement appropriés aux couteaux de tours et de machines à raboter; pour outils à rhabiller les meules, etc. — 4. Dur et tenace; pour outils de filetage, pour alésoirs, fraises, burins; pour tranches et emporte-pièces à froid, poinçons, lames de varlope, couteaux à papier, etc.

A outils. — 1, 2. Très-durs; pour ciseaux à tourner et à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

raboter; — le n° 2 est moins dur. — 3. Dur; pour mèches de machines à percer, pour couteaux de machines à mortaiser, pour grains, pointeaux et outils à travailler la pierre dure; pour lames de cisailles, etc. (Tous les numéros qui précèdent se forgent bien à la chaleur rouge.) — 4. Pour mèches de machines à percer le fer, pour emporte-pièces, cisailles et tranches à froid, pour marteaux à polir, pour outils de filetage, etc. 5. Spécialement propre aux crapaudines, aux tourillons, étampes et forets à pierre tendre, pour grandes cisailles à tôle, emporte-pièces et tranches à chaud; pour acérer les instruments fins. — 6. Pour rivets de chaudronnerie et pour acérer de grandes surfaces.

Ces deux dernières qualités se forgent et se soudent bien à la chaleur rouge.

Acier fondu. — 7. Pour canons de fusil et pour chambre d'armes à feu;

S. Pour faux.

Ces deux derniers se forgent et se soudent bien à la chaleur blanche.

L'acier fondu 7 est surtout employé par la manufacture d'armes de Steyr; à l'arsenal de Vienne, l'on a pu tirer avec les fusils système Werndl jusqu'à 20,000 coups par pièce sans détériorer le mécanisme ni le canon. Les pièces faites avec cet acier pour chambres d'armes à feu sont trempées.

Quant à l'acier S pour faux, il est forgé et laminé.

Les autres expositions dans le compartiment autrichien présentaient aussi de fort beaux produits; mais les documents faisaient défaut; elles étaient d'ailleurs peu nombreuses; beaucoup de grands établissements de l'empire n'avaient pas pris part au grand tournoi industriel.

On pouvait cependant remarquer :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Société industrielle minière de Vordernberg-Köflach, à Graz (Styrie).

Elle avait exposé des spécimens de matières premières, des fontes au bois, des fers, des tôles, des aciers fondus avec du lignite, etc.

Cette Compagnie possède deux hauts fourneaux au bois, traitant des minerais de l'Erzberg styrien; une roue hydraulique de 320 chevaux; c'est la plus forte du pays; 2 machines à vapeur de 20 et 48 chevaux, à l'usine de Krieglach, il y a 3 fours à puddler, 2 fours à réchauffer, 3 fours à souder, 3 foyers d'affinerie, 3 trains de laminoirs, un marteau-pilon de 5,000 kil.. etc.

La production a été en tonnes :

	Tôle et tôles fines.	Acier ordinaire et Bessemer.
En 1874.	2,124	33
En 1875.	2,057	26
En 1876	1,586	279

En 1876, on a consommé 7,120 tonnes de lignite et 11,634 centners cubes de charbon de bois.

L'usine de Pichling comprend : 12 fours à puddler, 9 à réchauffer, 1 train ébaucheur, 1 train ordinaire, et 4 laminoirs à tôle dont un réversible, 1 laminoir à gros fer, 3 marteaux à vapeur, etc.

Cette usine a donné en tonnes :

	Fer en barres.	Plaques, tôles.	Acier puddlé.
En 1874.	8.157	196	19,6
En 1875.	9.814	226,7	21.7
En 1876.	7.593	138,6	13,8

En 1876, on a consommé 53,566 tonnes de lignite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, l'usine à Krems possède : 4 forges d'affinage Lancashire, 5 fours à chauffer les tôles, 1 laminoir à ébaucher, 2 laminoirs à tôle, 2 fours à acier Siemens-Martin, 5 marteaux-pilons, etc.

Voici la production en tonnes, de cette usine :

	Tôles laminées.	Acier fondu et en barres.
En 1874.	893,6	426
En 1875.	893,3	247,9
En 1876.	738,8	141

La production en 1876 a nécessité la consommation de 8,198 tonnes de lignite et de 6,245 centners cubes de charbon de bois.

Usines de Miess à Klagenfurt (Carinthie), appartenant au comte de Turn-Vallesassina.

Cette maison avait exposé des échantillons d'aciers; elle possède à Streiteben, 3 fours à puddler, 3 fours à recuire et 2 fours à fondre l'acier, tous installés d'après le système Siemens au gaz; aux usines de Miess, il y a 3 forges au charbon de bois, 5 marteaux à étirer l'acier.

La production a été :

En 1874, de 1.432,8 tonnes d'acier puddlé et fondu.
En 1875, de 1.362,6 " "
En 1876, de 1.280,3 " "

En 1876, on a consommé 6,020^{T}7 de lignite et 1,084 centners cubes de charbon de bois.

On n'emploie que les meilleurs fers au bois de Carinthie pour la production du véritable acier Brescia (acier de Milan) laminé et martelé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On fabrique aussi l'acier au creuset, et des aciers recuits de qualité supérieure.

Usines et aciéries à Graz (Styrie).

Exposition de fers laminés, de types d'acier Bessemer, etc.

Ces usines ont été construites en 1685.

Il y a 2 convertisseurs Bessemer.

On fabrique des rails en acier, des rails à tête d'acier, des essieux coudés, etc.

Cette Société possède 6 fours à puddler, 4 fours à réchauffer, 3 laminoirs pour fer et acier, un laminoir à bandages, 3 marteaux à forger, etc.

La production a été la suivante :

	Fers en barres.	Rails, essieux, bandages en acier.	Couples de roues.
En 1874	3.495t,3	5.175t,2	185
En 1875	4.980t,6	8.044t,8	522
En 1876	5.368t,1	4.539t,0	73

La production de 1876 se décompose comme suit :

Fers en barres	5.368t,1
Rails	3.704t,2
Essieux	62t,8
Bandages	210t,6
Aciers divers	561t,4
Couples de roues	73t

On a consommé 35,000 tonnes de lignite.

Société Eibiswald et Krumbach, près Graz (Styrie).

Usines et aciéries. Cette Société avait envoyé des fontes fines au bois très-belles ; des aciers fins pour outils, magnifiques ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des échantillons d'acier puddlé, cémenté, soudable, corroyé, naturel au bois, fondus au creuset, manganésique, wolframique, etc.; des ressorts de toute espèce pour locomotives, tenders, wagons, omnibus, et voitures; des lames de scies de long, circulaires, à refendre, etc.

Tous ces objets étaient fort beaux et de première qualité.

Ces usines comprennent: 6 fours à creusets pour acier fondu, chauffés par le procédé Siemens; 5 fours de cémentation; 2 fours à puddler pour acier et 2 foyers d'affinage pour acier de Styrie; des laminoirs, etc.

La production annuelle en acier ordinaire est de 3,500 à 4,000 tonnes.

Mühlbacher, P. Ferlach (Carinthie).

Exposition de fontes, fers bruts, étirés, laminés, fils nus, cuivrés et étamés, etc. Il y avait aussi des minerais.

Cette maison possède un petit haut fourneau au bois donnant environ 900 tonnes de fonte par an. Les minerais traités ne sont pas manganésifères. Il y a un appareil à chauffer l'air, deux marteaux boccards, un squeezer, etc.

Les gaz du haut fourneau, pris au gueulard, servent à chauffer un four à chaux.

La production a été de tonnes :

	Fonte d'affinage.	Fonte de moulage.
En 1874	658,5	34,5
En 1875	832,2	36,9
En 1876	869,1	35,2

La fabrique de fer se compose de 8 fours Lancashire, 2 fours Siemens-Martin, un marteau frontal avec laminoir à ébaucher, 3 marteaux, 1 laminoir à petits fers, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette fabrique a donné :

En 1874	815t5	de fers forgés et en barres.
En 1875	1138,6	»
En 1876	1250,8	»

Braun's, J. Söhne à Schondorf (Haute-Autriche).

Fabricants d'acier fondu, de limes, de blindages pour fortifications, etc., etc. Très-beaux produits; exposant dans d'autres classes.

Tout le travail se fait au lignite et au charbon de bois.

Haardt et Cie, à Vienne.

Fabrique de tôle émaillée.

Cette Compagnie avait exposé des tôles de fer-blanc et des estampés fort beaux, ainsi que des articles émaillés et étamés; elle fabrique annuellement 1,000 tonnes de tôle étamée.

Il y avait aussi des tôles de fer très-fines, d'autres tellement minces qu'on pouvait les plier comme un mouchoir de poche.

Ces produits témoignaient suffisamment de la bonne qualité des matières premières et de la perfection dans la fabrication.

August Burger, à Graz (Styrie).

C'est une laminerie, tréfilerie et clouterie qui avait exposé des fils d'acier et de fer, des fils pour câbles, gratte-brosses, des cordes de piano, des fils pour aiguilles à coudre et à tricoter.

C'est une usine établie récemment; il s'y trouve des fours à puddler et un laminoir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fils de fer pour épingles et aiguilles étaient fort beaux.

Andrassy (Comte d'), à Dernö (Hongrie).

Nous dirons quelques mots d'une usine assez importante de ce pays, appartenant à M. Andrassy, et dans laquelle on fabrique entre autres des roues de wagon en fonte coulée en coquille.

Cet exposant avait envoyé des minerais, des fontes brutes et des fontes moulées.

Les minerais se composaient de fer spathique, d'hématites brunes et rouges, et de fer oligiste provenant des environs de Dernö (Haute-Hongrie).

Voici l'analyse de deux de ces sortes de minerais :

	FER SPATHIQUE MINE DE DOBORKA.	HÉMATITE BRUNE MINES DE MALHEGY.
Carbonate de fer	76,11	»
Carbonate de manganèse	3,37	»
Oxyde ferrique	»	82,60
Peroxyde de manganèse	»	8,90
Carbonate de chaux	1,50	0,56
Carbonate de magnésie	19,08	0,76
Gangue insoluble dans le Cl^2H^2	0,46	0,18
Eau (par différence)	»	7,00

Ces minerais traités au charbon de bois (bois dur de hêtre et de chêne) et à l'air chaud, donnent une excellente fonte que l'on emploie pour des moulages en première fusion, ou bien, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour la plus grande partie, en deuxième fusion, après refonte dans des cubilots.

Voici deux analyses de ces fontes :

	FONTE DE 1re FUSION.	FONTE DE 2me FUSION.
Carbone combiné	0,90	1,19
Carbone graphiteux	3,45	2,86
Silicium	2,81	2,11
Soufre	0,183	0,12
Phosphore	0,124	0,10
Manganèse	0,46	0,42

L'usine de Dernö a été fondée en 1815; on y a produit, dès le principe de bonnes fontes marchandes et, un peu plus tard, on a commencé le moulage de conduites d'eau, de gaz, etc. En 1862, on s'est mis à fabriquer régulièrement des fontes dures, des pointes de cœur, des roues moulées en coquille, etc., et ces dernières surtout ont acquis en Autriche une grande renommée; de 1862 à fin 1878, on avait livré plus de 30,000 pièces de ces roues. On n'a pas annoncé qu'il y eût un procédé particulier de coulage en coquille; mais on conçoit qu'avec des fontes au bois aussi bonnes, et avec une conduite de travail soignée, on puisse arriver facilement à donner des produits de belle qualité et présentant les meilleures conditions de durée et de sécurité. On a communiqué de nombreux certificats de sociétés de chemins de fer attestant que les roues de Dernö sont excellentes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Diverses administrations publiques de Hongrie avaient envoyé des minerais, des fontes, des fers forgés, des aciers, des laminés, etc., composant en grande partie une exposition collective; on y remarquait des produits fabriqués très-beaux, notamment des rails bien réussis; mais on n'a signalé aucun procédé particulier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RUSSIE

Malgré son immense étendue territoriale, la Russie n'occupe encore que le sixième rang parmi les nations productrices de fer brut; elle passe après la Belgique, mais avant l'Autriche et la Suède. Ce n'est pas cependant que les bons minerais de fer lui fassent défaut; au contraire, sur divers points de ce vaste territoire, on rencontre des gîtes puissants tenant du minerai riche et en abondance.

C'est surtout dans les monts Oural que l'on trouve le plus de mine; puis viennent les monts de Donetz, le district de Moscou, le gouvernement d'Olonetz, la Finlande, la Pologne et le Caucase.

Beaucoup de gîtes de ces contrées donnent des minerais magnétiques, des minerais bruns rouges, des hématites, des minerais des marais, etc. Plusieurs de ces belles formations renferment des minerais riches en fer et en manganèse.

Le gîte le plus important de Russie et même un des plus considérables connus sur la terre, celui de la montagne de Blagodat, dans l'Oural, est composé de fer magnétique, intimement mélangé de feldspath et contenant de 58 à 79 p. c. de fer ; dans une des mines de ce centre, il a donné pour composition moyenne :

Oxydes ferreux et ferrique.	81,20 p. c.
Silice.	14,70
Alumine.	4,80

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Et dans une autre mine :

Oxydes ferreux et ferrique.	89,60
Silice.	5,00
Alumine.	4,40
Magnésie	1,50
Manganèse.	3,00

Ce sont, comme on le voit, des minerais réellement magnifiques.

Mais ce qui fait défaut, c'est la houille qui est sensiblement moins répandue que le minerai de fer.

On a beaucoup écrit au sujet des bassins houillers de Russie, notamment lorsqu'il a été question, il y a plusieurs années, de la création de sociétés charbonnières dans le bassin de Donetz; mais on a exagéré la richesse en houille, et les travaux d'exploitation récemment exécutés, ont établi que les formations de ce pays n'ont guère l'importance qu'on leur supposait, et sont bien moins puissantes que celles de l'Angleterre, de la Belgique, de l'Allemagne, etc. Il est donc plus que probable que la métallurgie ne trouvera pas de ce côté, l'abondance de combustible minéral qui est nécessaire pour lui permettre de remplacer le charbon de bois par le coke dans le traitement des minerais de fer.

La production de combustible minéral a cependant progressé d'une manière assez sensible dans ces dernières années, comme on peut le voir par le tableau ci-après :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Production de combustibles en Russie et en Pologne.

ANNÉES.	HOUILLE.	ANTHRACITE.	LIGNITE ET SCHISTE BITUMINEUX.
	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1867	319.865	113.080	1.310
1868	359.160	89.360	2.459
1869	407.409	181.241	13.118
1870	469.498	213.235	9.038
1871	573.478	232.451	23.833
1872	738.386	331.913	27.587
1873	729.562	404.521	36.759
1874	858.678	388.455	43.889
1875	1.253.978	421.457	33.869
1876	1.248.393	545.062	29.277

Le détail de la production en 1876, du combustible minéral, la houille, donnera une idée de l'activité qui a été déployée dans l'exploitation des divers bassins.

Production de la houille en 1876 :

Royaume de Pologne.	448,632	tonnes.
Bassin de Donetz	411,952	»
La Russie centrale.	338,711	»
L'Oural	17,619	»
Les Steppes Kirghises	14,294	»
Le Caucase	5,455	»
Le Tourkestan.	4,897	»
Kouznetzk	4,831	»
Sakhaline	2,001	»

Le bassin de Donetz est le seul dans lequel on exploite l'anthracite; en 1876, on en a tiré 545,062 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le lignite et le schiste bitumineux ont été produits en 1876, dans les trois bassins ci-après :

Kiev Elisabethgrad.	23,809	tonnes.
Royaume de Pologne	4,599	»
Tourkestan	869	»

Enfin, la quantité de houille importée en Russie pendant les trois années 1874, 1875 et 1876, a été de : 1,058,628, 1,054,727 et 1,497,214 tonnes.

On le voit, ce grand pays est loin d'exploiter assez de houille pour ses propres besoins, puisqu'il est obligé de demander à l'étranger une quantité presque égale à celle qu'il tire de ses mines.

Quoi qu'il en soit, l'industrie du fer suit en Russie une marche ascendante, grâce surtout aux encouragements et à l'intervention directe du gouvernement.

Le développement eût pu cependant être encore plus rapide sans le concours de diverses causes difficiles à faire disparaître actuellement, et parmi lesquelles, M. Skalkovsky, ingénieur des mines, mentionne les suivantes dans une notice statistique publiée en 1878 :

« 1° Le servage, aboli du reste en 1861, dont le travail est peu productif, ainsi que la possession et la gestion des usines par des propriétaires et non par des industriels;

» 2° L'absence des chemins de fer et par suite le manque de commandes de rails et de matériel de chemins de fer. La construction des voies ferrées n'a commencé activement qu'en 1866, et surtout au moyen de matériaux importés de l'étranger;

» 3° L'emploi presque exclusif de combustible végétal, comme moyen de chauffage dans les usines. On employait la houille seulement dans les usines de la Russie méridionale, en partie en Pologne et à Saint-Pétersbourg. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En général, les fers exposés dans la section russe étaient de très-bonne facture, et même aussi bons que ceux de Suède, grâce à la qualité exceptionnellement avantageuse des minerais de la plupart de ses beaux gisements, à l'emploi d'un combustible pur, le charbon de bois, et à ce que les usines ont de suite appliqué tous les procédés nouveaux les plus perfectionnés.

Il faut cependant faire observer que la plus grande partie de la production indigène est utilisée pour les besoins de l'artillerie et de l'armée ; on en fait des canons, des projectiles et des armes de toute espèce.

Le nombre de hauts fourneaux en activité en 1876 dans l'empire russe, était de 254, marchant pour la plus grande partie au charbon de bois ; sur une quantité de 441,575 tonnes de fonte produite en 1876, il y en a eu 424,843 au charbon de bois et seulement 16,731 au charbon minéral, houille et anthracite.

Si l'on rapproche ces chiffres de ceux que nous avons donnés relativement à la production de la houille, de l'anthracite et du lignite, et à l'importation de la houille, on pourra facilement se convaincre qu'avant longtemps, la Russie ne pourra exporter ses fontes, ou ses fers, ou ses aciers, car avec le charbon de bois, les prix de revient seront toujours supérieurs à ceux des produits similaires obtenus dans les autres pays ; d'ailleurs, comme on est encore loin de fabriquer assez pour les besoins de l'empire, ce débouché ne sera pas de sitôt fermé à l'industrie étrangère.

Les droits qui frappent les produits métallurgiques à leur entrée en Russie sont, certes, très-élevés ; ils favorisent l'industrie indigène, qui se développe à l'abri de ce bouclier protecteur ; mais le gouvernement et la nation payent leurs fers et leurs aciers sensiblement plus cher que si l'entrée était libre ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

si les droits venaient à être abolis, la métallurgie dans ce pays serait très-compromise.

Le gouvernement fait tout son possible pour favoriser le développement de cette industrie dans le royaume. Est-ce un bien? Est-ce un mal? Ne vaudrait-il pas mieux laisser l'étranger fournir à meilleur compte les rails, les fers, les machines, etc., ce qui permettrait de développer davantage la construction des chemins de fer et beaucoup d'autres industries plus ou moins importantes; ces avantages sont-ils compensés par les bénéfices que l'exploitation des mines de fer et des usines métallurgiques rapportent au pays, bénéfices qui sont en grande partie formés par la prime que les nationaux et le gouvernement payent aux producteurs de minerais et aux usiniers, car les droits protecteurs se résument, en définitive, en une augmentation du prix de vente, qui est liquidée purement et simplement par le consommateur, qu'il se nomme particulier ou gouvernement? Si, encore, en faisant ce sacrifice pour implanter et développer cette industrie, on espérait arriver à un moment donné, par suite d'une grande concentration, à produire à un prix assez bas pour lutter contre les fers étrangers, sans être protégé par les droits d'entrée, on comprendrait ce sacrifice momentané; mais on ne changera pas les conditions de production; on arrivera difficilement, par exemple, à faire que les hauts fourneaux qui marchent actuellement au charbon de bois se transforment en fourneaux au combustible minéral; il ne dépend pas de l'homme de mettre de la houille là où il n'y en a pas, et tant que ces hauts fourneaux n'auront que le charbon de bois à leur disposition, ils ne donneront que des fontes et des fers de très-bonne qualité, soit, mais d'un prix comparativement plus élevé que les fontes et les fers au combustible minéral.

Si l'on ajoute à ces considérations que les fontes et les fers de toute première qualité, comme savent en produire les usiniers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de ce pays, et qui sont recherchés à l'étranger pour des usages spéciaux, deviendront d'un placement de plus en plus difficile, à cause des nouveaux procédés métallurgiques qui permettent ou permettront d'obtenir, avec des minerais de qualité ordinaire, des produits relativement aussi bons, on doit se demander si l'industrie sidérurgique de la Russie ne devra pas prochainement plutôt réduire qu'augmenter sa production.

Les divers spécimens d'acier envoyés à Paris étaient très-beaux et dénotaient une fabrication soignée ; dès le jour où l'on a pressenti que l'acier allait devenir le métal de l'avenir, les Russes se sont mis à le fabriquer comme les autres métallurgistes du continent ; mais ils sont encore assez loin d'atteindre les chiffres des principales nations productrices et de pourvoir à leurs propres besoins ; cependant, ils vont en progressant comme on peut le voir par les chiffres que nous avons donnés dans les tableaux généraux au commencement de ce rapport.

Les principaux centres de production de l'acier, en 1876, ont été :

	Nombre des usines.	Production tonnes.
Saint-Pétersbourg	2	8,755
Perm	7	3,603
Nigeny Novgorod	3	2,724
Oufa	6	1,630
Orenbourg.	1	437

Dans ces chiffres, les aciers fondus Bessemer et Siemens-Martin entrent pour une faible partie ; la plus grande quantité provient des usines où l'on fait l'acier au creuset et l'acier forgé.

Voici, de plus, comment s'est répartie la fabrication de l'acier pendant les cinq dernières années :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Production de l'acier en Russie, en tonnes.

	1872.	1873.	1874.	1875.	1876.
Dans les usines de l'État . . .	2,592	2,950	2,875	3,868	1,110
Du cabinet de S. M.	16	15	15	12	16
(*Des particuliers :*)					
Dans l'Oural.	1,536	1,036	1,039	1,705	4,561
En Sibérie	26	5	15	8	6
Des autres administrations . .	4,212	4,938	4,686	7,335	11,480
En Finlande	»	»	»	»	48

Enfin, pour donner une idée des quantités de fonte et d'acier employées pour le matériel de guerre par l'État dont les usines sont comprises dans tous les relevés qui précèdent, nous indiquerons la production en canons, munitions et armes blanches, depuis 1867 :

ANNÉES.	CANONS EN ACIER.	CANONS EN FONTE.	MUNITIONS D'ARTILLERIE.	ARMES BLANCHES.
1867	92 tonnes.	1,099 tonnes.	4,267 tonnes.	8,419 pièces.
1868	100 »	1,190 »	6,683 »	17,749 »
1869	336 »	896 »	7,048 »	28,597 »
1870	539 »	664 »	7,241 »	39,467 »
1871	756 »	843 »	6,648 »	40,708 »
1872	316 »	1,022 »	6,413 »	43,904 »
1873	257 »	317 »	8,868 »	22,127 »
1874	306 »	578 »	8,483 »	29,727 »
1875	1,284 »	1,073 »	9,752 »	22,198 »
1876	184 »	727 »	10,409 »	44,023 »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous allons maintenant donner quelques détails sur les principaux exposants de fer et d'acier du compartiment russe.

Demidoff, P. Prince de San-Donato, usines de Nijné-Taguilsk (Perm).

Le prince Demidoff avait fait une très-belle et très-importante exposition; installation bien soignée; nombreux spécimens de minerais de fer, de cuivre, de fonte au bois, blanche, truitée, à l'air froid au bois, de fonte blanche excessivement carburée, montrant parfaitement le carbone à l'état de graphite, de spiegel manganésifère renfermant de 18 à 52 p. c. de manganèse, obtenu avec du minerai contenant 63 p. c. de manganèse; de fers très-beaux produits de fontes au bois, de barres en acier, de tôles ordinaires et d'autres parfaitement polies, de fers cornières soignés, de rails en fer et acier droits et tordus à froid, de tôles minces en fer et en cuivre dont on avait fait des cartes d'adresse estampées pour donner une idée de leur bonne qualité, etc., etc.

C'était une parfaite exhibition, digne de l'importance des établissements et donnant une haute idée de leurs moyens de production.

Comme le propriétaire a fourni divers documents, nous croyons utile de faire quelques extraits se rapportant au fer et à l'acier.

La propriété de Nijné-Taguilsk appartenant à M. Demidoff, se trouve dans la partie sud du district de Verkotourie, gouvernement de Perm; les usines occupent sur les versants est et ouest de la chaîne des monts Oural, une étendue de 697,312 hectares dont 597,595 de forêts, et comprennent les forges suivantes :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nijné-Taguilsk,	fondée en	1725
Vuïa,	»	1721
Laïa,	»	1726
Nijné-Saldinsk,	»	1760
Verkné-Saldinsk,	»	1782
Tcherno-Istotchink,	»	1729
Vicimo-Chaïtansk,	»	1741
Vicimo-Outkinsk,	»	1771

Et les fabriques pour le laminage du fer et du cuivre :

Avrorinskoï,	fondée en	1850
Antanovskoï,	»	1853
Issa,	»	1873

Les minerais de fer se trouvent dans la propriété même; il y a des gisements de fer magnétique au contact de diorites et de porphyres avec le calcaire; les plus considérables sont ceux exploités dans les mines de Vuisokogorsk et de Lebajka; la première de ces mines a donné, depuis 1758, un total de 2,490,000 tonnes de minerai dans la partie seulement qui appartient aux usines de Nijné-Taguilsk; actuellement, la production annuelle est de 49,000 à 65,000 tonnes; ces minerais ressemblent beaucoup aux meilleurs minerais de Suède. Quant à la mine de Lebajka, elle est peu exploitée.

On trouve encore dans ce district des gisements d'hématite brune et de limonite, dont les principaux sont en exploitation par les mines de Neloba et Chilovka.

Enfin, en 1867, on a découvert, à 7 kilomètres de l'usine de Nijné-Taguilsk, un gîte de manganite et de pyrolusite; on a trouvé une couche d'argile rouge de 4 mètres d'épaisseur, contenant le minerai de manganèse sous forme de petites paillettes et à l'état de blocs de 2 à 35 kilogrammes; cette couche repose sur une argile jaune-clair, qui est elle-même assise sur le calcaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

silurien. Ce minerai est principalement employé pour obtenir le fer et l'acier par les procédés Bessemer et Siemens-Martin.

Voici l'analyse de quelques-uns des minerais de cette grande propriété :

	Fonte p. c.	Silice.	Alumine.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse	Chaux.	Soufre.	Phosphore.	Cuivre
Fer magnétique de									
Wisokogorsky . .		7,871	3,572	80,047	0,571	0,970	»	0,025	»
Jerebtzowssky . .		24,766	3,814	68,986	0,378	1,216	»	0,027	»
Id.	65,32	36,190	traces	61,428	traces	traces	0,154	traces	0,025
Id.	à	30,613	0,157	61,940	traces	traces	0,356	traces	0,037
Id	70,09	29,979	1,802	67,618	traces	traces	0,046	traces	0,050
Lebiajinsky . . .		5,285	1,238	89,318	0,404	2,203	»	0,275	»
Id.		6,735	14,559	73,332	1,516	4,058	»	»	traces
Semenowsky . . .	62,40	2,076	4,672	93,491	traces	traces	»	»	»
Beresowsky . . .		3,336	2,300	92,267	traces	traces	traces	»	»
Limonite de									
Schilowsky. . . .		5,366	2,066	81,570	»	»	»	0,885	»
Nelobsky.	62,40	15,625	8,217	68,862	0,962	2,878	»	1,305	»
Saldinsky		27,317	6,028	48,978	0,568	2,869	»	»	»
Oligiste de									
Wissimo	62,40	1,690	1,112	94,920	»	»	0,135	traces	»
Chaitansky. . . .									
Minerai de manganèse de									
Sapalsky	62,40	10,210	»	20,220	64,520	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le combustible employé dans les usines est le charbon de bois produit dans les forêts du domaine; on n'a pas jusqu'ici trouvé du charbon de terre dans la propriété.

Les diverses usines comprennent :

6 hauts fourneaux, type Rachette;
2 » de l'Oural;
1 » écossais;
1 » pour fonte spéculaire;
4 cubilots;
6 fours à réverbère ordinaires, pour fusion de la fonte;
2 » système Siemens »
3 » système Siemens-Martin, de la contenance de huit tonnes;
16 fours à puddler ordinaires;
20 fours à puddler Boetius;
8 fours à réchauffer ordinaires;
7 » Boetius;
17 » Siemens;
26 fours à recuire;
1 four de cémentation grand;
6 » petits;
2 convertisseurs Bessemer de 5 tonnes chacun;
29 feux d'affinerie, méthode comtoise;
21 laminoirs divers.

Les moteurs se composent de 78 roues hydrauliques représentant une force de 2,179 chevaux, de 21 turbines de 1,192 chevaux, et de machines à vapeur desservies par 40 chaudières; le tout présentant une force de 5,422 chevaux.

Les hauts fourneaux type Rachette, ont de 9 à 13 mètres de hauteur; l'ouvrage a une section rectangulaire allongée avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2 séries de tuyères; la cuve va en s'élargissant depuis l'ouvrage jusqu'au gueulard.

Nous allons donner quelques analyses de fontes, de fers et d'aciers de cette firme industrielle :

FONTES ET FERS.	Silice.	Carbone combiné.	Graphite.	Cuivre.	Soufre.	Phosphore.
Fontes						
grise de Nijné-Salda	1,050	0,868	3,665	0,050	0,062	»
blanche id.	0,550	4,175	1,044	»	0,031	0,025
grise de Werchné-Salda	1,650	1,859	2,659	0,025	»	0,020
blanche id.	0,300	3,914	0,298	0,025	»	»
des minerais de Lebiajinsky, Werchné-Salda	0,846	1,860	2,686	»	0,039	0,007
Cuivreuse de W.-Salda, nº 1. . .	0,330	0,119	1,930	0,075	0,037	»
Id. nº 2. . .	0,180	1,194	2,464	0,075	0,035	0,025
Fers						
Millbars Nijné-Salda, 1re qualité .	0,049	0,372		0,075	0,075	0,009
Id. 3e id. .	0,125	0,242		0,075	0,074	0,010
Millbars W.-Salda, 1re id. .	0,340	0,539		0,050	»	0,015
Id. 3e id. .	0,157	0,494		0,037	»	0,004
Millbars venant d'une fonte de minerai Lebiaginsky W.-Salda .	1,300	0,194		»	0,015	0,017
Millbars de minerai cuivreux, nº 1.	0,193	0,323		0,037	»	0,014
Id. nº 2.	0,440	0,433		0,010	0,040	0,018
Fer	0,115	0,243		0,030	0,023	0,0004
Millbars puddlés, 1re qualité. . .	0,053	0,178		»	»	»
Id. 3e id. . .	0,020	0,120		»	»	»
Fer puddlé de fonte cuivreuse, nº 1	0,010	0,256		0,075	0,024	0,006
Id. nº 2	0,053	0,093		0,075	0,024	»

Dix analyses de fontes siliceuses ont donné de 1,260 à 6,610

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de silice; trois fontes spéculaires ont fourni 15,320, 17,450 et 18,330 de manganèse.

Sept analyses de ferro-manganèse portent une teneur en manganèse variant de 15,320 à 54,400.

Quinze échantillons de fers puddlés plats, ronds, carrés, etc., et de rails de fer ont accusé une teneur en carbone combiné variant de 0,125 à 0,460.

Dix échantillons d'acier Siemens-Martin soumis à l'analyse ont donné de 0,017 à 0,820 de carbone combiné et onze d'acier Bessemer, de 0,220 à 1,410 de carbone.

Enfin, voici encore quatre analyses de rails d'acier Bessemer;

	CARBONE COMBINÉ.	SILICIUM.	MANGANÈSE	PHOSPHORE
Rails d'acier Bessemer	0,370	0,0238	0,225	0,0035
Id.	0,650	0,0217	0,216	0,0073
Id.	0,410	0,0264	0,302	0,0028
Id.	0,450	0,0229	0,330	0,0018

Nous consignons encore quelques données concernant les procédés Bessemer et Siemens-Martin qui ont été mis en application en 1874 aux usines de M. Demidoff.

Atelier à acier Bessemer. — Cet atelier contient deux cornues, système anglais, de 5 tonnes chacune; 3 hauts fourneaux; 2 fours Siemens à réverbère pour fusion de la fonte; 2 cubilots pour fondre le spiegel.

La machine soufflante est composée de 4 turbines chacune de 125 chevaux, et les cylindres soufflants sont munis de moteurs pour le cas de manque d'eau.

Les cornues sont pourvues de 7 tuyères, chacune à 7 ouver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tures de 18 millimètres de diamètre. La pression maxima du vent est de 1 1/2 atmosphère à la tuyère.

L'opération dure, avec la fonte coulée directement du haut fourneau, de 18 à 25 minutes; avec la fonte provenant du réverbère, de 8 à 14 minutes.

Mille kilogrammes de fonte donnent environ 900 kil. de lingots de bonne qualité. Pour les rails on n'emploie pas de spiegel. Les lingots pèsent environ 340 kil. chacun, et sans martelage, sont mis encore rouges dans le four à réchauffer pour être laminés. On fait en moyenne 16 opérations par jour.

Les tuyères supportent en moyenne 2 opérations; l'intérieur de la cornue fait de 400 à 450 opérations, et le fond de la cornue de 16 à 25 opérations. Le métal est employé spécialement à faire des rails.

L'air des hauts fourneaux est chauffé à 350 degrés environ.

Procédé de Siemens-Martin. — L'atelier se compose de 2 fourneaux pouvant travailler chacun huit tonnes à la fois, et de 2 fours Siemens à réchauffer le fer et la fonte.

Chaque charge est de 2,600 kil. de fonte et de 4,000 kil. de fer dont les 9/10 sont composés de lopins puddlés.

L'opération dure environ 13 heures. On reçoit en moyenne 6,000 kil. de bons lingots. On ajoute à la fin de l'opération, environ 150 kil. de ferro-manganèse tenant de 33 à 38 p. c. de manganèse, et préparé à l'usine.

La chemise intérieure des fours supporte environ 190 opérations, avec quatre réparations à la voûte du four, dont deux durent 24 heures environ, et deux près de 48 heures.

Préparation du ferro-manganèse. — Le cubilot servant à cette fabrication a :

Hauteur.	$8^{m}50$
Diamètre de la cuve.	1, 67
Diamètre du creuset aux tuyères.	0, 51
Hauteur des tuyères.	0, 41

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La pression du vent est de 4 à 5 pouces anglais par pouce carré; la température 400°.

La production par 24 heures est de 1,300 kil. environ de ferro-manganèse, tenant de 30 à 50 p. c. de manganèse.

Le creuset en briques blanches réfractaires est mobile sur roues et sur rails; il dure trois semaines, à la condition de fondre un jour par semaine un lit de fusion pour fonte très-silicieuse, ce qui entretient le bon état du creuset.

La production totale des usines à fer de M. Demidoff est actuellement, par an, de :

410	tonnes	de fers en barres;
7,371	»	de fers assortis;
11,466	»	de rails;
4,095	»	de tôles pour toitures;
983	»	de fers épais pour chaudières;
1,147	»	de fers minces pour chaudières;
164	»	de fers pour vaisseaux;
1,638	»	de fers pour pelles et de rognures;
491	»	d'acier de cémentation en barres;
82	»	d'aciers assortis pour ressorts.

En outre, cette propriété produit du cuivre, du platine, de l'or, etc., métaux dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

AUTRES EXPOSANTS RUSSES.

Après la belle exposition de M. Demidoff, qui est le plus important de tous les maîtres de forges russes qui avaient envoyé leurs produits à Paris, il reste peu à dire sur ce pays.

Nous signalerons cependant :

L'Administration des mines de l'est du royaume de Pologne. —

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette administration avait envoyé des minerais, des fontes, des fers; mais c'était peu important ; la production de l'usine de Reew, fondée en 1838, s'élève à 500 tonnes de fonte coulée et 1,100 tonnes de fonte en lingots.

Le laminoir de Selpia fabrique 1,600 tonnes de fers marchands.

Tout le travail se fait au charbon de bois.

D'autres usines du gouvernement avaient exposé des aciers fondus très-beaux pour la fabrication des armes blanches, et des aciers damassés et laminés, d'excellente fabrication.

La comtesse Stenbock-Fermor (Perm), qui avait exposé des produits de son usine de Werc-Issete et des minerais de fer.

Cette usine, assez importante, fondée en 1726, comprend 7 hauts fourneaux, 21 fours à puddler et 27 fours à réchauffer; elle produit annuellement 29,000 tonnes de fonte et 12,000 à 13,000 tonnes de fers marchands.

Les tôles fines et les fers battus exposés étaient de très-bonne fabrication; le tout au charbon de bois.

Il y avait aussi des balles en fonte très-bien réussies.

L'usine de Satkinsk (Oufa), fondée en 1758 pour la fabrication de la fonte; en 1856, on y a établi une aciérie.

Cette Société avait exposé des minerais de fer, hématites brunes et jaunes, venant des mines de Bakalsk et de Klutchevsk, et des minerais spathiques qu'elle emploie en proportion moindre; des fontes grises et truitées; des échantillons d'aciers puddlés, durs, demi-durs et tendres.

Elle possède 1 haut fourneau type Rachette, 2 cubilots, 5 fours à puddler.

Le combustible employé est le charbon de bois.

La production annuelle est de 2,600 tonnes de fonte coulée, plus 750 tonnes de projectiles et 330 tonnes d'acier puddlé.

Boutine frères, à Nynioudinsk (Irkoutsk). — Cette maison

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avait envoyé des minerais de fer, des fers, des tôles et des objets en fonte coulés.

L'usine a été fondée en 1847; elle comprend 2 hauts fourneaux, 2 cubilots, 1 four à réverbère, 4 fours à puddler et 4 fours à réchauffer.

C'est l'usine la plus orientale de l'Europe.

La production annuelle est de 9,800 tonnes de fonte, 4,000 tonnes de fers marchands, 1,200 tonnes de fer forgé et 1,200 tonnes d'objets coulés en fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUÈDE

La Suède est depuis longtemps le pays qui produit le meilleur fer, grâce à l'excellente qualité de certains de ses minerais, fer oxydé magnétique et fer oligiste, qui sont très-peu phosphoreux, et à la nature du combustible (charbon de bois) qu'elle emploie presque exclusivement. Malgré ces conditions exceptionnelles, elle subit, comme les autres pays producteurs, le contre-coup de l'envahissement des aciers Bessemer et Siemens-Martin.

Les fontes de Suède sont certainement tout ce que l'on peut désirer de bon pour l'affinage aux appareils Bessemer et Siemens-Martin; mais, pour diverses causes, notamment le manque pour ainsi dire absolu de houille (le charbon de bois étant presque le seul combustible que le pays produise), ces fontes coûtent actuellement trop cher pour lutter avantageusement avec les fontes obtenues en Angleterre, en Allemagne, en France, en Belgique, en un mot, dans les centres métallurgiques abondamment pourvus de combustible minéral, quand bien même ces centres doivent aller chercher leurs minerais au loin.

Les fontes et les fers de Suède sont et resteront longtemps encore demandés pour des usages spéciaux; mais ces emplois particuliers tendent plutôt à se restreindre qu'à se développer, parce que l'acier fondu, avec les perfectionnements apportés et que l'on introduira encore dans sa fabrication, tend de plus en plus à se substituer au fer, même au meilleur.

Ainsi, voilà un pays richement doté sous le rapport du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

minerai de première qualité, produisant les fontes les plus pures et les fers les meilleurs, qui va probablement voir son industrie métallurgique compromise ou tout au moins arrêtée dans sa marche progressive; et cela, parce que le prix de revient de ses fontes est plus élevé que celui des fontes propres à la fabrication de l'acier fondu obtenu dans les autres contrées.

Les métallurgistes suédois ne peuvent-ils donc pas arriver à réduire le prix de revient de leurs fontes?

Pour le moment, et dans les conditions de fabrication actuelles, on doit craindre beaucoup qu'il n'y ait pas possibilité de modifier la situation. Une des principales raisons, comme nous l'avons déjà dit, c'est le manque de combustible minéral; avec du charbon de bois et du minerai pur, et surtout exempt de phosphore, on ne peut faire que de la fonte et du fer de toute première qualité comme le témoignent d'ailleurs les spécimens qui avaient été envoyés à l'Exposition; mais le charbon de bois est un combustible coûteux, d'un approvisionnement difficile, surtout dans un pays relativement peu peuplé et par conséquent manquant de voies de transport nombreuses et en parfait état d'entretien. Quand on pense que pour produire une tonne de fonte, il faut employer de 5 à 8 mètres cubes de charbon de bois, et même 15 mètres cubes lorsque l'on traite des minerais très-pauvres; que, en admettant une moyenne de 7, 8 mètres cubes y compris le menu, par tonne de fonte, ce charbon qui est d'essence de pin et de sapin représente le produit de près de *trois* hectares de forêt de ce pays, on se rend compte de la grande quantité d'hectares qui seraient nécessaires au service d'une usine qui voudrait produire 50 à 100 tonnes de fonte par jour; et l'on comprend très-bien que la difficulté d'approvisionnement de ce combustible soit très grande et qu'elle doive augmenter avec le temps, car le rayon d'épuisement d'une usine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'étend chaque jour. Avec le combustible minéral, cette difficulté n'existe guère au même degré.

L'impossibilité d'un approvisionnement convenable et surtout un peu important est donc une des principales causes qui s'opposent au développement des établissements métallurgiques de ce pays; aussi, ne voit-on pour ainsi dire que des usines à un seul haut fourneau, et encore, n'est-il pas toujours possible de le maintenir à feu pendant toute une année faute d'approvisionnements suffisants de combustible et de minerai. Peu d'usines, bien situées près des chemins de fer, ont 2 hauts fourneaux; il n'y a que deux établissements qui en possèdent 3 et 4.

Quant à remplacer le charbon de bois par le coke venant de l'étranger, il est à craindre qu'on ne puisse pas y arriver à cause des frais élevés des transports; divers essais ont déjà été faits et n'ont pas réussi.

On a essayé d'introduire dans ce pays l'affinage des fontes suédoises par le procédé Bessemer; mais le produit que l'on obtenait avec d'aussi bonne fonte, quoique de qualité magnifique, coûtait absolument trop cher pour lutter contre les aciers fondus produits à l'étranger.

Dans le Cleveland, l'industrie du fer est un peu compromise bien qu'ayant du combustible minéral en abondance, parce que le minerai que le sol produit est trop phosphoreux; en Suède, les minerais sont magnifiques, très-purs, et cependant là aussi l'avenir de la métallurgie n'est pas brillant, parce que le combustible minéral fait défaut et qu'il serait difficile d'y amener à prix suffisamment bas, le coke d'Angleterre ou d'autres contrées charbonnières.

Diverses causes moins importantes agiront aussi pour empêcher le développement de cette industrie en Suède; on peut à ce sujet et pour se renseigner sur l'état actuel des choses, consulter un mémoire très-complet de M. R. Akerman, membre du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jury, savant professeur à l'école des mines de Stockholm ; ce travail accompagné d'une carte, de tableaux statistiques et de nombreuses analyses de minerais, a été distribué avec générosité par l'auteur à l'Exposition universelle et doit se trouver dans les mains de la plupart des métallurgistes qui le liront et le consulteront souvent avec fruit ; il est si complet et si détaillé qu'il ne peut être résumé sans perdre une grande partie de son intérêt.

Nous ne donnerons que quelques indications sans commentaires.

Minerais. — Les minerais que l'on extrait en Suède, sont en général très-beaux et bons, ainsi qu'on pouvait s'en assurer en examinant les échantillons exposés à Paris. Il n'est pas possible de donner ici des détails sur les principaux gisements ; ce serait trop long ; d'ailleurs M. Akerman a joint à son mémoire une série de tableaux dans lesquels sont consignées un nombre considérable d'analyses de minerais faites par plusieurs chimistes suédois ; nous en extrairons quelques-unes qui se rapportent aux minerais que traitent les usines qui avaient exposé, principalement celles qui figuraient dans l'installation des Compagnies l'Iern Kontoret, et qui avaient envoyé les fontes, les fers, les tôles et les aciers qu'elles en ont retirés. Ces quelques analyses serviront de point de comparaison avec les minerais dont les autres pays disposent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyse de divers minerais de Suède.

LOCALITÉS.	Protoxyde de fer.	Peroxyde de fer.	Oxyde magnétique de fer.	Protoxyde de manganèse	Magnésie.	Chaux.	Alumine	Acide silicique.	Acide phosphorique.	Soufre.
Dannemora . . .	1,43	»	65,86	0,89	talc. 4,34	7,62	1,08	15,32	0,002	0,171
Id. . . .	1,05	»	67,50	1,86	talc. 5,98	8,00	0,12	12,30	0,005	0,03
Bispberg	»	68,77	protox 21,73	0,16	»	1,86	0,20	7,25	0,018	»
Hillang	»	»	43,30	11,65	magn. 1,40	12,75	2,10	15,40	»	»
Id.	»	»	47,81	11,23	3,58	10,94	1,19	12,93	0,23	0,53
Svartvik	»	»	66,31	2,68	4,60	7,80	2,10	9,80	0,023	0,05
Stormossen . . .	»	»	65,80	0,36	1,12	4,93	1,19	26,40	0,026	0,013
Persberg	»	5,11	71,56	0,17	4,18	4,85	0,77	12,76	0,005	0,031
Id.	»	»	82,75	0,45	2,10	4,20	1,00	9,50	0,002	0,016
Striberg	»	78,94	8,29	0,07	1,17	2,00	2,98	6,20	0,048	0,011
Id.	»	52,97	21,13	0,17	0,14	0,42	0,30	24,78	0,026	0,011
Id.	»	38,63	35,63	0,09	0,26	1,14	0,20	23,70	0,022	0,019
Id.	»	49,00	26,52	0,13	0,15	0,52	0,60	22,86	0,026	0,015
Lerberg	»	»	80,65	1,35	0,16	1,29	2,71	11,35	0,048	0,038
Fagersberg . . .	»	»	69,12	2,11	1,84	9,86	2,60	13,60	0,023	0,33
Id.	»	65,92	»	1,53	5,63	8,23	2,19	17,42	0,022	0,013
Forala	»	»	69,12	0,24	3,51	1,39	1,15	23,70	0,020	0,145
Nartorp	»	7,23	52,78	0,10	2,95	11,80	0,75	25,40	0,026	0,08
Id.	»	13,11	47,24	0,20	1,70	16,10	0,49	21,60	0,030	0,005
Stenebo	4,43	»	49,55	0,10	1,57	2,86	2,21	39,26	0,21	»
Id.	»	8,04	46,66	0,16	1,98	2,96	2,69	38,59	0,20	»
Nyang	»	5,22	55,10	0,42	talc. 2,60	10,60	0,98	24,30	0,015	0,148
Id.	»	»	79,40	0,11	talc. 2,68	4,94	1,29	10,22	»	»
Penning	»	»	71,14	11,62	talc. 2,66	2,88	1,42	9,85	0,018	0,020
Malmberg. . . .	»	»	51,11	»	8,13	10,18	3,47	21,45	0,018	0,009
Rhamhall	»	»	66,56	1,12	talc. 1,98	10,85	2,70	6,60	0,048	0,12

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Analyse de divers minerais de Suède (suite).

LOCALITÉS.	Protoxyde de fer.	Peroxyde de fer.	Oxyde magnétique de fer.	Protoxyde de manganèse	Magnésie.	Chaux.	Alumine.	Acide silicique.	Acide phosphorique.	Soufre.
Hammarings . . .	0,09	»	77,02	1,20	2,22	8,40	1,22	3,76	0,020	0,044
Ryllshyttan . . .	18,00	40,57	»	0,076	9,75	6,14	1,64	23,54	0,032	0,05
Langvik	»	60,09	»	12,20	6,05	11,33	1,21	8,75	0,021	»
Burangsberg-Karrgrufvan	»	9,81	62,68	3,53	3,46	4,20	0,36	7,30	0,009	0,066
Karrgrufvan . . .	»	54,06	21,50	0,09	0,27	1,00	0,46	23,75	0,033	traces.
Gräsberg	»	25,47	38,43	0,15	talc. 0,11	8,22	2,25	22,00	0,085	0,001
Haksberg Norra. .	»	71,17	»	0,08	0,78	1,01	1,51	25,27	0,353	0,02
Granrot	»	»	70,00	7,00	3,40	3,80	»	3,9	»	»
Grängesberg . . .	»	82,50	»	traces.	talc. 1,25	0,55	2,00	13,20	0,231	0,02
Id. . .	»	78,71	»	»	0,84	1,04	4,34	15,33	0,18	0,15
Stallberg	»	»	67,81	4,18	3,42	7,50	1,86	4,90	»	0,09
Andersgrufvan . .	3,60	»	45,02	7,14	3,02	18,92	0,67	4,12	0,011	0,073
Viker	»	»	66,13	5,46	10,20	1,60	2,93	14,80	0,024	0,04
Dalkarsberg . . .	»	87,37	»	0,09	3,64	1,70	0,86	7,85	0,067	»
Langban	»	89,40	»	»	0,80	0,60	0,55	8,20	0,03	0,024
Rörberg	0,14	»	71,55	0,37	talc. 7,39	5,25	3,40	8,70	0,01	0,12
Tremanning-Grufvan	»	45,37	29,33	0,18	0,83	1,12	0,34	22,46	0,048	0,002
Karrgrufvan . . .	7,51	61,77	»	0,35	1,02	2,86	1,79	25,92	0,068	0,008
Spettal	40,64	30,99	»	0,17	0,14	0,64	0,56	26,62	0,041	0,010
Knaper	4,01	61,86	»	0,19	0,29	6,22	»	25,63	0,046	0,033
Kobningsberg . .	4,38	»	56,29	5,58	4,70	5,00	2,10	9,20	0,011	0,030
Kroppa	»	»	75,79	0,28	4,26	4,33	1,35	13,17	0,018	0,064
Bjornberg	»	»	82,00	»	3,11	1,50	5,25	7,33	traces.	0,29
Nyberg.	»	»	73,85	8,48	2,15	1,82	1,49	11,01	0,01	0,07
Klackagrufvan . .	0,55	»	71,08	0,19	3,76	4,00	2,06	17,75	0,011	0,01
Klackaberg . . .	»	»	52,18	1,72	1,33	12,26	1,54	31,05	0,007	0,008
Dräggrufvan . . .	1,81	»	76,19	traces.	3,24	3,10	1,87	11,60	0,007	0,03
Harnas.	»	»	72,94	1,54	6,05	7,92	0,97	10,02	0,008	0,04

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme on le voit par ces chiffres, et comme d'ailleurs on le savait depuis longtemps, les minerais que la plupart des usiniers de Suède emploient dans leurs usines sont de qualité exceptionnelle, et l'on comprend qu'avec de telles mines et des charbons de bois, il soit bien difficile de ne pas produire des fers de toute première qualité, et même comme on n'en pourrait obtenir que bien peu en France, en Angleterre, en Belgique, etc.; aussi, ces fers remarquables par leur ténacité, leur douceur et leur ductilité, sont-ils recherchés dans le monde entier pour certains usages spéciaux, notamment pour la fabrication de l'acier cémenté.

HAUTS FOURNEAUX.

Hauts fourneaux. — Les hauts fourneaux de Suède n'ont en général qu'une hauteur de 9 mètres; les derniers qui ont été établis sont plus grands, mais ne dépassent pas $16^{m}50$; la largeur intérieure varie de $1^{m}50$ à $1^{m}90$ au gueulard, 2 mètres à $3^{m}1$ au ventre et $0^{m}80$ à $1^{m}70$ entre les tuyères; la capacité est de 23 à 90 mètres cubes. Les hauts fourneaux marchent à l'air froid ou à l'air chauffé, ordinairement à 200° centigrades; la température la plus élevée va à 450° centigrades.

Presque partout on emploie le charbon de bois de pin et de sapin; deux hauts fourneaux pour fonte spéculaire ajoutent un peu de coke anglais au charbon de bois.

Les hauts fourneaux les plus petits ne donnent, en général, que 30 à 65 tonnes de fonte par semaine; les moyens 65 à 85 tonnes et les plus grands 85 à 130 tonnes.

La majeure partie de la fonte est affinée au bas foyer d'après la méthode dite en Suède, la Lancashire; on opère par soulèvement dans des bas foyers couverts; la loupe passe au marteau et est ensuite soudée dans des fours spéciaux; ces fers sont très-homogènes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le district de Dannemora, on emploie le procédé d'affinage dit Wallon, principalement pour les fers que l'on veut convertir en acier par cémentation; et dans les petites usines, on suit le procédé Franche-Comté où l'affinage et le soudage se font dans un seul et même bas foyer. Le puddlage est très-peu employé.

En 1876, il y avait 829 fours en activité qui ont produit 212,516 tonnes de fer en barres.

Aciers Bessemer. — La fabrication de l'acier Bessemer a été introduite en Suède dès le principe, et est aujourd'hui installée dans 20 usines; mais la fonte revient à un prix trop élevé pour que l'on puisse développer l'application de ce procédé dans les circonstances actuelles. Les convertisseurs mobiles reçoivent des charges de 2,100 à 4,200 kilogr. On ajoute ordinairement à la fin de l'opération de 1 à 3 1/2 p. c. de fonte spéculaire. On commence à employer le ferro-manganèse.

Acier Siemens-Martin. — Plusieurs usines ont construit des fours Siemens-Martin, mais ils ne traitent que 1,700 à 3,000 kil.; le chauffage se fait à la tourbe ou au bois séché à l'air, et la quantité consommée de ces deux combustibles est à peu près la même, soit 5 à 7, 5 mètres cubes de chacun par tonne de lingots de fer fondu.

Autres aciers. — Une usine fabrique de l'acier fondu d'après le procédé Uchatius en mêlant dans des creusets en graphite, de la fonte granulée à de la poussière de minerai de fer riche et à un peu de charbon.

Enfin, l'aciérie de Dannemora produit de l'acier fondu au creuset dans un four Siemens-Lundin, en employant le bois vert comme combustible; on distille de la sciure de bois même humide dont le gaz, après avoir circulé dans un régénérateur Siemens, se rend dans le four; avant d'entrer dans l'appareil Siemens, le gaz est refroidi afin d'enlever le goudron et les cendres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A ces renseignements, nous ajouterons quelques mots sur les combustibles minéraux :

Combustibles minéraux. — Ce pays est très-pauvre en combustibles minéraux; on n'en rencontre que dans la province de Malmo à Hoganâs, et un peu à l'est de Landskrone; encore, est-ce une houille de qualité inférieure, peu propre même au service des chaudières de locomotives.

L'exploitation à Hoganâs a commencé dès 1797.

A Bjuf, en Scanie, on a ouvert des exploitations en 1870 sur deux couches situées à faible profondeur et ayant 0^m32 et 0^m52 de puissance en charbon; à peu de distance de ces couches se trouvent deux bancs d'argile réfractaire que l'on extrait et dont on fait des briques. Cette exploitation qui a donné 968 tonnes de charbon en 1873, arrivait à 14,029 tonnes en 1878; la quantité d'argile réfractaire retirée s'élevait en 1877 à 5,636 tonnes et à 3,862 en 1878.

Voici quelques données concernant la production de la houille en Suède :

	Tonnes.		Tonnes.		Tonnes.
1834.	13.148	1862	24.625	1870.	38.299
1839.	18.090	1863.	30.857	1871.	43.505
1844.	17.232	1864.	29.811	1872.	40.180
1849.	17.405	1865.	35.331	1873.	52.543
1854.	23.578	1866.	36.467	1874.	59.598
1859.	21.117	1867.	37.175	1875.	64.406
1860.	21.352	1868.	46.487	1876.	80.657
1861.	24.590	1869.	48.969		

Nous dirons maintenant quelques mots des produits exposés dans la section suédoise.

Iernkontoret, comptoir des forges, Stockholm

Le comptoir des forges connu sous le nom de Iernkontoret, avait pris sous sa direction l'exposition collective de 26 usiniers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et exploitants de mines suédois; plusieurs grands trophées dressés avec beaucoup d'intelligence et de goût montraient le minerai, le combustible, la castine ainsi que la fonte, le laitier, le fer, l'acier, etc., qui provenaient du traitement de ces diverses matières premières; bien que tous les produits fussent irréprochables, de qualité excellente, comme les Suédois savent en obtenir de leurs bons minerais et combustibles, il n'y avait cependant rien de bien particulier ni de nouveau à signaler; s'il fallait décrire tous ces spécimens de fonte et de fer, on ne pourrait que répéter pour chacun ce qu'on aurait dit pour son voisin.

Les fers pliés, tordus, noués, etc., etc., dénotaient une qualité vraiment remarquable.

On voyait entre autres : des croisements de chemin de fer fondus en coquille de la Société *Ankarsrums Bruk;* de l'acier de cémentation, de l'acier fondu en lingots et en barres de *Dannemora;* des projectiles massifs, creux, etc., de *Ekman et de Maré;* de la fonte spéculaire de *Ferna Bruk;* des fontes brutes pour objets en fonte malléable, des fers tordus et courbés à froid, etc., de *Kihlafors-Bruk ;* des fontes et des aciers Siemens-Martin de *Lesjofors-Aktiebolags;* des aciers Bessemer et Siemens-Martin de *Motala;* des fers en barres, des tôles, des essieux de *Surahammars,* etc., etc.

Cette exposition de l'Iern Kontoret était vraiment remarquable sous d'autres rapports encore; on voyait par exemple une série de barres en acier Bessemer et Siemens-Martin ayant des teneurs de 0,10 à 0,60 p. c. en carbone et qu'on avait soudées 2 à 2 de manière à accoupler les teneurs de 0,10 avec 0,10 — 0,15 — 0,20 — 0,40; et 0,20 avec 0,60; ces échantillons montraient que les soudures étaient parfaites, car plusieurs avaient été tordus à froid.

Enfin, on remarquait encore des échantillons de tôle métal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Bessemer, tenant jusqu'à 0,30 p. c. de carbone, qui avaient été ployées à froid en tous sens, en deux, puis en quatre.

Tous ces spécimens étaient magnifiques.

Ce qui surprenait le plus, c'était la faible production de ces Compagnies; on ne renseignait, en effet, que des quantités de 5 à 6,000 tonnes au plus de fer produits par an; cependant plusieurs de ces usines existent déjà depuis un et deux siècles.

Comme complément de cette intéressante collection, l'Iernkontoret avait produit une série de plaques qui avaient été soumises à des essais de résistance, et les résultats de nombreuses expériences faites sur des tôles de fer et d'acier de Suède et sur quelques produits étrangers; c'étaient des expériences de choc, des épreuves de traction, de cintrage et de ployage. Les tableaux ont été distribués avec le mémoire de M. Akerman, et il est impossible de reproduire ici tous ces détails bien qu'ils soient excessivement intéressants; les essais avaient été faits sur des tôles en métal fondu tenant au plus 0,3 p. c. de carbone; on avait considéré les tôles à teneur plus forte comme étant trop dures et peu propres à la construction des navires.

Nous donnerons seulement les chiffres qui se rapportent aux échantillons qui avaient été exposés.

Il y avait d'abord 14 plaques rondes en fer Bessemer de 0^m01 d'épaisseur, 1^m00 environ de diamètre, qui avaient subi le choc d'un boulet de 872 kil. de poids qu'on avait laissé tomber au centre de la figure; les tôles soumises aux expériences avaient été laminées d'un lingot préalablement martelé; elles étaient, comme toutes les autres de même diamètre, fixées sur un cadre circulaire en fer au moyen de deux rangées concentriques chacune de 18 boulons en fer, de telle manière que la partie libre qui se trouvait exposée aux effets directs du choc, avait un diamètre de 0^m537; la base du cylindre frappant avait, elle, un diamètre de 0^m253 et était arrondie en sphère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici, sous forme de tableaux, les données qui se rapportent à ces plaques et telles qu'elles se trouvaient inscrites sur les spécimens exposés :

Carbone.	Profondeur de la dépression finale	Hauteur de la chute.	Nombre de coups de boulet.	Épaisseur des tôles.	OBSERVATIONS.
		Tôles en fer Bessemer laminé du lingot préalablement martelé.			
p. c.	mm.	m.		mm.	
0,10	162	4,50	6	9,2	Le boulet a pénétré la tôle.
0,15	178	4,50	8	9,4	Fissure irrégulière.
0,20	166	4,50	7	9,2	Le boulet a pénétré la tôle.
0,25	163	4,50	7	9,3	Grande fissure.
0,30	160	4,50	7	9,1	Le boulet a pénétré.
		Tôle en fer Bessemer laminé directement du lingot.			
0,10	178	1,5	25	9,4	Petite fissure.
0,15	172	9,0	3	9,3	Le boulet a pénétré la tôle.
		Fer Martin laminé directement du lingot.			
0,15	168	4,5	7	9,3	Grande fissure irrégulière.
		Tôle de fer de Suède puddlé.			
0,05	104	1,5	5	9,4	Petite fissure.
		Tôle en fer de Lancashire suédois.			
0,05	137	1,50	11	9,5	Grande fissure.

Nous mettons en regard le résultat d'essais faits également sous la direction de l'Iernkontor, sur des tôles étrangères.

Carbone.	Profondeur de la dépression finale	Hauteur de la chute.	Nombre de coups de boulet.	Épaisseur des tôles.	OBSERVATIONS.
		Tôle acier doux de Terre-Noire.			
0,20	145	4,50	4	9,4	Grande fissure.
		Best-Yorkshire, puddlage.			
0,07	68	1,50	2	9,2	Grande fissure.
0,15	62	1,00	3	9,0	Petite fissure.
		Tôle Staffordshire, puddlée BB.			
0,06	0	1,0	1	9,3	Petite fissure.

Les 4 dernières tôles contiennent en phosphore les quantités indiquées dans le tableau suivant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Six autres plaques plus petites de 0m20 de diamètre, soumises à une pression exercée par un poids au moyen d'un poinçon de 50 millimètres placé au centre, ont donné les résultats suivants:

Carbone.	Phosphore.	Épaisseur de la tôle en millimètres.	Dépression permanente, millimètres.	Fissures au chargement de
		Tôles en acier Bessemer laminées recuites.		
0,10	0,028	9,1	55,9	35k000
0,17	0,031	9,2	54,9	40.000
0,23	0,028	9,2	53,5	40.000
0,25	0,030	9,2	51,0	38.000
0,30	0,031	9,1	50,4	39.000
		Tôle de fer Siemens-Martin recuite.		
0,14	0,015	9,2	61,0	35,000
		Tôle de fer Lancashire suédois laminée.		
0,06	0,015	9,4	27,6	16.000
0,05	0,026	9,4	24,5	15.000
		Tôle de fer Lancashire suédois trempée.		
0,06	0,015	9,4	23,5	15.000
0,05	0,026	9,4	26,3	15.000
		Tôle de fer puddlé suédois laminée.		
0,05	0,021	9,5	27,0	15.000
0,04	0,016	9,6	22,7	14.000
		Tôle de fer puddlé suédois trempée.		
0,05	0,021	9,5	23,2	14.000
0,04	0,016	9,6	21,4	15.000

Voici également quelques expériences sur des tôles étrangères données par l'Iernkontor :

Carbone.	Phosphore.	Épaisseur de la tôle en millimètres.	Dépression. permanente, millimètres.	Fissures au chargement de
		Tôle non recuite, acier doux de Terre-Noire.		
0,20	0,081	10,0	36,0	37.000
		Tôle Test Yorskshire fer puddlé, non recuite.		
0,07	0,094	9,0	17,6	11.000
0,15	0,125	9,2	17,0	11.000
		Tôle non recuite Staffordshire BB.		
0,06	0,248	9,2	14,9	7.000

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quand on examine ces résultats, on voit combien les produits suédois sont supérieurs aux autres. Cependant, il faut remarquer que les échantillons qui ont été exposés étaient pour ainsi dire les plus beaux, car tous les résultats donnés dans les tableaux de l'Iernkontor ne sont pas aussi avantageux; d'un autre côté, il n'y a eu qu'une ou deux expériences faites sur chaque tôle étrangère, et on ne sait pas comment ces tôles ont été choisies; il est probable que si les producteurs étrangers avaient été invités, comme les usiniers suédois, à envoyer des tôles pour des essais, ils auraient, comme ces derniers l'ont fait selon toute probabilité, expédié ce qu'ils avaient de mieux, et alors les écarts entre les résultats n'eussent pas été aussi grands.

Pour faire des expériences de cette nature, il faut se mettre autant que possible dans les mêmes conditions; toutefois, il est à présumer que les meilleures tôles étrangères mises en concurrence avec les meilleures de Suède, seraient restées en dessous de ces dernières dont les bonnes qualités sont universellement reconnues; mais, nous le répétons, l'écart n'eût probablement pas été aussi considérable.

Il est inutile de dire que ces expériences, faites sur un aussi grand nombre d'exemplaires que l'a ordonné l'Iernkontor, établissent d'une manière palpable, ce que l'on connaissait depuis longtemps, l'influence fâcheuse qu'une quantité un peu notable de phosphore produit sur la qualité du fer; selon toute probabilité, c'est en très-grande partie à la présence de ce métalloïde en quantité sensible dans les quatre tôles étrangères, que l'on doit attribuer les mauvais résultats qu'elles ont donnés.

Mais il est d'autres conséquences que l'on peut tirer de l'examen attentif des tableaux d'expériences; elles ont été relevées avec intelligence dans le rapport de MM. Didron, Westman et Angstrom qui ont été chargés des essais; il serait trop

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

long de transcrire ici en entier ce rapport intéressant ; nous nous bornerons à en extraire quelques faits saillants.

Les tôles de métal fondu se brisèrent entre 5 et 9 coups, d'une hauteur de chute de 4^m50 ; la tôle de Lancashire suédoise entre 7 et 11 coups, et la tôle puddlée suédoise entre 4 et 6 coups d'une même hauteur de chute de 1^m50. Les tôles étrangères donnèrent des résultats sensiblement moins favorables.

La dépression ou le cintrage des tôles de métal fondu était à peu près le même, 150 à 160 millimètres, et deux fois 178 pour chaque hauteur de chute de 1^m5 - 4^m5 et 9 mètres ; le nombre de coups pour produire la cassure variait seul ; les tôles puddlées étrangères ne pouvaient pas être éprouvées aux hauteurs de 4^m50 et 9 mètres, parce que le boulet les aurait perforées entièrement du premier coup ; à 1^m50 de chute, les tôles Lancashire suédoises se cintraient au plus de 134 millimètres, la tôle puddlée suédoise au plus à 104 et la meilleure yorkshire à 68 millimètres ; mais nous rappellerons ce que nous avons dit plus haut au sujet du choix des tôles étrangères.

Les tôles Bessemer et Siemens-Martin ont donné des résultats pour ainsi dire les mêmes ; il eût cependant été convenable d'opérer sur un plus grand nombre de feuilles Martin.

L'inspection des tableaux montre que les tôles de métal fondu recuites au rouge cerise puis refroidies lentement, ou trempées dans de l'eau à 28° centigrades, ne présentaient pas au choc des différences sensibles avec les mêmes simplement laminées et non recuites ; mais les expériences de traction établissent que le métal fondu recuit au rouge est susceptible d'un allongement plus considérable, et présente une moindre résistance, tandis que la tôle trempée accuse un accroissement notable de la résistance à la rupture aux dépens de la susceptibilité d'allongement.

Les expériences n'ont pu démontrer s'il y a un avantage à laminer directement le lingot ou à le marteler avant laminage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il semble résulter des essais, que la résistance au choc du métal fondu doux, n'est pas diminuée si la teneur en phosphore ne dépasse pas 0,05 p. c. ; mais au delà, l'influence de ce métalloïde se fait sentir d'une manière fâcheuse.

Une teneur en soufre qui ne dépasse pas 0,02 p. c. ne paraît avoir aucun inconvénient.

A la suite d'expériences, le Lloyd anglais arriva à autoriser l'emploi du métal fondu (Bessemer et Martin) dans la construction des navires, avec une réduction de 20 p. c. de l'épaisseur de la tôle comparativement à l'épaisseur prescrite pour la tôle de fer puddlé, et cela, à la condition que la tôle de métal fondu supporte les épreuves suivantes :

1° Les bandes découpées le long de la tôle ou à travers la tôle, doivent, aux essais de traction, faire preuve d'une force de résistance à la rupture qui ne sera pas au-dessous de 43^k2, ni au-dessus de 49^k6 par millimètre carré, de même que d'une susceptibilité d'allongement correspondant à 20 p. c. sur une longueur de 200 millimètres.

2° Ces bandes chauffées au rouge cerise modéré, et trempées dans de l'eau à + 28° centigr., devront supporter un ployage autour d'une courbe dont le diamètre ne dépassera pas trois fois l'épaisseur de la tôle.

D'après les tableaux de l'Iernkontor, les feuilles d'acier qui pourraient remplir ces conditions devraient avoir une teneur en carbone d'environ 0,25 à 0,30 p. c. et au-dessus. Mais une teneur en carbone aussi forte est-elle convenable ou non à la tôle et ne rend-elle pas le travail plus difficile sans offrir une compensation dans une force plus considérable? Les travaux de la commission suédoise tendent à établir qu'une forte teneur en carbone est moins favorable, parce qu'alors la résistance à l'allongement, si utile pour les tôles de navires, est sensiblement réduite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En examinant les chiffres donnés par les expériences, on peut constater que les bandes d'essai des tôles suédoises découpées dans le sens du laminage, ont pu être ployées de manière à obtenir un angle de 180°, c'est-à-dire, à mettre les deux parties parallèlement, tandis qu'avec celles découpées perpendiculairement aux fibres, on n'a pu arriver qu'à un angle de 72°5 avant de les briser.

Il résulte de beaucoup de ces expériences qu'il est impossible de bien juger la force de résistance de la tôle contre les chocs ou les coups, en se fondant uniquement sur les épreuves de traction et de ployage; on serait facilement conduit à des conséquences erronées.

Enfin, MM. Didron, Westman et Angstrom donnent une sorte d'échelle pratique de la teneur en carbone du métal fondu; ils l'établissent au moyen d'échantillons que l'on soude et étire en fines dimensions; après les avoir trempées, on les ploie à froid à coups de marteau sur l'enclume; le degré de dureté ou la teneur en carbone se trahit par les résultats suivants :

Le fer contenant 0,10 p. c. de carbone et au-dessous, peut être ployé double et travaillé à grands coups de marteau sans montrer le moindre défaut; — celui à 0,15 p. c., produit de petits défauts, tels que des criqûres ou des fentes; — avec 20 p. c., le fer peut être ployé jusqu'à 145° environ, mais se brise passé cette limite; — avec 0,25 p. c., il n'est ployable que jusqu'à 90° degrés environ, et à 45° avec 0,30 p. c. de carbone.

Au-dessus de 0,30 p. c., la teneur en carbone s'apprécie par la facilité avec laquelle l'échantillon se brise sous le marteau, par la texture, et surtout par la plus ou moins grande facilité de soudure.

Jusqu'à une teneur en carbone de 0,3 à 0,4, l'épreuve par le forgeage présente des caractères parfaitement sûrs, et on la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

préfère en général à l'épreuve chimique, qui la prime toutefois pour les teneurs en carbone plus considérables. Il faut ajouter que l'échantillon soumis à l'épreuve doit être préalablement martelé sous le martinet ou le marteau, car si l'on se contente de le laminer, le métal d'une teneur en carbone de 0,3 p. c. et au-dessus supporte même d'être ployé en double, comme le montraient les échantillons qui étaient exposés.

On voit que les résultats obtenus par les trois expérimentateurs suédois sont fort intéressants, puisqu'ils ont permis de tirer diverses conséquences on ne peut plus importantes pour l'emploi judicieux des fers et des aciers fondus ; nul doute que si d'autres établissements pouvaient faire un travail analogue et aussi complet sur les fers puddlés par les différentes méthodes, on arrive à la connaissance de faits qui pousseraient la métallurgie dans une nouvelle voie de progrès.

Pour terminer ce qui se rapporte à cette exposition, nous donnerons quelques courtes indications sur chacun des vingt-six fabricants qui composaient la collectivité, ne fût-ce que pour avoir occasion de faire connaître leurs noms.

Ankarsums Bruk. — Usine à fonte de moulage. — Elle avait envoyé des croisements de chemin de fer fondus en coquille ; des lopins non soudés de 40 millimètres, entiers, cassés ; des fers en barre martelés ; des verges pour clous à cheval et pour fil de fer.

Un des croisements exposés avait servi pendant dix ans.

La production de la fonte, à cette usine, date de 1827, et celle du fer en barres, de 1855.

Dannemora Gjutstläsverk. — Minerai de fer de Dannemora ; fontes, fers ; acier de cémentation, fondu en lingots et en barres.

Degerfors Aktiebolag. — Minerais, fontes, fers en barres, forgés, tôles, etc. — Usine fondée en 1862. — 800 chevaux de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

force motrice, fournie par l'eau ; il y aura bientôt 1,400 chevaux — Hauts fourneaux ; 10 foyers Lancashire, 4 fours à puddler, 6 laminoirs.

En 1876, on a employé : 6,507^{T}5 de minerais, 1,145 tonnes de calcaire, et 7,412^{T}5 de fonte ; 9,150^{mc}5 de houille ; 24,635 mètres cubes de charbon de bois.

La production totale pour cette année, s'est élevée à : 5,704^{T}75 de fer en barres, forgés, etc. ; 903^{T}05 de tôles ; 488 tonnes de fers laminés pour d'autres usines.

Pour le fer en barres, les forgés et le fer-carillon, on se sert de l'affinage Lancashire ; pour les tôles, on emploie le fer puddlé.

Ekman, C., et de Maré, A. — Projectiles massifs ; projectiles creux, fendus ; — fonte à canon ; — minerais de fer de Färola, Nartorp et Stenbo.

Usine de Finspong : date du XVII^{e} siècle ; — la force motrice est fournie par des moteurs hydrauliques et par des machines à vapeur d'une force totale de 1,030 chevaux.

Pour la fonte et le fer en barres, on se sert du charbon de bois. La fonte à canons et à projectiles, remarquable par sa ténacité, est coulée à air froid.

Ferna Bruk. — Minerais pour fonte spéculaire et ordinaire des mines de Marnäs, Hilläng, Drag, Byberg, Gräsberg, etc. — Spécimens de fonte spéculaire ; fers en barres.

Cette usine de Ferna date du XVII^{e} siècle.

La production annuelle s'élève à environ 4,000 tonnes de fer en barres, des dimensions suivantes : fer carré de 5 à 55 millimètres ; fer rond de 5 à 55 millimètres ; fer plat de 10 sur 2 1/2 à 120 sur 25 millimètres.

Forsmarks Bruk. — Minerais de fer de Dannemora. — Fonte, fer en barres.

Hammarby Bruk. — Minerais de fer de Klacka, Lerberg et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hagby. — Fonte, lopins, fer en barres martelé, barres tendues et tordues ; barres cassées.

Hellefors Bruks Aktiebolag. — Fer magnétique de Fagerberg, Bjornhöjden, Ställberg et Svartvik.

Fontes et laitiers des hauts fourneaux d'Elfsjö et de Silken ; lopins, fer en barres et fer-carillon.

Hofors-Hammarby Aktiebolag. — Minerais de fer de Penninggrufvan, Malmberg, Nyang, Saint-Bispberg et Karrgrufvan. — Fontes, laitiers; lopins, fer en barres et verges pour clous à cheval; fer tordu et cintré.

Horndals Iernsbruks Aktiebolag. — Fer magnétique des mines de Bispberg, Stormoss, Langvik, Kyllshytta, Karr et Tremänning.

Fontes blanches, mi-blanches et grises pour fer d'acier et forgés, lopins, fer d'acier martelé, fer martelé pour taillanderie.

Karmansbo Bruk. — Minerais de fer de Norberg et de Grängesberg. — Fonte; lopins soudés, cassés; fer en barre, martelé, laminé; tôles; fil de fer ; spécimens de fers tordus, courbés, poinçonnés à froid, etc.

L'usine a été fondée il y a plus de 200 ans. — Roues hydrauliques et turbines.

Production en 1876 : Fer en barres, tonnes 2,291.6; lopins, 1,917 tonnes.

Kihlafors Bruk. — Minerais de fer de Hammarin et de Ramhäll. — Fonte blanche, grise ; fer en barres, forgés ; spécimens de fer tordu et courbé à froid ; barres cassées.

Cette usine travaille depuis 1840. En 1876, elle a produit 1,041^{T}67 de fer en barres et 833 tonnes de fonte ; pour cette production, on a employé 3,541^{T}66 de minerais des mines de Hammarin et de Ramhäll et 416^{T}66 des mines de Norberg.

La fonte grise est coulée à air chaud d'une température de 390° Fahrenheit environ, tandis que pour le coulage de la fonte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour produits malléables et de la fonte pour fer marchand, l'air n'a que 160° F. La fonte grise qui contient environ 2 p. c. de manganèse, a été employée avantageusement dans le procédé Bessemer. La fonte blanche se prête à la production de la fonte malléable, de l'acier boursouflé et des forgés, ainsi qu'à la fabrication de l'acier Siemens-Martin.

Le fer d'acier et les forgés sont fabriqués d'après la méthode Lancashire.

Klosters Aktiebolag. — Minerais, fonte, fer et acier Bessemer.

Larsbo-Norns Aktiebolag. — Minerais de fer de Spetal, Allmänningen, Granrot, Bispberg et Knapprora; fontes, laitiers, lopins, fer en barres; spécimens et produits d'acier Uchatius.

La production annuelle est ordinairement de 6,000 tonnes de fonte, 1,900 tonnes de fer en barres laminé, 1,400 de fer en barres martelé et 100 d'acier fondu.

Laxa Bruks Aktiebolag. — Minerais de fer de Dalkarlsberg, Striberg et Wiker (Norberg). Fontes, lopins, fer en barres.

Production en 1876, en fers en barres laminés, de toutes les dimensions, 3,542 tonnes; cette production a nécessité l'emploi de 4,166^{T}66 de minerais, 5,583^{T}33 de fonte; 34,000 mètres cubes de charbon de bois.

Lesjöfors Aktiebolag. — Minerais de fer de Persberg et de Langban avec des spécimens d'hausmannite employée pour la fonte au procédé Bessemer. Fontes, lingots d'acier Siemens-Martin; lopins, fer en barres laminé; fer et acier tordu, tourné, cassé; fleurets et massettes d'acier Martin; fils, clous, etc.

Un haut fourneau qui fonctionne depuis plus de 200 ans; le laminoir date de 1854; la fabrication du fil a commencé en 1860.

En 1876, on a employé 3,500 tonnes de minerai qui ont donné 1,429 tonnes de fonte et 230 tonnes de lingots Bessemer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici la production détaillée des deux usines de cette Société pendant la même année 1876:

Lopins	1.125	tonnes.
Fer en barres laminé	1.154,15	»
Anneaux de fil de fer.	312,50	»
Acier Bessemer et Siemens-Martin .	383,33	»
Fil de fer et d'acier.	708,33	»
Câbles métalliques.	112,50	»
Clous de fil de fer.	133	»
Objets de fonte.	96	»

Motala Mekaniska Verkstads Aktiebolag. — Importante Société. Les premières usines ont été fondées en 1824. En 1855, on a érigé un vaste établissement de constructions navales.

Elle possède:

1° L'établissement Motala, comprenant: 7 laminoirs, 12 fours à puddler, 19 fours à réchauffer, 6 cisailles, 2 machines à couper, 1 laminoir pour fer-carillon avec cisailles, 1 machine à cingler, 1 machine à poinçonner, 1 four Dank;

Une forge avec deux marteaux à vapeur, 3 fours à réchauffer;

Une aciérie avec 3 fours Siemens-Martin;

Une fonderie avec 4 fours à manche;

Cinq ateliers pour fabrication de machines, de roues, d'essieux, de chaudières, etc., etc.

Cet établissement est desservi par 4 roues hydrauliques d'une force totale de 428 chevaux, 8 turbines de 356 chevaux et 5 machines à vapeur de 100 chevaux.

On emploie le charbon de bois, le coke et la tourbe. Cette dernière alimente exclusivement les fourneaux Siemens-Lundin, qui sont pourvus de générateurs et de condensateurs à la surface pour purifier le gaz et recueillir le goudron. Ces fourneaux servent au puddlage, au corroyage et au coulage de l'acier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(procédé Siemens-Martin). La tourbe, d'excellente qualité, et donnant de 6 à 7 p. c. de cendres, vient de tourbières de 1^m78 à 4^m75 de puissance, situées sur les bords du lac Vetter.

2° Les ateliers et docks de Lindholmen, composés d'une fonderie avec 2 fours à manche pour fer, et 1 pour fondre le laiton et le bronze; un atelier de fabrication de machines et 2 autres ateliers pour chaudières, charpenterie, etc.

3° Les ateliers et dock de Norrköping; il y a 3 ateliers pour fabrication de machines, etc.

4° L'usine de Bångbro, contenant deux hauts fourneaux d'une capacité de 8,400 tonnes de fonte (deux autres hauts fourneaux de la même capacité sont en construction); — 2 convertisseurs Bessemer; — une fonderie avec fours à manche, etc.

Jusqu'à la fin de l'année 1875, la Compagnie avait fabriqué 400 bateaux à vapeur, dont 10 cuirassés, et environ 280 machines à vapeur avec chaudières.

Comme il vient d'être dit, on se sert de la tourbe pour le puddlage et pour les fours avec régénérateurs; on a essayé le four Danks, mais on a dû abandonner à cause de la difficulté qu'il y avait à exprimer suffisamment le laitier des grosses boules.

Nissafors Jernbruk. — Minerais magnétiques. — Fontes, laitiers, fers en barres.

Cette usine date de 1712; un haut fourneau à fonte pour affinage. — En 1876, on a consommé 4,800 mètres cubes de charbon de bois et 369 tonnes de fonte. On a produit 306 tonnes de fer en barres.

Ramnäs Bruks Aktiebolag.— Minerais de fer de Kolningsberg. Fontes, lopins, fer en barres laminé. Hauts fourneaux et laminoirs. Production annuelle, environ 4,650 tonnes de fonte et 5,350 tonnes de fer en barres laminé.

Stora Kopparbergs Bergslag. — Minerais de fer de Byberg,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Grâsberg, Tuna Hâstberg, Romme et Vintjern. — Hauts fourneaux à Åg et à Löfsjö. Fontes, laitiers, fer en barres.

Storfors Aktiebolag. — Minerais de fer de Persberg et de Kroppa. Fontes, fers, acier Bessemer.

Surahammars Bruks Aktiebolag. — Fer en barres, tôles de fer; essieux et roues pour wagons de chemin de fer.

L'affinage de la fonte s'opère par le puddlage au bois et à la tourbe; le bois est du pin séché à l'air; on en consomme environ 6 mètres cubes par tonne de fer puddlé; on employait la houille, mais on l'a abandonnée; le puddlage est fait aussi au gaz de tourbe avec régénérateur Siemens.

Production annuelle 1,000 tonnes de tôle, 1,100 tonnes de roues et essieux pour wagons de chemins de fer. Cette production a exigé 2,100 tonnes de fonte et 300 de lopins; 500 tonnes environ de bandages ont en outre été achetés pour la fabrication des roues.

Cette Société avait exposé un essieu de wagon qui, après avoir parcouru 419,109 kilomètres sur le chemin de fer, fut soumis à des essais de résistance, et supporta 26 ployages avant la rupture;

Un autre essieu n'ayant pas servi, et qui ne se rompit qu'au 25e ployage;

Un autre encore qui, après avoir parcouru 444,075 kilomètres, fut soumis à des épreuves de torsion jusqu'à 248° avant qu'il se produisît de faibles traces de criqûres.

Svartå-Jernbruk. — Minerais de fer, fontes, lopins, fer en barres, fil de fer. — Fer tordu, tiré en nœuds à froid.

En 1876, on a produit : 2,757T9 de fonte, 2,301 tonnes de lopins, 1,416T5 de fer en barres, fer-carillon, etc., et 30 tonnes de bouts de barres.

On a consommé 5,401T25 de minerais, 1,146T25 de castine, 34,072 mètres cubes de charbon de bois et 1,490 mètres cubes de houille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Söderfors Bruks Aktiebolag. — Minerais, fonte, lopins, fer en barres martelé, laminé; acier cémenté, fleurets, massettes et limes fabriqués du même acier; ancres pour vaisseaux, marteaux et enclumes.

Uddeholms Aktiebolag. — Minerais de fer de Persberg, Taberg, Nordmark et Finnmossen. Fontes, lingots produits d'après le procédé Martin; forgés de fer Lancashire; forgés Martin; fer en barres Lancashire pour clous à cheval; fleurets d'acier.

Le fer et l'acier fondus d'après le procédé Martin sont obtenus dans un four à régénérateur Siemens avec condensateur Lundin; les fours ne contiennent que 1,700 à 3,000 kil. Le combustible employé est le bois séché à l'air ou la tourbe, et on consomme de 5 à 7,5 mètres cubes de ces deux matières par tonne de lingots de fer fondu.

Uttersbergs Aktiebolag. — Minerais de fer, fontes, laitiers, lopins, fer en barres martelé.

En dehors de la belle exposition collective et des documents de l'Iernkontor, la Suède ne présentait rien de bien particulier; quelques sociétés avaient exposé séparément, mais leurs produits bien qu'étant également très-beaux ne fixaient pas l'attention d'une manière spéciale. Nous n'ajouterons donc que quelques mots :

Aktiebolaget-Atlas, Stockolm.

Société fondée en 1873; elle avait exposé des pièces de forge pour toitures; elle s'occupe du matériel fixe et roulant de chemins de fer, du matériel à l'usage militaire et des produits de fonderie de toute espèce.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1876, elle a employé : 5,208 tonnes de fer et autres métaux, 5,200 mètres cubes de bois et 5,000 tonnes de houille.

Aktiebolaget-Befors-Gullspang, Bofors.

Avait envoyé des minerais de Nora, de Karlskoga, des fontes, des fers en barres, des tôles, etc., le tout fabriqué au charbon de bois.

Voici une analyse du minerai de Karlskoga (Orebro) :

Oxyde de fer magnétique	81,67
Protoxyde de manganèse	1,12
Magnésie	1,22
Chaux	4,93
Alumine	0,54
Silice	8,20
Acide phosphorique	0,015

En 1876, la consommation de matériaux a été de : 6,555 tonnes de minerais à 51,68 p. c. en moyenne de fer; 1,188 tonnes de chaux et 17,782 mètres cubes de charbon de bois.

La production pendant la même année s'est élevée à 3,387 tonnes de fontes, 7,238 tonnes de lopins, 9,046 tonnes de fer en barres et fer-carillon, 515 tonnes de tôles, clous, etc.

Les échantillons exposés ne laissaient rien à désirer.

Lindberg, C. Carlsdahl, Kortfors.

Cette maison avait présenté des minerais de fer, des fontes, blanche, mi-blanche, grise et pour acier Bessemer, des spécimens de roues, de cassures, etc.

La production en 1876 a été de 2,740^{T}75 de fonte; on a con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sommé 5,253 tonnes de minerais et 17,502^{m3}5 de charbon de bois.

New Gallivara, Company limited.

Minerais de fer, fontes, aciers, clous très-beaux.

C'est l'usine la plus septentrionale de la Suède.

Après plusieurs années d'arrêt, on a recommencé à fabriquer de la fonte en 1874 et du fer en barres en 1875; la production en 1876 a été de 1,200 tonnes environ de fonte.

Sundström J. O., Charlottenberg.

Minerai de fer, fontes au bois, fer en barres laminé excellent, clous de fer très-beaux, fabriqués à la machine.

Cette usine fonctionne depuis 1862; elle a produit en 1876:

625 tonnes de clous pour rails.
1,167 » » ordinaires.
1,667 » de fer en barres.

On a consommé pendant la même année :

6,667 tonnes de minerais.
4,167 » de fonte.
22,440 mètres cubes de charbon de bois.
8,352 » de houille.
5,431 » de coke.
68,725 » de tourbe.
4,167 tonnes de brande-scie.

L'affinage de la fonte est opéré d'après la méthode Lan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cashire. Pour l'étirage du fer, on emploie le four Lundin, que l'on chauffe avec de la tourbe et de la brande-scie; on se sert aussi de fours Wennstrom, chauffés au bois et à la houille.

Les minerais que l'on traite aux hauts fourneaux, viennent des mines de Fèmansberg, de Malnhijd et de Vilres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NORWÉGE

Ce pays n'est qu'un très-petit producteur de fonte et de fer, et nous l'aurions passé sous silence, si nous n'avions rencontré dans cette section un exposant qui avait envoyé au Champ-de-Mars des produits qui méritaient de fixer l'attention.

L'introduction de la fabrication de la fonte et du fer en Norwége, n'est pas de date récente; en 1781 déjà, la production s'élevait à 8,000 tonnes de fer brut ou de fonte; au commencement du XIX^e^ siècle, elle fléchit assez sensiblement; de 1813 à 1817, elle n'atteignit en moyenne que 3,500 tonnes par année. Il y eut plus tard reprise sensible, car de 1841 à 1854, elle arriva à 10,000 tonnes annuellement; mais de 1866 à 1870, une nouvelle réduction la ramena à 5,300 tonnes par année et même à 1,970 tonnes en moyenne seulement de 1871 à 1875.

Les minerais magnétiques, fers oxydulés et hématites sont assez abondants et de bonne qualité sur les côtes de Nedenaes et de Bamble; on les rencontre surtout dans des filons; l'ensemble des gisements constitue une zone assez étroite qui longe la mer.

Les minerais des environs d'Arendal sont toujours du fer oxydulé, magnétique; ils se présentent en amas plus ou moins aplatis; ce sont les gisements les plus importants de la Norwége; ils sont enclavés dans des couches de gneiss et ont une épaisseur variant de 3 à 9 mètres.

On les traite au charbon de bois, parce que le charbon de terre est rare; on ne rencontre en effet de la houille que dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la Norwége septentrionale, dans l'île la plus septentrionale du groupe de Lofoten Ando, un peu au-dessus du 69° de latitude; on y a trouvé, dans un terrain sablonneux, quelques couches de houille peu riches, qui n'ont pas grande importance au point de vue de l'exploitation.

La plus forte partie des minerais de fer retirés des mines, est exportée.

Voici pour 1851 à 1875 les quantités de minerais de fer extraites, et le tonnage des fers fabriqués :

TONNES DE	PRODUCTION MOYENNE PAR ANNÉE.				
	1851 à 1855	1856 à 1860	1861 à 1865	1866 à 1870	1871 à 1875
Minerais de fer . .	23.360	21.950	24.495	20.235	28.235
Fers	7.110	6.745	8.850	2.605	1.680

La consommation annuelle de fer a été en moyenne pour les années 1871 à 1875, de 33,000 tonnes ou de 18k7 par habitant.

La seule exhibition un peu importante de produits métallurgiques de ce pays, avait été faite par :

MM. Aall et fils, Jacob,

PROPRIÉTAIRES DES USINES DE NAES, PRÈS DE TVEDESTRAND.

Ces messieurs avaient exposé des minerais de fer, des laitiers de hauts fourneaux, des fontes, des fers en massiaux et en barres, de l'acier poule, de l'acier fondu en lingots et en barres,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'acier corroyé, des canons en acier fondu, des limes, des haches et autres outils en acier fondu au creuset.

L'usine de Naes, fondée depuis très-longtemps, reçut en 1665 ses premiers priviléges royaux; en 1799, elle fut achetée par le père du possesseur actuel, Jacob Aall.

Cette usine ayant traité, dès l'origine, des minerais très-purs, et n'ayant employé que du charbon de bois, obtint des fontes et des fers d'excellente qualité qui furent bientôt avantageusement connus en Suède et en Norwége; en 1859, elle commença à livrer des aciers dont le mérite vint encore augmenter la bonne réputation de la fabrique.

Les minerais de fer que l'on travaille dans cette usine, sont des magnétites provenant des gîtes de Stolberg, Langsev et Naes; ils sont excessivement purs, ne contiennent que des traces de soufre et de phosphore. Le minerai est grillé avant de passer aux hauts fourneaux qui sont de dimensions moyennes.

Le meilleur de ces minerais paraît être celui de Stolberg qui contient 90 p. c. d'oxyde magnétique pour ainsi dire sans gangue, et qui accompagne une sorte de syénite; c'est du fer oxydulé peu micacé et peu pyriteux. Le gîte Langsev forme une lentille assez régulière de fer oxydulé de 6 à 7 mètres de puissance, donnant accidentellement un peu de pyrite de cuivre et de fer; la gangue est à grenats. Tous ces minerais sont très-fusibles, à grains un peu gros ou à texture lamelleuse.

Le combustible est le charbon de bois que l'on prépare dans les forêts de la propriété, laquelle, avec ses dépendances, occupe une superficie d'environ 250 kilomètres carrés dont la plus grande partie est boisée.

On produit de la fonte rayonnée blanche dont on fait des aciers, et aussi de la fonte grise que l'on emploie pour les moulages.

MM. Aall ne vendent ni minerai de fer, ni fonte; ils em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ploient tout dans leur usine pour la fabrication des fers et des aciers.

Le fer est obtenu par la méthode dite Lancashire; on en fait de l'acier cémenté d'excellente qualité par la méthode anglaise; les fours de cémentation sont à deux caisses; les fours à creusets contiennent chacun quatre de ces appareils. Ces aciers sont battus et non laminés; ils sont recherchés en Allemagne, et en Norwége; depuis quelques années, on en vend assez bien en Belgique pour le service des mines, etc., et on paraît généralement en être satisfait.

Voici un extrait d'une note rédigée pour MM. Aall, par M. Domanski, ingénieur à Liége, représentant de ces messieurs en Belgique :

« Comme conséquence de la grande pureté des minerais employés, les fers obtenus se distinguent par une grande ténacité et une élasticité extrême. L'allongement va jusqu'à 50 p. c. avant la rupture. On en fait des nœuds à froid, sans la moindre gerçure.

» Ce fer convient particulièrement pour la fabrication des aciers fins, du fil à cardes, des boulons de blindage, des ailettes de broches et en général pour toutes les pièces très-difficiles à forger, et pour celles où l'on cherche la sécurité à tout prix, comme, par exemple, pour les pattes d'attache des cages d'extraction, boulons de blindage, etc.

» MM. Jacob Aall produisent tous leurs aciers par voie de cémentation.

» Ils ont exposé d'abord huit échantillons d'acier poule, c'est-à-dire, de l'acier tel qu'il sort des fours de cémentation, à divers degrés de carburation, en barres d'environ $0^{mm}75$ de largeur sur $0^{mm}15$ d'épaisseur.

» Avec ces aciers poule, ils fabriquent leurs aciers corroyés et fondus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» L'acier poule bien forgé et battu donne de l'acier corroyé qui est soudable et qui convient pour tous les outils où une grande homogénéité n'est pas indispensable, et pour tous les usages où l'on doit souder de l'acier sur du fer.

» L'acier poule cassé en petits morceaux, trié soigneusement d'après la proportion de carbone, fondu au creuset et ensuite forgé en barres, constitue l'acier fondu pour outils.

» MM. Aall fabriquent l'acier fondu en neuf numéros qui ne diffèrent que par la quantité de carbone et, par suite, par la trempe.

» Le grand secret dans la fabrication d'acier fondu et dans son emploi, c'est d'abord d'avoir du fer le plus pur possible et ensuite de ne lui donner qu'autant de carbone qu'il faut, pour qu'il ne soit ni trop dur, ni trop tendre. Les aciers qui doivent, par exemple, résister aux grands chocs, comme bouterolles de chaudronniers, marteaux, etc., doivent contenir peu de carbone, autrement ils seraient trop durs et par là cassants. Par contre, pour les rasoirs, on doit chercher des aciers contenant le plus de carbone possible, car ils n'ont pas de chocs à subir et leur vertu principale, c'est la dureté. »

MM. Jacob Aall et fils font leur acier fondu en neuf numéros ci-après avec l'indication de la quantité de carbone et des outils auxquels ils conviennent le mieux :

« *N° 0.* — Contient 0,3 à 0,4 p. c. de carbone, convient pour canons et pour pièces exigeant une grande force.

» *N° 1.* — Contient 0,45 à 0,55 p. c. de carbone. Cet acier se soude avec facilité et convient particulièrement pour bouterolles, marteaux, outils de forge, fleurets de mines, matrices pour fabrication de couverts, etc., ainsi que pour outils aciérés, tels que : outils de mineurs, dents de trépans, mises de marteaux, etc.

» *N° 2.* — Contient 0,60 à 0,65 p. c. de carbone. Il se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trempe un peu plus dur que le n° 1, et il convient à peu près pour les mêmes usages.

» *N° 3.* — Contient 0,70 à 0,75 p. c. de carbone. Pour tranches, poinçons, burins, mèches à percer, lames de cisailles, fraises, tarauds, coussinets, fleurets de mines, outils de clouteries, etc. Cet acier peut encore se souder avec soins et précautions.

» *N° 4.* — Contient 0,80 à 0,85 p. c. de carbone. Il est un peu plus dur que le précédent et il sert pour les mêmes usages.

» *N° 5.* — Contient 0,90 à 0,95 p. c. de carbone. Pour outils de tours.

» *N° 6.* — Contient 1,00 à 1,05 p. c. de carbone. Pour outils de tours, pour ciseaux de tailleurs de limes, pour coutelleries fines, etc.

» *N° 8.* — Contient 1,10 à 1,20 p. c. de carbone. Pour marteaux de rhabillage de meules, pour tourner les bandages de roues en aciers, etc.

» *N° 10.* — Contient 1,25 à 1,50 p. c. de carbone. Pour rasoirs, pour tourner la fonte trempée, et en général pour tous les outils où une dureté excessive est nécessaire.

» Ce numéro contient le plus de carbone qu'on puisse mettre dans l'acier ; on ne peut donc pas avoir d'acier fondu plus dur. »

MM. Aall recommandent de forger leur acier au *rouge clair* ; ils disent que leur acier peut supporter, sans être brûlé, une température plus haute que les aciers anglais.

L'acier n° 1 se soude parfaitement, soit avec lui-même, soit avec du fer, sans perdre aucune de ses qualités. On trempe cet acier comme tous les aciers de qualité supérieure ; seulement, il est bon de le faire dans l'eau *tiède*, surtout pour les n^{os} 2 à 10. Si l'on veut cependant tremper le n° 1 bien dur, il faut le chauffer au *rouge clair* et le tremper dans de l'eau *froide*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces messieurs fabriquent aussi de l'*acier étoffé,* qui est de l'acier fondu soudé sur du fer (1/2 acier et 1/2 fer dans l'épaisseur des barres) pour couteaux de machines à raboter le bois, fers à moulures, matrices, etc.

Ils produisent aussi des projectiles et des canons en acier fondu ; ils fournissent depuis longtemps à la fabrique d'armes de Kongsberg.

Dans leur étalage à Paris, on remarquait des outils très-bien finis, tels que : limes, haches, lames de hache-pailles, couteaux de machine à raboter le bois, marteaux, etc., le tout en acier ; il y avait aussi un canon de campagne, système Armstrong, et un canon pour la chasse à la baleine, également en acier fondu.

Pour donner une idée de la qualité de leurs canons en acier, nous transcrirons ici deux extraits de rapports officiels d'expériences faites en Norwége et signés conformes par M. J. M. Fougner, lieutenant d'artillerie en premier.

1° *Expériences exécutées sur un canon d'essai de* 3 *pouces, en novembre 1870.*

Ce canon en acier était pourvu d'un cerclage en fer forgé sur une partie de sa longueur ; son poids total était de 600 kilogrammes ; le diamètre de l'âme $95^{mm}85$.

Ce canon a été soumis aux expériences suivantes : deux premiers coups avant rayure, avec une charge de $1^{k}68$, et un boulet cylindrique de 13 kil. ; tous les autres coups indiqués dans le tableau ont été tirés après que l'on eût rayé le tube.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMBRE DE COUPS.	CHARGE DE POUDRE.	BOULET. — POIDS.
2	1,50	Cylindrique à tenons de 8k5.
2	1,37	Id. 8k5.
1	1,37	Id. 6k5.
1000	1,12	Ogival de 6k5 à 1k25.
70	1,12	Boulets de 13 à 52 kilogrammes.
10	1,12	Id. 58k5.
7	1,25	Id. 13 à 52 kilogrammes.
10	1,25	Id. 58k5.
7	1,50	Id. 13 à 52 kilogrammes.
10	1,50	Id. 58k5.
7	1,75	Id. 13 à 52 kilogrammes.
8	1,75	Id. 58k5.

Après le 8me coup de tir avec la charge de 1k75 et les projectiles de 58k5, on a trouvé le canon en acier crevé depuis la partie non rayée de la chambre jusqu'à la bouche.

Après les 1,000 coups à la charge ordinaire, on a constaté que l'accroissement de diamètre dans l'âme n'atteignait pas le maximum de la tolérance fixée pour le forage de l'âme, et que des petites stries longitudinales s'étaient produites à l'emplacement du projectile, surtout au fond des rayures profondes près des parois talons.

Après les 103 premiers coups de l'épreuve à outrance, l'accroissement de diamètre dans l'âme a été trouvé :

Dans la partie non rayée de la chambre, jusqu'à. . . . . 0mm094.
Autour de l'emplacement du projectile ordinaire . . . . . 0mm157.
Dans la partie antérieure de l'âme, où les cylindres sans tenons avaient frotté contre les cloisons avec leur dure surface. . . . . 0mm690.

Après ces 103 coups, les stries ou brûlures du métal étaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus prononcées, mais leur profondeur ne dépassait pas $0^{mm}3$. Dans la partie non rayée de la chambre, nulle dégradation ne fut constatée.

Lorsqu'au 129me coup, le canon fut mis hors de service, ce n'était point parce que les parties du canon se détachaient, mais bien par suite de la rupture longitudinale de la partie rayée du canon en acier.

2° *Expériences exécutées sur un canon d'essai de 2 1/2 pouces de montagne.*

Ce canon en acier était muni d'une frette-tourillon; son poids était de $173^{k}8$, et le diamètre de l'âme de $76^{mm}4$.

Première série d'expériences pour déterminer les tables de tir :

PROJECTILES. — POIDS.	NOMBRE DE COUPS POUR UNE CHARGE DE POUDRE DE					NOMBRE TOTAL DE COUPS.
	$0^{k}75$	$0^{k}50$	$0^{k}40$	$0^{k}25$	$0^{k}12$	
Obus de $2^{k}8$ . . .	»	»	130	60	60	250
Obus à balles de 4 kil.	5	»	5	»	»	10
Mitraille de 3 kil. .	»	60	»	»	»	60
						320

La visite de la pièce après ce tir ne fit voir aucun accroissement de diamètre dans l'âme, ni d'autres dégradations.

Une épreuve à outrance fut ensuite exécutée conformément aux tableaux suivants :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROJECTILES.		POIDS correspondant.	CHARGES DE POUDRE.			
Cylindres à tenons de 3k.6.	Boulets sphériques de 3 kil.	Kilogrammes.	0k.40.	0k.65.	0k.90.	1k.24.
			Coups.	Coups.	Coups.	Coups.
1	2	6,6	10	1	1	1
1	4	9,6	10	1	1	1
1	6	12,6	10	1	1	1
1	8	15,6	10	1	1	1
1	10	18,6	10	1	1	1
1	11	20,0	"	"	"	10
1	12	21,5	10	1	10	"
1	13	23,0	"	10	"	"
1	14	24,5	10	"	"	"

Le canon ayant supporté cette épreuve, un nouveau tir fut ordonné.

Dans ce tir, on devait se servir d'une charge de poudre de 1k24 et de projectiles cylindriques, dont l'un avec tenons; voici les résultats :

CYLINDRES DE 3k6.		POIDS CORRESPONDANTS.	CHARGE DE POUDRE DE 1k25.
1 avec tenons.	1 sans tenons.	7,2 kilogr.	1 coup.
1 id.	2 id.	10,3 id.	1 id.
1 id.	3 id.	14,4 id.	1 id.
1 id.	4 id.	18,0 id.	1 id.
1 id.	5 id.	21,5 id.	1 id.
1 id.	6 id.	25,3 id.	10 coups.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Entre chaque cylindre on avait interposé un disque de bois de $15^{mm}6$ d'épaisseur; avec sept cylindres, l'âme était toute remplie. Le canon résista aussi à cette épreuve.

Au commencement de l'épreuve à outrance, le canon était monté sur un affût d'essai en bois; mais celui-ci ayant été détruit par le tir, le canon fut placé par terre.

L'épreuve finie, la visite fit constater un accroissement de diamètre dans l'âme jusqu'à $0^{mm}126$; l'élargissement était le moins considérable dans la chambre et vers la bouche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ESPAGNE

L'Espagne est l'un des pays d'Europe les plus riches en minerais; on y trouve des gisements importants de minerais de fer, de plomb, de mercure, d'argent, de cuivre, de zinc, etc.

L'industrie minière était déjà très-florissante sous les Romains et sous les Maures; mais lors de la découverte de l'Amérique, les souverains espagnols interdirent pour ainsi dire l'exploitation des mines métalliques en Espagne, afin de favoriser le développement des richesses reconnues dans le Nouveau-Monde; ils ne permirent de travailler qu'aux mines de mercure d'Almaden qui envoyaient ce métal en Amérique pour le traitement des minerais d'or et d'argent. Pendant une longue période, les richesses minérales de la péninsule ibérique furent donc condamnées à rester enfouies en terre.

Ce n'est qu'en 1820 que l'interdit fut levé; à partir de cette époque commença une nouvelle vie pour ce pays; chacun eut la faculté de mettre à fruit les mines découvertes; aussi, de nombreuses demandes en concession furent-elles produites et le gouvernement s'empressa de les accueillir.

Mais la nation qui avait perdu depuis longtemps l'habitude du travail des mines, qui était épuisée moralement et financièrement, ne put, dans la mise à fruit des concessions, déployer l'ardeur et l'activité que comportaient les puissants gîtes métallifères qu'elle avait à sa disposition; les voies de communication convenables et les hommes techniques capables faisaient en outre défaut; aussi, le développement de l'industrie minière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et métallurgique, surtout en ce qui concerne la houille et la production du fer, est-il loin d'avoir suivi la progression rapide que les autres pays miniers ont présentée depuis un demi-siècle.

Nous n'avons à nous occuper ici que du fer et incidemment du charbon qui est le pain de cette industrie.

L'Espagne possède plusieurs bassins houillers dont l'ensemble paraît comporter une étendue superficielle de près de 910,000 hectares; mais la richesse en combustible des divers bassins est loin d'être la même, et la qualité du charbon est souvent médiocre, à cause de la forte proportion de soufre qu'il renferme; aussi l'exploitation de la houille n'occupe-t-elle, comme importance, qu'une place secondaire dans l'industrie du pays.

Les principaux bassins sont ceux dits des Asturies, de Belmez-Espiel, de Palencia et Léon; mais le pays doit encore recevoir pour ses besoins, une quantité de houilles étrangères supérieure à celle que fournissent ses mines en activité, car bon nombre de ces dernières ne produisent que de très-faibles quantités de combustible.

Dans plusieurs localités du pays, on exploite du lignite, et dans d'autres un peu de tourbe.

Nous signalerons encore la découverte faite tout récemment par un ingénieur belge, M. A. Massart, de Liége, d'un nouveau bassin houiller à Puertollano, près de Ciudad-Réal; M. H. Roux, marquis d'Escombrera, banquier à Marseille, très-connu en Espagne par les nombreuses affaires de mines métalliques, d'usines à plomb et à argent qu'il y a créées, a fait exécuter dans ce bassin des sondages qui ont établi l'existence d'un dépôt de houille assez important; un premier puits a été creusé, et, à 50 mètres environ de profondeur, on a recoupé une couche de $2^{m}50$ de puissance en charbon de très-bonne qualité, dégageant beaucoup de gaz à la distil-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lation ; cette couche se présente dans une position à peu près horizontale et va être mise en exploitation régulière. Cette découverte est d'une grande importance pour la province de Ciudad-Réal qui possède de nombreux gisements de minerais de plomb et de fer ; si comme plusieurs indices le font supposer, ce bassin de charbon a une certaine étendue et ne s'amincit pas trop vers les bords, on verra bientôt d'autres Compagnies se mettre à l'œuvre ; par suite de la grande puissance de la couche et de la faible profondeur des puits à creuser, il sera possible d'amener au jour à un prix avantageux des quantités assez importantes de houille.

Les gîtes de minerais de fer sont très-abondants en Espagne et on en rencontre d'une grande puissance ; on trouve :

Des hématites brunes fort belles, dans les Asturies, dans les environs d'Oviedo, de Mierès, de Muno, de Langreo, Murcie, Almeria, Malaga, d'Ollargau, de Guipuzcoa, etc. Ces minerais ont en moyenne de 42 à 57 p. c. de fer ;

Des oligistes et des hématites rouges, à Ponferrada, à Magdelana, Léon, Savero, Villafranca, etc. Ces minerais sont surtout traités par la méthode catalane ;

Des minerais magnétiques, à Marbella, dans la Galice, à Ogen, province de Malaga, etc.;

Des fers spathiques et des oligistes en Catalogne, Murcie, Alméria, Malaga, Irun, dans les provinces de Guipuzcoa, Léon, etc.

On rencontre aussi des minerais de fer dans l'Andalousie et l'Estramadure, mais ils sont peu exploités actuellement.

C'est surtout dans la Biscaye, aux environs de Bilbao, que l'exploitation du minerai de fer a pris un fort grand développement depuis quelques années ; à la suite de l'application du procédé Bessemer qui demande des fontes obtenues de minerais exempts surtout de phosphore et de soufre, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vallée de Somorrostro entre autres, dans laquelle se trouvent de grands gisements de minerais présentant ces conditions spéciales, a vu les mines s'ouvrir comme par enchantement. L'Angleterre, la France, la Belgique, l'Allemagne, l'Amérique même, plus ou moins dépourvues de minerais aussi bons, sont venues demander leur part de ces trésors, et on a vu le port de Bilbao acquérir une activité qui lui était inconnue jusqu'alors. Il en a été de même d'autres localités de la péninsule, notamment de Carthagène où l'on embarque aussi des minerais de toute première qualité, exploités dans des mines du midi.

Ce sont encore des étrangers, des Anglais, des Français et des Belges, qui sont venus apporter leurs capitaux et leur science pour mettre à fruit ces gisements dont on n'avait tiré qu'un très-petit parti jusque dans ces derniers temps; on pouvait voir à l'Exposition beaucoup d'échantillons de minerais de cette catégorie, et l'on remarquait spécialement l'étalage de la Société franco-belge dite de Somorrostro qui, outre des spécimens de ses mines, avait produit des plans, des vues coloriées de ses exploitations superficielles, qui donnaient une idée de l'importance de cette entreprise.

Nous ne nous étendrons pas beaucoup sur les mines de Somorrostro, parce que nous avons appris qu'un mémoire très-complet sur ces gisements sera publié par M. E. Bourson, ingénieur belge, dans la livraison de novembre et décembre 1878 de la *Revue universelle des mines,* éditée à Liége.

En résumé, les principaux centres d'exploitation du minerai de fer en Espagne, se trouvent dans les provinces de Biscaye, Oviedo, Santander, Guipuzcoa, Murcie, Navarre, Malaga, Almeria, Logrono, Séville, Badajoz, Tolède, Léon, Lugo, etc.

Comme ce pays est actuellement le grand magasin où beaucoup de fabricants de fonte à acier de France, d'Angleterre, de Belgique, vont puiser les minerais dont ils ont besoin, nous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

croyons utile de donner quelques chiffres qui se rapportent aux minerais de Guipuzcoa et de Navarre, de la Société anglaise à Irun, et qui sont publiés dans le *Berg- u. Hütten-Zeit.*, 1873.

Minerai de fer spathique.

	MINE DE SAN-CARLOS.				MINE ALBION.				MINE THREE CROWNS.
Fer	34,27	48,08	39,99	36,75	41,23	38,75	40,05	40,20	41,67
Manganèse . . .	1,82	2,54	3,99	6,05	2,77	3,72	3,77	4,00	3,70
Soufre.	0,09	0,06	0,03	0,04	0,15	1,39	0,27	0,64	0,05
Silice	»	9,80	5,48	6,87	7,88	»	3,44	»	5,02

Hématite brune.

	MINE DE SAN-CARLOS.				MINE ALBION.				MINE THREE CROWNS.	
Fer	48,53	50,42	26,16	16,67	53,24	54,20	47,66	52,70	56,04	44,15
Manganèse . . .	3,39	4,35	13,29	43,13	0,37	0,78	1,84	4,44	0,64	4,29
Soufre.	»	0,03	»	»	0,05	0,08	1,36	0,99	0,11	0,12
Silice	»	9,46	»	»	12,12	»	12,32	»	4,07	17,32

Fer spathique mélangé d'hématite brune.

	MINE DE SAN-BENITO.	
Fer	36,88	39,52
Manganèse	2,71	2,86
Soufre	0,06	0,06
Silice	40,53	13,65

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces minerais sont très-purs, propres à la fabrication de l'acier Bessemer; ils se présentent en filons; ce sont des fers spathiques dont les parties voisines de la surface ont été transformées en hématites brunes.

Nous ajouterons encore diverses analyses inédites de minerais de plusieurs grands centres producteurs de ce pays :

Hématites brunes.

MATIÈRES.	CARTHAGÈNE.			CIUDAD-REAL.		ESTRAMADURE.		SORIA.	PYRÉNÉES.
	Mine Inglesa.	Mine Corcho.	Mine Dificultad.	Puertollano.	Canada.	Cabeza. del Buey	Montemolin.		
Silice . . .	8,50	9,30	11,99	15,20	9,35	6,50	5,60	5,50	10,62
Eau . . .	11,30	12,40	10,21	10,84	11,22	10,32	4,22	3,64	9,44
Fer . . .	53,30	52,70	51,30	47,50	54,62	52,80	61,24	59,24	47,62
Oxygène . .	22,80	22,58	21,99	20,36	23,40	22,63	26,24	25,43	21,26
Chaux . .	1,07	»	0,50	»	0,80	traces.	3,84	2,17	2,16
Alumine . .	1,04	2,10	0,80	4,40	1,25	5,24	traces.	1,84	3,34
Soufre . .	1,20	traces.	1,34	»	traces.	»	»	»	1,32
Phosphore .	0,80	»	traces.	»	»	»	»	»	»
Cuivre . .	traces.	0,32	0,40	0,52	»	»	traces.	traces.	traces.
Zinc . . .	»	0,80	0,80	»	»	»	»	»	»
Plomb . .	»	»	0,67	»	»	traces.	»	»	1,82
TOTAUX. .	100,00	100,20	100,00	98,82	100,64	97,49	101,14	97,82	97,58

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES.	MINERAIS DE FER MANGANÉSIFÈRES.					MINERAIS MAGNÉTIQUES.		
	CARTHAGÈNE.			MURCIE.	ALMÉRIE	CARTHAGÈNE.	CIUDAD-REAL.	ESTRAMADURE.
	Mine Orcolana.	Mine Molinera.	Mine San-Isidoro.	Mazarron		Cabezo Sordo.	Villa Mayor.	Medellin.
Silice . . .	6,50	13,80	5,65	10,50	12,21	4,50	3,84	6,44
Eau . . .	14,48	12,50	14,80	12,85	11,52	2,80	traces.	2,17
Fer . .	33,50	37,80	27,50	41,25	48,64	59,60	63,17	59,80
Manganèse .	17,21	7,50	22,31	10,64	6,35	0,80	»	»
Oxygène . .	19,75	15,34	20,77	21,16	20,55	29,30	29,84	29,62
Soufre . .	1,32	0,80	0,62	1,20	0,20	1,64	»	traces.
Zinc . . .	0,57	2,31	indices.	»	»	»	»	»
Chaux . .	2,84	3,97	2,98	1,64	»	traces.	traces.	1,50
Alumine . .	3,20	5,00	4,80	0,50	0,65	0,50	2,23	traces.
Phosphore .	traces.	»	»	»	»	0,42	»	»
Cuivre . .	»	»	»	»	»	traces.	»	»
Plomb . .	»	»	»	»	»	»	»	»
TOTAUX. .	99,37	99,02	99,43	99,74	100,12	99,56	99,08	99,53

Les renseignements statistiques officiels pour les dernières années font défaut ou sont incomplets; nous avons pu cependant recueillir certaines données qui nous ont permis de dresser le tableau que nous transcrivons plus loin.

A la fin de 1869, la proportion pour cent des diverses concessions de matières et la proportion de la surface concédée étaient les suivantes :

CONCESSIONS DE	PROPORTIONS P. C. DE CONCESSIONS.	PROPORTIONS P. C. DE LA SURFACE CONCÉDÉE
Minerais de fer	9,80	12,64
Minerais métallifères autres que le fer . .	72,17	1,09
Combustibles	15,69	54,72
Autres substances	2,34	1,55

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il y avait à cette époque 7,040 concessions d'exploitation et de recherches, dont 3,184 productives; les 7,040 concessions mesuraient 130,330 hectares; pour les houillères comprises dans ces chiffres, la superficie moyenne par concession était de 90 hectares, et en tout de 25,537 hectares.

Bien que le minerai se trouve en abondance et qu'il y ait plusieurs bassins houillers en exploitation, la production de la fonte est relativement peu élevée; il existe encore bon nombre de hauts fourneaux au charbon de bois, notamment dans les provinces basques, de Tolède et dans l'Andalousie; dans les autres provinces, notamment dans les Asturies, on fait principalement usage du coke.

Pour les diverses causes qui ont été énoncées dans les lignes qui précèdent, et surtout par suite de la distance plus ou moins grande qui sépare les bassins houillers des gisements de minerais de fer les plus importants, l'industrie métallurgique a quelque peine à se développer ou à s'implanter dans ce pays; les Espagnols trouvent plus avantageux de vendre leurs bons minerais aux métallurgistes des pays producteurs de fonte mieux placés, au point de vue de l'approvisionnement du combustible minéral.

Le tableau ci-après indique la production des combustibles, des minerais de fer et des usines métallurgiques, et donne une idée de la marche de ces diverses branches de l'activité industrielle de l'Espagne :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tonnes métriques.

Années.	Production de		Importation de houille et de coke	Minerais de fer.		Production de		
	Houille.	Lignite.		Production	Exportation.	fontes.	fers.	aciers
1860	321.773	17.531	452.479	175.506	»	41.138		»
1861	331.055	22.292	417.350	130.259	»	34.532	32.817	444
1862	360.246	28.696	441.200	213.192	18.119	48.106	41.068	162
1863	401.300	50.303	388.700	222.676	52.486	11.570	53.026	188
1864	387.904	38.526	466.300	253.121	84.392	50.776	44.565	201
1865	461.396	34.359	394.806	191.684	51.900	49.533	42.298	301
1866	393.105	39.559	433.437	180.131	53.100	39.260	32.338	577
1867	511.550	37.640	428.811	254.481	60.419	41.934	35.637	331
1868	529.058	41.766	380.182	385.553	112.196	43.162	36.151	369
1869	550.388	39.420	432.730	311.345	133.035	44.486	35.626	247
1870	621.832	40.095	566.911	436.586	250.000	54.007	36.162	231
1871	589.707	43.824	534.897	585.762	391.436	53.606	42.528	217
1872	687.791	33.460	592.567	781.468	745.802	56.462	41.464	272
1873	658.744	20.938	619.248	811.926	800.381	42.825	32.154	216
1874	695.340	13.346	580.708	702.952	765.000	66.240	51.300	243
1875	628.810	25.689	704.287	896.528	1.230.700	67.800	52.100	239
1876	675.926	30.888	774.770	908.899	1.650.000	53.200	41.700	201
1877	699.500	28.550	837.053	1.162.170	875.800	52.700	33.125	184

Nota. — L'exportation du minerai de fer pour certaines années est supérieure aux chiffres de l'extraction ; cela tient à l'incertitude des renseignements recueillis par l'administration des mines, en ce qui concerne la production ; les chiffres de l'exportation étant relevés par la douane, paraissent devoir se rapprocher plus de la réalité ; cependant nous croyons savoir que les chiffres renseignés par les exportateurs, sont très-souvent inférieurs aux quantités chargées.

L'exposition de la section espagnole, classe 43, consistait principalement en minerais de toute espèce; il y avait un nombre considérable d'échantillons et nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Quant à la métallurgie du fer proprement dite, quelques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sociétés avaient envoyé de leurs produits ; mais plusieurs des étalages comprenaient principalement des applications ressortissant à d'autres classes. Nous ne passerons en revue que les exposants qui rentraient directement dans la catégorie des producteurs de fontes, de fer et d'aciers.

MM. Ybarra hermanos et C^ie^, à Baracaldo (Bilbao).

Cette Compagnie avait exposé divers objets en fer fondu moulé, des fers laminés de formes différentes, des aciers trempés et non trempés, des fers spongieux, des échantillons de fonte au coke et au charbon de bois, des minerais, etc., etc.

Les minerais de fer envoyés venaient des mines de Somorrostro, Miravilla, Allargan et Salta-Cabellos ; ils étaient de toute première qualité.

Les fontes au coke et au charbon de bois provenant de ces minerais, étaient naturellement très-bonnes ; on les emploie pour canons, projectiles, articles en fonte malléable ; on en fait aussi de l'acier puddlé et des fers de bonne qualité à grain et à nerf remarquables, des fers laminés en barres carrées, rondes et plates, des profilés, des poutrelles, fers à T, cornières, etc.

On remarquait entre autres : une verge en fer de 4^m^60 de longueur ; un rail vignole du poids de 35 kil. par mètre, ayant servi pendant huit ans sur la ligne du Chemin de fer du Nord de l'Espagne dans une courbe de 300 mètres de rayon, avec rampe de 15 millimètres, et qui n'était que légèrement altéré ; des pièces moulées, colonnes, cylindres, tuyaux, engrenages, plaques, vases, etc., nettes et bien réussies ; enfin un rail à ornière de 5 mètres de longueur pour tramway, d'un fini remarquable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On avait aussi exposé divers spécimens du travail par le procédé Chenot, éponges métalliques, fer forgé obtenus directement du minerai de Somorrostro; entre autres : quatre échantillons formés d'un morceau de minerai, dont un bout resté brut, le milieu converti en éponge et l'autre bout montrant une partie de l'éponge métallique forgée ; divers spécimens d'éponges comprimées en rondelles, etc.

C'est cette Compagnie qui, la première en Espagne, a installé le traitement par le procédé Chenot ; il avait été essayé sans succès pour la fabrication de l'acier par MM. Biourge et Puissant, à Charleroi (Belgique), il y a environ vingt-cinq ans; nous avons donc été assez surpris de le revoir à l'Exposition. Les éponges que la Société produit directement du minerai de Somorrostro, servent surtout à la fabrication des fers de qualité supérieure, des verges à clous de 4 à 6 millimètres de section, etc.

Le minerai mélangé avec de la houille et du fraisil est soumis à l'action d'une chaleur rouge, dans une cornue en briques réfractaires de 9 mètres de longueur, $0^{m}30$ environ de largeur et $1^{m}50$ de hauteur; on obtient dans cet appareil l'éponge proprement dite, que l'on convertit ensuite en fer dans des bas foyers, en se servant du charbon de bois comme combustible.

Le minerai que l'on emploie dans ce traitement est de l'hématite très-pure et très-tendre du bassin de Somorrostro; mais le prix de revient final de la tonne de fer est relativement assez élevé.

La réduction de l'éponge en fer affiné, occasionne une perte de métal assez considérable, car il paraît qu'il faut plus de 1,800 kil. d'éponge pour obtenir 1,000 kil. de fer; il est vrai qu'une grande partie du métal constituant la perte, a passé dans la scorie.

On avait espéré rendre le traitement plus facile en soumettant les éponges de fer à la compression, et ce sont des spécimens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comprimés que l'on avait envoyés à Paris; mais il semble que cela n'a pas fait diminuer sensiblement le prix de revient. Il est bien à craindre que l'application du procédé Chenot ne puisse prendre un peu de développement, même au centre du pays producteur du minerai le plus propre à subir ce traitement.

La Société Ybarra hermanos possède dans son usine, à Guriezo, le plus ancien haut fourneau qui ait été établi en Espagne et qui marche au bois; le haut fourneau dans son autre usine à Baracaldo est le plus grand de l'Espagne et peut produire 60 tonnes de fonte par jour.

Cette exposition était, en somme, assez remarquable.

Exposition de M. Guilhou.
Usines à fer de Mierès (Asturies).

L'exposition de M. Guilhou, faite avec goût, présentait une série d'échantillons de minerais de fer, de zinc, de mercure, etc., et des spécimens de fontes, de fers ébauchés, de fers laminés, etc.

Les produits de la métallurgie du fer provenaient de la fabrique de Mierès (Asturies), fondée en 1848 dans le village de Mierès; cette usine est la première qui, en Espagne, ait produit de la fonte au coke; depuis 1870, elle est la propriété de M. Guilhou.

Les minerais que l'on y traite, viennent des Asturies; ils se présentent généralement en couches de grande puissance; cependant on les trouve aussi en petits amas irréguliers dans le calcaire carbonifère et ils sont alors très-riches et purs; mais ces amas n'ont pas grande importance.

Voici l'analyse de divers échantillons des mines de :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	ASTURIES.				Oligiste oolithique de		Hématite rouge de	Hématites de	
	Boqueron.	Piquette.	Escamprero.	Naranco.	Aguilero.	Anzo.	Grandota.	San-Pedro.	San-Paulino
Oxyde de fer . . .	48,00	58,80	53,50	48,00	50,19	49,12	69,40	75,88	66,00
Silice	38,83	32,98	35,7	41,00	40,98	38,45	3,80	4,88	5,20
Alumine	5,30	6,00	6,50	5,00	4,97	3,20	1,80	1,68	1,00
Carbonate de chaux.	1,0	0,88	»	»	0,46	0,84	18,00	10,80	17,20
Manganèse . . .	0,20	0,20	0,25	»	»	»	»	»	»
Magnésie	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Soufre	0,34	»	0,26	0,08	»	»	»	»	»
Phosphore . . .	0,08	0,50	0,16	0,66	0,24	0,30	»	»	»
Oxyde de cuivre . .	0,20	0,20	0,22	0,30	»	»	»	»	»
Pertes	6,05	8,44	4,04	4,96	3,16	8,09	7,00	6,76	10,60

Les gisements d'hématites dont l'analyse est donnée dans ce tableau, sont généralement en petits amas d'une exploitation trop incertaine pour asseoir l'alimentation régulière des hauts fourneaux ; aussi, comme ces minerais sont très-riches et très-purs, on les réserve pour le puddlage.

Le combustible que l'on emploie dans les hauts fourneaux et les fours à puddler, vient des mines de houille en exploitation dans la vallée de Mierès ; elles donnent des houilles de qualités grasse, demi-grasse et maigre ; les hauts fourneaux marchent au coke.

Les fontes produites sont classées en 6 numéros ; celle que l'on obtient couramment est le n° 3 d'affinage dont voici la composition :

Carbone combiné	1,700 p. c.
Graphite	1,580 »
Silice	2,645 »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Phosphore	1,097	p. c.
Soufre	0,089	»
Fer	92,780	»
Pertes et traces d'arsenic	0,109	»

L'analyse du laitier a donné :

Silice	43,200	p. c.
Alumine	13,050	»
Chaux	38,513	»
Oxyde ferreux	0,941	»
Sulfure de calcium	2,038	»
Carbone	2,000	»
Traces de magnésie, de manganèse, de phosphore et pertes	0,258	»

La production annuelle est actuellement de :

Fontes	11,746	tonnes.
Fers puddlés	8,200	»
Fers corroyés	470	»
Fers fins	7,500	»

Parmi les objets exposés, on remarquait : des loupes martelées, des fers laminés de différentes dimensions, dont un fer à poutrelle de 0^m20 et de 7^m00 de long ; un feuillard de 0^m038 n° 18 calibre anglais de 68 mètres de long ; des fers laminés avec épreuves à chaud et à froid ; un fer carré fin grain de 0^m003 de côté, supportant à la traction constante une charge de 648 kil., soit 72 kil. par millimètre carré de section, et cassant sous une charge de 740 kil. ; un canal circulaire de 1 mètre de diamètre sans soudure, fait avec une tôle au coke de 0^m01 d'épaisseur ; un essieu en fer forgé doublé à froid au centre et aux deux tourillons ; un fer rond de 0^m085 percé à chaud d'un trou de 0^m110 de diamètre.

Tous les échantillons étaient très-beaux, et présentaient une grande ténacité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Juan J. Jauregui, à Zornoza (Bilbao).

Cet industriel avait exposé des éponges de fer brutes et comprimées, des fers laminés de toutes formes, des fers doux forgés, des aciers cémentés, etc.

Cette maison possède neuf fours Chenot et elle est réputée comme produisant le meilleur fer d'Espagne; elle applique la méthode de réduction directe, système Tourangin. On réduit tout en éponges que l'on passe au four catalan et que l'on forge ensuite; on consomme 200 de charbon de bois pour 100 de fer.

On avait exposé une grande quantité d'objets forgés bruts, permettant de se rendre compte de la belle qualité du fer.

La production annuelle est de 1,840 tonnes de fer doux, 50 tonnes de pièces en fonte moulée et 220 tonnes d'acier de cémentation.

Socios de Bolueta, à Begona (Biscaye).

Belle exposition de minerais, de fontes, de fers spéciaux pour lames de sabre, de fers divers, d'arbres de transmission en fer doux, etc.

Les minerais viennent des gîtes de Somorrostro, de Bilbao et sont traités dans trois hauts fourneaux au charbon de bois.

Les fontes obtenues sont recherchées en Espagne pour la fabrication des canons.

Parmi les objets exposés, on remarquait un arbre de transmission en fer doux de 0^m16 de diamètre et de 4^m31 de longueur, de forts jolis fers à cheval et des clous en fer bien finis.

Cette Société fabrique aussi des fers au moyen du gaz, par le procédé de M. Gurlt.

La production annuelle est de 6,600 tonnes de lingots gris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supérieurs, 3,800 de fers spéciaux laminés, 800 de pièces de fontes moulées, 250 de fers à cheval et 250 de clous pour ferrage des chevaux.

On pouvait encore signaler dans la section espagnole :

Les fers fondus de *M. Blandin y Carrese,* à Vera (Navarre), obtenus avec des minerais hématites, spathiques, oligistes et manganésifères traités au charbon de bois ;

Les fontes de la *Compagnie des mines et de la fonderie de Santander et Quiros*, à Barzona de Quiros (Oviedo), produites avec des minerais des mines Inagotable, Balnera, Sobia, traités au coke ;

Les fontes au coke de moulage et d'affinage et les fers laminés de la *Compagnie Duro à la Folguera* de Langano (Oviedo) ; cette Compagnie, qui possède plusieurs hauts fourneaux, produit annuellement 11,000 tonnes ; elle traite des hématites rouges et jaunes de diverses localités ; c'est une des usines les plus importantes d'Espagne. Ses fers profilés étaient fort bien réussis ;

Les fontes au coke, les fers, les limes de la fabrique nationale d'armes *de Trubia ;* il y avait entre autres des fers doubles T et des tubes en acier puddlé pour canons qui attiraient beaucoup l'attention ;

Les fontes au bois, fers et aciers ampolla et martelés de *Gotia et C^ie^*, à Tovia (Logroño) ; production annuelle 400 tonnes de fer ;

Les fers puddlés et les aciers de *MM. Heredia,* obtenus avec des minerais oxydés magnétiques de Marbella, des hématites douces manganésifères de Garrucha, des peroxydes de fer hydratés de Cartama, traités au charbon de bois ;

Les fers de *C. Martinez*, à Fornelos de Bollos (Orense), pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duits aux forges catalanes avec les minerais de la mine de San-Benito ;

Les fontes, fers bruts, puddlés, affinés, laminés de *Olachea et C^ie^*, à Bilbao (Biscaye), obtenus au charbon de bois ; production annuelle 30,000 toneladas de lingots, 1,800 d'éponges, 1,250 de pièces moulées et 1,300 de fers doux et aciers ;

Enfin, les minerais, fontes brutes au bois, fers puddlés de la Compagnie de *Minas del Pedroso*, à Cazalla de la Sierra.

Tous ces exposants avaient envoyé des spécimens remarquablement beaux ; mais il faut observer que la plupart étaient obtenus avec des minerais de toute première qualité, traités au charbon de bois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Ce grand pays n'avait presque rien exposé à Paris, dans la classe 43, fontes, fers et aciers; aussi, n'aurons-nous que peu de choses à dire, car il n'a été produit aucun document qui permît de donner sur l'état actuel et l'avenir de son industrie du fer, un renseignement nouveau et qui n'eût pas encore paru dans l'une ou l'autre des publications qui, depuis quelques années, se sont occupées de l'Amérique.

Nous ne pourrions que répéter ce qui est connu depuis longtemps, que l'Amérique du Nord possède des richesses immenses en houille et en minerai de fer, et qu'elle a développé sa métallurgie du fer, grâce surtout à cette barrière de droits protecteurs que l'on a établie depuis quelques années.

Pour ce qui est du combustible, c'est en 1793 que se forma la première compagnie pour l'exploitation de l'anthracite dans le riche bassin de Pensylvanie, et en 1820, que le charbon de terre parut sur les marchés américains; pendant cette même année, on commença l'extraction du charbon gras et, en 1842 seulement, celle des houilles demi-grasses. L'anthracite a été employé dans les hauts fourneaux à partir de 1829.

Le bassin d'anthracite de Pensylvanie produisait, à lui seul, il y a une dizaine d'années encore, plus que tous les autres bassins réunis du pays; ces derniers, et surtout celui d'Appalachian, qui est le plus important, ont progressé et, dès 1870, ils donnaient ensemble un peu plus que le bassin de Pensylvanie. Celui d'Appalachian a une superficie de 136,700 kilomètres carrés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que le bassin anthraciteux de Pensylvanie ne mesure que 918 kilomètres carrés; les gisements des autres centres comprennent ensemble environ 303,108 kilomètres carrés. Le bassin de Richemond contiendrait entre autres une couche de 10 à 12 mètres de puissance de charbon très-bitumineux, égalant la meilleure houille de Newcastle.

D'autres évaluations ont été produites et ne concordent guère entre elles; nous avons pris les données qui nous ont paru les plus raisonnables, d'après les récentes descriptions des divers bassins.

Comme terme de comparaison, nous citerons encore les chiffres ci-après donnés par M. P.-W. Scheafer :

SUPERFICIE DES CHAMPS HOUILLERS :

	Kilom. carrés.
Possessions anglaises	19,427
Iles Britanniques (Angleterre, Écosse, Irlande, pays de Galles)	13,932
Continent européen	9,195
États-Unis	508,103

La superficie charbonnière de l'Angleterre ne serait donc que 1/36e de celle des États-Unis.

Quant à la richesse en combustible, il faudrait que l'on connût beaucoup mieux la plupart des bassins d'Amérique pour pouvoir faire la comparaison avec l'Angleterre.

La quantité de charbon extrait aux États-Unis qui n'était en 1864 que de 21,726,800 tonnes métriques, s'est élevée à 50,747,000 en 1874 pour descendre un peu en 1875 et 1876. Ces chiffres donnent une idée suffisante du grand développement qu'a pris pendant ces dernières années, l'exploitation du combustible minéral dans ce pays.

La production a suivi une marche bien rapide si l'on part de son origine; en effet, en 1820, les États-Unis ne donnaient que 365 tonnes, soit une tonne par jour; en 1821, 1,073t; en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1828, déjà 77,516[t]; 1,098,570[t] en 1838; 5,775,960 en 1850, 15,099,182 en 1860; 36,035,658[t] en 1870; et comme nous l'avons dit plus haut, 50,747,000 en 1874.

Quant à l'importation de houille aux États-Unis, elle était de 22,122 tonnes en 1821, de 32,302 en 1828; d'environ 285,000 en 1838; de près de 900,000 en 1850, pour commencer à diminuer et arriver à 435,000 en 1860, à 465,000 en 1870 et à 449,000 en 1875.

Avant 1820, le combustible, pour ainsi dire uniquement employé aux États-Unis, était le bois.

Le minerai de fer existe aussi en fort grande quantité sur certains points; mais les qualités pures, exemptes de soufre et de phosphore, sont relativement peu abondantes; aussi, bon nombre de fabricants d'acier éloignés des bons gîtes, reçoivent-ils encore du continent européen une partie des fontes ou des minerais spéciaux dont ils ont besoin.

Les minerais, au point de vue des métallurgistes américains, sont classés comme suit d'après la qualité du fer qu'ils donnent :

1° *Le red-short,* à fer cassant à chaud ;

2° *Le cold-short,* à fer cassant à froid ;

3° *Le neutral,* à fer dont les propriétés sont intermédiaires.

Ces dénominations, trop générales ou même peu exactes, surtout pour le neutral, ne présentent plus le même intérêt depuis l'envahissement des aciers et des fers fondus.

Les qualités que l'on exploite sont entre autres :

Les minerais magnétiques — dans les États du Missouri, du Michigan (lac Supérieur), de Pensylvanie, de la Caroline du Sud, de New-Hampshire, de New-York (à Orange, Monroé et autres localités), etc.

On en rencontre de grandes concentrations dans le Missouri ; on trouve dans le mont Cornwal (comté de Labanon), au contact de roches vertes serpentineuses, une masse considérable de mi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nerai magnétique compacte rendant de 63 à 68 p. c.; il s'en présente aussi dans les montagnes d'Adirondack, près du lac de Champlain, et dans l'État de New-Jersey. Celui du lac Champlain est d'excellente qualité et très-riche; la mine de Sanford en donne dont la teneur s'élève à 65 p. c. de peroxyde de fer et 25 p. c. de protoxyde; celui de New-Jersey est souvent phosphoreux.

Le minerai du lac Supérieur est à gros et à fin grain; on l'exploite beaucoup dans le détroit de Marquette.

Le minerai magnétique généralement pur, de couleur grise, est employé à la fabrication de l'acier; son rendement au haut fourneau varie de 55 à 68 p. c.

Comme les mines du lac Supérieur sont appelées à se développer, puisqu'elles peuvent livrer en grande quantité le minerai propre à la fabrication de la fonte à acier, nous donnerons le relevé des exploitations pendant les années 1876 et 1877.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Minerai de fer exploité au lac Supérieur.

NOM DES MINES.	1876.	1877.	NOM DES MINES.	1876.	1877(1).
	Tonnes.	Tonnes.		Tonnes.	Tonnes.
			Report. .	955.854	902.585
Cleveland . . .	145.661	126.555	Shenango . . .	5.596	90
Republic	120.094	165.849	Bessemer. . . .	4.779	10.645
Lake-Superior . .	111.766	119.037	Humboldt . . .	3,333	16.940
Jackson	78.879	63.289	Excelsior. . . .	2.857	»
Michigamme . .	70.007	26,926	Wheeler	2.022	»
Champion . . .	66.002	70.833	Erie	1.058	»
New-York . . .	59.230	56.649	Nelson et Curry .	732	»
Saginaw	56.979	43.230	Grand Central . .	456	»
Rolling-Mill. . .	53.265	28.837	Foster	320	»
Barnum	37.632	37.505	Smith.	225	8.432
Winthrop . . .	27.236	10.799	Mitchell	»	8.807
Lake Angcline . .	22.539	19.111	South-Jackson . .	»	8.183
Salisbury . . .	20.315	37.659	Breen.	»	5.080
Spurr Mountain .	20.276	22.768	Wulcan	»	2.433
Edwards	19.330	8.782	Marquette . . .	»	1.658
Mc. Comber. . .	17.275	19.970	R.P. Travese quartz	»	1.281
Palmer	15.324	20.208	Carp. river quartz.	»	671
Keystone. . . .	7.715	14.496	Stewart	»	934
Cambria	6.329	10.082	Goodrich. . . .	»	503
A reporter. .	955.854	902.585	TOTAL GÉNÉRAL. .	977.232	968.242

Le minerai de fer spéculaire ou oligiste. — Il se présente en grandes masses près du lac Supérieur entre Marquette et Escouaba. On peut citer tout particulièrement le gîte *Iron-Mountain* (montagne de fer) dans l'État de Missouri, rendant

(1) En 1878, on a dépassé 1.167.000 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au haut fourneau 60 à 65 p. c. et qui constitue un amas considérable.

Ce minerai a une couleur assez variable, mais plus généralement gris d'acier.

Il existe d'autres gisements à quelque distance de l'Iron-Mountain, sur lesquels sont établies les exploitations dites Pilot-Knob, et dont le minerai est plus schisteux que celui de l'Iron-Mountain.

Voici l'analyse de deux échantillons de cette catégorie donnée dans le *Voyage en Amérique* de M. G. Schorn :

MATIÈRES.	GISEMENT DE	
	Iron-Mountain.	Pilot-Knob.
Fer	65,0	66,0
Oxygène	29,0	26,0
Silicium	3,5	5,0
Alumine	2,9	3,0

On trouve aussi de ce minerai à Piermont (État de New-Hampshire), dans les États de New-York, de Virginie, dans le Wisconsin, etc.

Les minerais limoneux ou hématites brunes. — Se montrent en Pensylvanie, en filons étendus; dans l'ouest de la Virginie, au lac Supérieur, dans les États de Vermont, de Massachussets, de New-York, dans le Kentucky, l'Alabama, etc.

Ils ne sont pas en aussi grande quantité que les variétés précédentes; ils accompagnent l'oligiste.

Ces minerais rendent au haut fourneau de 46 à 50 p. c.; ils contiennent souvent du manganèse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici diverses analyses d'hématites brunes que l'on exploite dans :

MATIÈRES.	LE TENNESSEE. Minerais de		L'ALABAMA. Minerais des environs d'Oxmor.		
	Welker-Redge.	Star-Mountain.			
			(1)	(1)	
Oxyde de fer	76,96	78,94	41,91	54,98	78,55
Alumine.	8,04	1,68	3,75	5,13	3,76
Calcaire.	1,09	»	0,68	1,03	0,68
Silice.	9,53	7,59	16,31	32,04	16,30
Phosphore	0,49	0,28	0,42	0,49	0,49
Magnésie	»	»	»	»	»
Manganèse	»	0,93	0,21	0,34	0,21
Soufre	»	0,04	traces	traces	traces
Eau	5,00	10,90	»	»	»

Les hématites rouges. — Existent en couches dans l'Alabama, le Tennessee, en Pensylvanie, etc.

Celles que l'on exploite dans ce dernier centre, ont beaucoup d'analogie avec les oligistes oolithiques de Belgique.

Voici deux analyses données par M. L. Bell dans la relation de son voyage en Amérique en 1876; nous y ajoutons l'analyse d'une hématite rouge de Gee's Creek (Staar-Mountain) :

(1) Fer métallique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES.	Analyses données par M. Bell.		STAR-MOUNTAIN. Minerai de Gee's Creek.
Silice	18,00	9,00	0,83
Peroxyde de fer	77,50	50,00	88,47
Chaux	2,00	35,00	traces
Alumine	1,50	3,30	»
Magnésie	0,50	»	traces
Acide phosphorique	0,50	0,67	traces
Soufre	»	»	0,09
Eau et pertes.	»	2,03	10,81

Les minerais de cette espèce de l'Alabama sont moins phosphoreux que ceux dont l'analyse a été produite par M. Bell, et contiennent du manganèse.

Nous inscrirons encore les chiffres suivants fournis par M. Hugo Haremann :

MATIÈRES.	Hématite rouge dans le Tennessee		
	à 8 milles au sud-est d'Athènes.		sur l'Estanella.
Fer métallique	56,65	60,21	56,58
Oxygène combiné	24,27	25,80	24,24
Soufre	0,09	0,09	0,04
Phosphore	0,52	0,72	0,63
Silice	9,64	11,82	18,03
Eau.	7,85	1,02	1,10

Les minerais Black-band (minerais des houillères). — On en rencontre dans la Virginie, la vallée de Tuscarawas, l'Ohio,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la Pensylvanie, l'Alabama, le Kentucky, l'Indiana, le Michigan, etc.

Ils renferment un peu de manganèse et des matières charbonneuses; on les traite rarement seuls.

Leur rendement au haut fourneau est en moyenne de 36 p. c. de fonte.

Les minerais de fer argileux. — Sont exploités près de Charleston, sur l'Ohio, etc.

Les minerais de fer spathiques. — Se présentent dans le Missouri, le Connecticut, l'État de New-York, la Caroline du Nord, la Pensylvanie, etc.

Ils rendent de 42 à 49 p. c. de fonte au haut fourneau.

Enfin, *les minerais des marais* abondent dans les États de New-Hampshire, de Massachussets, de New-York, du Michigan, etc.; on les employait déjà en 1702 dans un haut fourneau du Massachussets.

Il y a encore une variété que l'on a rencontrée près de New-Jersey et qui est composée de fer, de zinc et de manganèse; c'est un mélange de franklinite, de willémite manganésifère et de brucite.

Voici quelques analyses que nous avons eu occasion de faire de plusieurs échantillons de ce minerai et qui donnent la proportion de divers métaux :

MATIÈRES.	MINERAIS DE NEW-JERSEY.				
	1.	2.	3.	4.	5.
Fer	22,66	19,75	30,01	34,69	24,62
Zinc	27,30	34,52	34,00	22,15	30,91
Manganèse	11,32	13,95	14,02	13,88	12,04

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le n° 1 était un mélange intime de grains de franklinite et de willémite, avec peu de brucite.

Le n° 2 était formé de parties à peu près égales de franklinite, de willémite et de brucite.

Le n° 3 consistait en franklinite avec peu de brucite et de willémite.

Le n° 4 était de la franklinite avec peu de willémite.

Le n° 5 contenait de la franklinite et de la willémite avec peu de brucite.

D'après les renseignements qui nous ont été donnés par le directeur de la Société qui traite ces minerais à New-Jersey, les proportions de ces diverses qualités dans la masse du gîte seraient à peu près les suivantes :

11,5	p. c. du	n° 1;
25,5	»	n° 2;
17,0	»	n° 3;
11,5	»	n° 4;
34,5	»	n° 5.

En tenant compte de ces proportions, nous arriverions à une teneur moyenne de :

Fer,	24,82 p. c.;
Zinc,	30,92 p. c. ou 38,52 p. c. d'oxyde de zinc;
Manganèse,	13,05 p. c.

Ces minerais sont traités pour en retirer d'abord le zinc à l'état d'oxyde; le résidu contenant le fer et le manganèse, est ensuite réduit dans des hauts fourneaux et donne de la fonte spiegeleisen très-bonne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La production totale de minerais de fer aux États-Unis est difficile à déterminer faute de renseignements statistiques complets ; on l'évalue cependant à 4,200,000 tonnes environ actuellement.

Le fer a été produit depuis longtemps aux États-Unis ; dès 1715 il était fabriqué en Virginie, et cette industrie ne se développa, pour ainsi dire, qu'au commencement du XIX^e^ siècle ; le gouvernement américain avait pendant longtemps enrayé cette fabrication, sous l'influence des producteurs anglais qui avaient intérêt à conserver ce débouché. Mais depuis quelques années, cette industrie a pris beaucoup d'extension, et actuellement, le pays n'est plus tributaire de l'étranger pour ses fontes et ses fers.

Bon nombre de hauts fourneaux des États-Unis ne peuvent traiter que des minerais ordinaires plus ou moins phosphoreux ; leurs fontes ne sont donc en général pas meilleures que celles produites sur notre continent ; à moins que l'on n'arrive à trouver un moyen économique de les déphosphorer dans la fabrication de l'acier, elles ne viendront probablement pas encore de sitôt, comme on l'a craint récemment, en quantité un peu importante sur les marchés européens.

Voici le nombre total des hauts fourneaux aux États-Unis pendant les sept dernières années, ainsi que le nombre de ces appareils tenus en feu :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANNÉES.	NOMBRE DE HAUTS FOURNEAUX.	
	Construits.	En feu.
1872	612	487
1873	657	413
1874	693	365
1875	713	293
1876	714	236
1877	716	270
1878	692	265

Si le nombre de hauts fourneaux s'est accru sensiblement, il en est par contre beaucoup qui ont dû rester inactifs.

Ces chiffres mis en regard de ceux que nous donnons plus loin, montrent bien que si la production a augmenté depuis dix ans, de manière à ce que le continent européen voie aujourd'hui ce marché lui échapper, les métallurgistes américains n'ont pas tous fait des affaires brillantes, malgré les droits protecteurs, puisqu'un peu plus du tiers seulement des hauts fourneaux a pu être maintenu en activité pendant les années 1876 et 1877; si l'on en croit les bulletins financiers d'outre-mer, la situation de cette industrie ne serait pas actuellement plus brillante qu'elle ne l'est sur notre continent.

Les principaux centres de production de la fonte sont les États :

De Pensylvanie où, en 1877, il y avait 279 hauts fourneaux établis; — de l'Ohio, avec 99 hauts fourneaux; — de New-York, avec 57; — de Michigan et de Virginia, chacun avec 34 hauts fourneaux; — de Missouri, avec 19, etc.

Pendant cette même année de 1877, la production de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonte, d'après la nature du combustible employé, s'est répartie comme suit aux États-Unis :

HAUTS FOURNEAUX.	NOMBRE DE HAUTS FOURNEAUX.			FONTE PRODUITE EN 1877.
	En feu.	Éteints.	Totaux.	
A l'anthracite	103	128	231	934.797 t.
Au charbon de bois	79	193	272	317.843
A la houille et au coke. . . .	88	125	213	1.061.945
TOTAUX. . .	270	446	716	2.314.585

En 1878, la production de la fonte a été d'environ :

A l'anthracite	1,031,233 tonnes.
Au charbon de bois	266,113 »
A la houille et au coke	1,080,320 »
TOTAL. . .	2,377,666 tonnes.

Les hauts fourneaux à l'anthracite se trouvent principalement en Pensylvanie, dans le Lehigh, le Schuyl Kill, le Susquehannah, New-Jersey et New-York; ceux au charbon de bois sont érigés le long des côtes et de la région sud; d'autres sont en Pensylvanie (principalement dans la vallée de Shenango), et dans le Kentucky, l'Ohio (Hanging-Rock, Mahoning-Valley, etc., où l'on traite beaucoup au bois et à l'air froid).

C'est la fabrication de l'acier que l'on a le plus développée, comme d'ailleurs c'est le cas pour les autres nations productrices; on comptait à la fin de l'année 1877 aux États-Unis, onze usines à acier Bessemer (la première a été établie en 1867)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

possédant 22 convertisseurs ; 51 fours à puddler l'acier ; 22 fours Siemens-Martin ; 38 usines fondant l'acier au creuset et possédant ensemble 3,400 creusets.

La plupart des hauts fourneaux en position de se procurer des minerais de qualité voulue pour l'acier, fabriquent des fontes manganésées, destinées à remplacer le spiegeleisen que l'on reçoit encore d'Angleterre ; voici d'après M. Shuler, la composition des fontes de diverses de ces usines :

USINES.	COMPOSITION DES FONTES MANGANÉSÉES.					
	Fer.	Manganèse	Silice.	Phosphore.	Soufre.	Carbone.
Belle-Fonte . . .	93,208	0,054	3,549	0,194	0,005	3,57
Buena Vista . . .	93,712	0,056	1,963	0,380	0,066	3,20
Ashland.	89,731	0,471	7,428	0,461	0,015	2,43
Boone	93,212	0,083	4,094	0,486	0,070	3,00
Iron Hills	92,387	0,056	2,302	0,836	0,057	4,10
M. Savage	91,502	0,123	5,630	0,203	0,041	2,70
Buffalo	91,656	0,084	4,706	0,695	0,150	2,79
Kenton	92,724	0,612	2,390	0,622	0,046	3,98
Racoon	91,668	0,332	5,017	0,334	0,041	2,95
Hunnewell	92,284	0,020	3,891	0,476	0,001	3,65
Pennsylvania . . .	94,764	»	1,393	0,860	0,033	3,68

Les quantités de silice indiquées dans ce tableau comprennent la silice combinée au fer et celle que contient la scorie renfermée dans la fonte.

La production des aciers pendant les années 1877 et 1878 aurait été en tonnes de 907 kil. :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

		1877.	1878.
Acier Bessemer	Tonnes	562,227	739,765
» Siemens-Martin	»	25,030	36,126
» fondu au creuset	»	40,437	42,906
Autres aciers	»	11,920	8,556

Enfin, le tableau suivant résume la situation de l'industrie métallurgique de ce pays, pendant les dix-huit dernières années :

États-Unis d'Amérique.

ANNÉES.	Production de la fonte.	Production de rails		Importations.	
		en fer.	en acier.	Rails en fer.	Rails en acier.
	Tonnes de 907 k.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.	Tonnes.
1860	919.770	205.038	»	146.616	»
1861	731.544	187.818	»	89.388	»
1862	787.662	212.912	»	10.185	»
1863	947.604	275.768	»	20.506	»
1864	1.135.996	335.369	»	142.457	»
1865	931.582	356.292	»	63.327	»
1866	1.350.343	430.778	»	117.878	»
1867	1.461.626	459.558	2.550	163.049	21.791
1868	1.603.000	499.489	7.225	250.081	50.079
1869	1.916.641	583.936	9.650	313.163	23.337
1870	1.865.217	627.319	33.615	399.153	73.350
1871	1.912.608	737.483	38.250	515.000	51.202
1872	2.853.558	847.922	94.070	381.064	149.786
1873	2.868.278	761.062	129.015	99.201	159.571
1874	2.689.413	584.469	144.944	7.796	100.486
1875	2.266.581	501.649	290.863	1.942	16.316
1876	2.093.236	467.168	412.461	287	0
1877	2.314.585	332.540	432.169	0	35
1878	2.577.666	322.750	559.795	0	10

Nous ajouterons encore que la production totale de la fonte a été de 54,000 tonnes en 1810; — de 165,000 tonnes en 1830;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

– de 315,000 tonnes en 1840; — de 650,000 tonnes en 1849; —· de 736,218 tonnes en 1854.

A titre de renseignement et pour aider à se rendre compte des causes de la rapide décroissance des exportations des produits métallurgiques européens vers l'Amérique, nous donnerons encore un relevé des milles de voies ferrées mis en exploitation depuis l'année 1860.

Au commencement de l'année 1860, on comptait aux États-Unis 28,789 milles de voies ferrées livrés au trafic; on a ouvert depuis, en :

ANNÉES.	MILLES.	ANNÉES.	MILLES.	ANNÉES.	MILLES.
1860	1.846	1867	2.449	1874	1.901
1861	651	1868	2.979	1875	1.917
1862	863	1869	4.953	1876	2.856
1863	1.050	1870	5.690	1877	2.197
1864	738	1871	7.670	1878	2.616
1865	1.177	1872	6.167		
1866	1.742	1873	4.105		

L'examen de ces chiffres conduit à des conséquences faciles à dégager; nous croyons donc inutile d'entrer dans d'autres considérations.

On peut encore consulter les articles publiés par M. Hugo Haremann sur les minerais et les hauts fourneaux de l'Amérique, dans le *Berg-und Hüttenmœnnische Zeitung*, années 1876, 1877 et 1878; ces articles donnent des détails intéressants sur les divers gisements de minerais de fer.

Pour ce qui est du travail proprement dit, notamment de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fabrication de l'acier Bessemer, que l'on a annoncée comme étant très-perfectionnée aux États-Unis, on pourra recourir aux mémoires spéciaux qui ont été publiés à ce sujet depuis quelques années dans les diverses revues de la métallurgie. Il sera facile de se convaincre qu'on a souvent prodigué les éloges aux métallurgistes américains, au détriment de leurs confrères d'Europe qui les valent au moins; on a un peu exagéré le mérite d'un esprit d'initiative très-développé et d'une grande hardiesse dans les entreprises, qualités qui ne suffisent pas pour améliorer des procédés industriels. Tout ce que l'on a écrit sur les pays lointains n'est pas toujours évangile; et si l'on signale avec emphase quelque bonne affaire qui, par suite de circonstances particulières, réussit et même éblouit par ses résultats, on oublie souvent de mettre en ligne le cortége de celles qui sombrent en anéantissant des capitaux considérables. Nous pourrions citer des exemples palpitants à l'appui de ce que nous venons de dire, notamment certaines mines d'argent.

Parmi le très-petit nombre d'industriels qui avaient exposé dans la section de la métallurgie du fer, nous ne citerons en particulier que les Compagnies Barnum-Richardson, Lobdell Car Wheel et Crane Bros; nous dirons aussi un mot d'un procédé de traitement direct des minerais pour fer et acier proposé par M. Du Puy.

Barnum-Richardson Company, à Lime-Rock (Connecticut),

Fabricant la fonte connue sous le nom de Salisbury, très-renommée en Amérique pour sa grande ténacité.

Cette Compagnie avait exposé des minerais de Salisbury, de la fonte au charbon de bois, des roues de wagons, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme, depuis quelques années, on a beaucoup parlé de ces produits qui ont paru sur divers marchés d'Europe, notamment en Angleterre, nous donnerons, d'après une notice qui nous a été remise, quelques détails sur les mines et les usines de la Société.

La Compagnie traite des minerais de fer de Salisbury, comté de Litchfield (Connecticut); elle exploite les couches Old-Hill, Davis et Chatfield qui se trouvent sur le versant est de la chaîne des collines de Tocconuc; la couche Davis se présente près du village de Salisbury; les couches Chatfield et Old-Hill en sont distantes d'environ deux milles au sud-ouest.

La mine Old-Hill est, paraît-il, en exploitation depuis plus de cent ans; celle de Chatfield depuis soixante-quinze et celle de Davis depuis cinquante ans.

Le minerai de Salisbury est une hématite brune, très-pure, un peu quartzeuse qui, avant d'être fondue, est cassée en morceaux et lavée; il se trouve en masses irrégulières dans des argiles et forme un dépôt considérable. Le traitement actuel est fait au haut fourneau au charbon de bois avec air chauffé à 400° et sous la pression de 1/2 à 3/4 de livre par pouce carré. La fonte à l'air chaud n'est, paraît-il, pas d'aussi bonne qualité que celle à l'air froid; mais les hauts fourneaux à allure froide, produisent moins et consomment plus de charbon de bois.

En 1734, on établit une forge dans le village de Lime-Rock, siége actuel de la Compagnie Barnum-Richardson; le minerai alors traité au feu d'affinage, venait de la mine appelée aujourd'hui Davis; on passait dans ce four 150 livres de minerais à la fois.

Vers 1748, une nouvelle forge fut construite dans le village actuel de Lakeville.

En 1762, on érigea un haut fourneau, que l'on suppose être le premier de ce genre établi dans cet État. Ce fourneau don-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nait 2 1/2 tonnes de fonte par 24 heures; pour une tonne de fonte, il fallait 3 tonnes de minerai et 250 bushels de charbon de bois.

Pendant la guerre de la révolution, on fabriqua dans cette usine beaucoup de canons, de boulets, de bombes, etc., pour le gouvernement général; c'est de cette époque que date la réputation de cette fonte.

En 1781, une forge fut construite sur le mont Riga.

Vers 1807, un haut fourneau fut mis à feu sur le mont Riga; on fabriqua à ce nouvel établissement, beaucoup d'ancres, d'écrous et d'autres espèces d'objets.

En 1830, M. Milo Barnum établit la première fonderie à Lime-Rock; on y produisait en deuxième fusion, avec les fontes des minerais Salisbury, des poids pour pendules et châssis, de la fonte pour charrues et d'autres menus objets.

En 1840, on y commença la fabrication de matériel de chemins de fer, coussinets, rails, sabots de frein, etc.

Ayant reconnu que la fonte de Salisbury possédait une grande résistance de tension et se prêtait parfaitement au trempage en coquille, on se mit à en fabriquer des roues de wagons de chemins de fer.

En 1858, on fit l'acquisition du fourneau Beckley, à East-Canaan, et en 1862, on acheta le fourneau Forbes, dans la même localité, ainsi que la fonderie située aux n^{os} 64 et 66, South Jefferson street, à Chicago (Illinois), où l'on traita les fontes de Salisbury.

C'est en 1864 que fut formée la société actuelle Barnum-Richardson Company; elle établit une deuxième fonderie en 1870 à Lime-Rock, et en 1872 un troisième haut fourneau à East-Canaan; en 1873, elle bâtit à Chicago une nouvelle fonderie de roues qui en fait aujourd'hui 200 par jour; celle de Lime-Rock en produit 120.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Outre les trois hauts fourneaux de la Compagnie actuelle, d'autres sociétés ont construit des hauts fourneaux pour la production de la même fonte, dite Salisbury; il y en a un à Millerton, dans l'État de New-York, un à Sharon-Valley, un à Cornwall-Bridge, et un à Huntsville alimentant la fonderie de roues de Washburn Hunt and C°, à Jersey-City, dont la production est de 150 roues par jour.

Les fabricants des fontes dites Salisbury, les classent comme suit :

N° 1. — Fonte très-tendre. On en produit peu; elle ne trempe pas en coquille et sert pour des objets fondus ordinaires et à bon marché.

N° 2. — C'est la fonte la plus ductile ou la plus commune que l'on produise en quantité un peu importante. Elle ne trempe pas en coquille et sert à faire des fontes malléables dans des fourneaux à air; on la mélange avec de vieilles roues ou avec de la fonte plus dure pour la fabrication de roues de wagons.

N° 3. — Fonte un peu plus dure que le n° 2, et trempant légèrement en coquille; elle est beaucoup employée avec de la fonte plus dure encore pour roues de wagons.

N° 4. — Fonte encore plus dure que le n° 3; trempe en coquille à la profondeur d'un demi-pouce (0^{m}0125) environ à la jante d'une roue. Elle est presque généralement employée pour la fabrication des roues de wagons.

N° 4 1/2. — Sert principalement à produire des fontes malléables dans les fourneaux à coupoles, et pour les roues de wagons, en les mélangeant avec des qualités inférieures ou avec de la fonte plus ductile; elle trempe en coquille à une profondeur de 3/4 de pouce (0,0187) environ.

N° 5. — Fonte truitée.

N° 6. — Fonte blanche.

Ces deux dernières sont très-dures et trempent en coquille à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la profondeur voulue. En fait, le n° 6 a les qualités de la fonte toute trempée en coquille. Ces deux espèces servent à faire, avec des fontes plus ductiles, des roues et des rouleaux trempés en coquille.

Les n° 2 et n° 5 sont utilisés en grande partie à la fabrication des charrues; la fonte plus dure est mêlée à celle d'un degré inférieur pour donner à cette dernière la dureté requise.

« La qualité ou l'espèce de fonte produite, dit l'auteur d'une notice sur le fer Salisbury, dépend en grande partie de la température du fourneau au moment de la fabrication; quelquefois aussi du minerai employé et de l'état du temps, et probablement de quelques autres causes incomplétement connues. Si le fourneau fonctionne à une température moyenne, il produit de la fonte dure ou d'un haut degré; les fontes douces sont obtenues par une haute température. Si l'on veut produire de la fonte dure, on ajoute une quantité de minerai de fer à une certaine quantité de combustible, ou si c'est de la fonte douce que l'on désire, il faut mettre moins de minerai.

» Lorsque la fonte est coulée en saumons, on fait plusieurs prises d'essai que l'on casse ensuite; et par un examen de ces pièces, ainsi que des saumons eux-mêmes, on détermine le degré ou numéro de la fonte. »

Pour ce qui est des fontes à employer pour les roues, voici ce qu'on lit dans la même notice :

« Dans la fabrication des roues de wagons, il est de la plus grande importance d'obtenir : 1° la résistance nécessaire pour supporter les secousses auxquelles est sujet le corps de la roue, et 2° une dureté suffisante dans la jante et dans le boudin, pour qu'ils puissent résister à l'usure. Cette dernière faculté s'acquiert par le procédé bien connu du trempage, qui consiste à couler en coquille la portion du moule formant la partie de la roue, et de permettre au métal fondu de venir en contact avec le fer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fondu à air froid ou *trempé en coquille,* comme on l'appelle, jusqu'à ce qu'il soit refroidi. Pour certaines qualités de fonte, il résulte que la portion subitement refroidie par le *trempage*, prend une forme cristalline particulière, d'une dureté extraordinaire. La profondeur à laquelle pénètre cette cristallisation *ou trempage en coquille,* varie presque suivant chaque marque ou qualité de fer. Pour certaines espèces, on arrive à un ou deux pouces de profondeur, pour d'autres, il n'y a pas cristallisation. On n'a jamais découvert la cause de cette faculté de tremper en coquille. Tout ce que l'on sait, c'est que certaines fontes trempent et d'autres ne trempent pas en coquille. La fonte qui trempe le plus est presque toujours très-dure et sèche; qualité précisément opposée à celle nécessaire pour le corps de la roue qui doit résister aux tensions transversales, aux secousses verticales et à toutes sortes de chocs. Le métal employé pour cette partie des roues doit donc être tenace, ou capable de résister à une forte tension transversale; c'est-à-dire que si une barre de ce métal était placée sur deux supports, l'un à chaque extrémité, et chargée par le milieu, elle doit pouvoir supporter une lourde charge sans se casser et résister à des arrêts subits.

» Pour y arriver, le métal doit avoir une flexibilité considérable, c'est-à-dire pouvoir se plier et en même temps avoir une grande force de résistance.

» La fonte blanche dure qui trempe facilement en coquille, a une très-grande résistance de tension, mais est tellement sèche qu'elle ne plie pas; et si elle est soumise à une tension transversale ou à un choc soudain, elle se brisera sous une tension comparativement faible. Une barre faite d'une fonte d'une résistance de tension moindre, mais d'une plus grande flexibilité, supportera une tension transversale plus forte, parce qu'elle pliera ou cédera avant de casser.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» D'un autre côté, la fonte peut être trop ductile et trop flexible et avoir une résistance de tension si légère qu'elle cédera comme une barre de plomb, et, conséquemment, supportera moins aisément une torsion transversale que celle qui est moins flexible, mais d'une plus grande résistance de tension.

» Pour ces diverses raisons, la fonte qui réunit les deux qualités de flexibilité et de résistance de tension combinées au plus haut degré, est la plus appropriée pour en faire le corps de la roue.

» Pour la jante et le boudin, elle doit, naturellement, avoir la qualité de tremper en coquille.

» Il est donc important que le trempage soit étroitement incorporé, et pour ainsi dire, entrelacé dans la fonte qui ne trempe pas. Le trempage en coquille de certaines fontes cessera d'une façon si abrupte que, par l'usure, la partie trempée se détachera fréquemment de la partie de la roue qui ne l'est pas.

» La fonte Salisbury possède à un degré remarquable ces diverses qualités combinées dans une très-forte proportion, et c'est pour ce motif qu'elle jouit d'une si grande renommée et qu'on l'emploie généralement pour la fabrication des roues de wagons et dans d'autres cas qui exigent un métal de qualité supérieure. »

Une roue de cette Compagnie a été soumise, en 1875, à des expériences dans l'usine Horn, à Londres; voici le procès-verbal dressé à cette occasion :

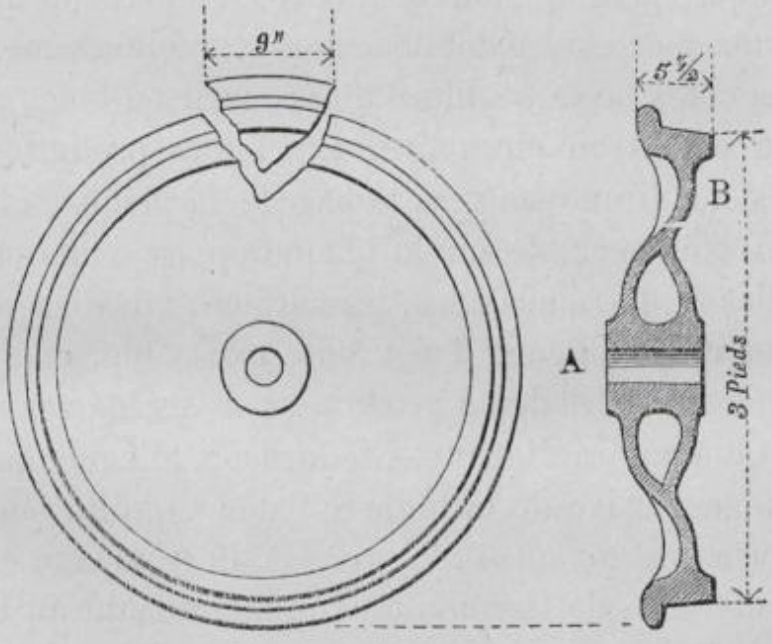
« La roue qui a servi à l'expérience a été fabriquée par la Compagnie Barnum-Richardson, à Salisbury, Connecticut (États-Unis d'Amérique), et faisait partie d'une quantité de roues de wagons en fonte trempées en coquille, envoyées en Angleterre, il y a six ans, et qui n'ont pas servi depuis cette époque; elles étaient déposées dans les usines Canada à Birkenhead.

» La roue était faite avec du fer Salisbury de la Compagnie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Barnum-Richardson, et portait la date du 2 janvier 1868 incrustée dans la fonte. Sous le rapport de la qualité et du modèle, la roue était pareille à celles fournies par cette Compagnie, pendant de longues années, aux lignes principales de chemins de fer des États-Unis et du Canada.

» Les dessins ci-après reproduisent la forme et les dimensions principales de la roue :



» Le poids constaté par la balance à l'usine de M. Horn était de 626 livres anglaises.

» La roue était couchée à plat sur le sol, le côté A sur le haut, et les coups étaient portés sur la partie B de la plaque simple. Les marteaux à deux mains, pesaient 28 et 32 livres, et étaient maniés par des forgerons expérimentés, frappant deux par deux, et se relayant de temps en temps.

» Au soixante-unième coup, on remarqua une très-petite fente. On continua à frapper au même endroit et tout autour de la même plaque simple; mais bien que les coups se succédas-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sent en occasionnant de nouvelles fentes, ce n'est qu'au 395e coup qu'un morceau d'une longueur de neuf pouces environ se détacha de la roue. On constata par la surface des parties fracturées que la fonte était d'une qualité très-régulière. La partie trempée de la jante, ou surface fatigante, était d'une profondeur de 3/8 de pouce, et ressemblait à l'acier le plus dur ou le plus compact.

» La roue fut ensuite retournée; on frappa sur la partie à double plaque, près de l'une des trois soufflures du noyau. Les coups portés successivement détachèrent quelques morceaux de fer sur les côtés de la soufflure qui s'ouvrit en long, au lieu de former un petit trou circulaire. Les fentes produites par ces coups ne s'étendirent pas vers le bas de la plaque, et n'amenèrent aucun effet sensible sur la plaque opposée au double. Partout où elles furent concassées, les surfaces faisaient de plus en plus ressortir l'excellence d'une fonte malléable, et on apercevait distinctement les dents produites par les marteaux.

» La Compagnie Barnum-Richardson allègue que c'est la supériorité exclusive de la fonte Salisbury qui lui permet d'appliquer avec tant de succès le procédé du trempage en coquille à la circonférence de la roue, tout en maintenant au reste de la fonte sa dureté et sa ténacité. C'est à cette ténacité que la Compagnie attribue la parfaite conservation de ses roues pendant la température extrêmement basse des hivers d'Amérique et du Canada, et on n'a jamais entendu parler de bris occasionné par la gelée.

» Nous soussignés avons assisté à l'expérience ci-dessus mentionnée, et constatons, par le présent, que les détails sur la roue en fonte trempée en coquille, la façon et les résultats de la cassure, sont décrits correctement. »

(*Signé*) J. J. Kennedy, lieutenant-colonel; — Ch. Jodd; — W. H. Mills; — Ch. Robins; — W. N. E. Horn.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, le professeur Thurston, de l'Institut technologique Stevens à Hoboken, a fait une série d'expériences pour déterminer la résistance, la ductilité, la raideur des fontes Salisbury. Les essais ont été opérés sur trois barres de fonte n° 2 et trois barres n° 3 de Salisbury; ces barres avaient une longueur de 24 pouces et 1 pouce carré de section; elles ont été brisées d'abord par des pressions transversales, la distance entre les supports étant de 22 pouces; ensuite, on les a soumises à la torsion et à la compression. Nous ne pouvons entrer dans le détail des procédés suivis pour ces essais : ce serait sortir du cadre de notre rapport. Nous donnerons seulement sous forme de tableau les résultats obtenus :

NOM.	Poids spécifique	Fusion.	DIMENSIONS (PAR POUCES).								
			Tension.		Compression.		Torsion.		Transversale.		
			Longueur.	Diamètre.	Longueur.	Diamètre.	Longueur.	Diamètre	Longueur.	Largeur.	Profondeur.
A Fonte Salisbury n° 2	7.186	1	5	0.798	2	0.5	1	0.625	22	1. »	1. »
B. Id. n° 4	7.259	1	6	0.798	2	0.5	1	0.625	22	1. »	1. »
C. Id. n° 1	7.086	2	23	2.2	1.507	0.605	»	»	20	2.09	2.081
D. Fonte Blencavon n° 2	7.113	»	Pieds 50	Aire 1.0685	1.5	0.752	»	»	Pieds 9	1.96	2,01
E Fonte Low-Moor n° 1	7.043	»	Pieds 50	Aire 1.058	1.5	0.752	»	»	Pieds 9	1.98	2.01

NOM.	Résistance							
	élastique.				extrême.			
	Tension. Livres par pouces carrés.	Compression. Livres par pouces carrés.	Torsion. Livres-pieds.	Transversale. Livres.	Torsion. Livres par pouces carrés.	Compression. Livres par pouces carrés.	Torsion. Livres-pieds.	Transversale. Livres.
A	7,333	47,535	305.92	320	20,500	87,429	579.28	1,383
B	12,000	56,022	461.98	600	34,407	127,323	839.93	2,060
C	21,344	»	»	»	»	104,357	»	9,600
D	6,289	»	»	560	14,675	100,967	»	1,207
E	6,352	»	»	448	16,408	79,318	»	1,207

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOM	Résistance vive							
	élastique.				extrême.			
	Tension. Livres-pieds.	Compression. Livres-pieds.	Torsion. Livres-pieds.	Transversale. Livres-pieds.	Tension. Livres-pieds.	Compression. Livres-pieds.	Torsion. Livres-pieds.	Transversale. Livres pieds.
A	0.572	7.90	1.29	1.0527	17.38	166.075	8.59	35.99
B	0.965	1.79	8.39	2.763	20.28	322.58	17.88	49.15
C	"	"	"	"	"	"	"	"
D	79.56	"	"	22.75	1425.7	"	"	190.62
E	82.44	"	"	15.86	1604.6	"	"	169.34

NOM.	Ductilité							
	élastique.				extrême.			
	Tension p. c. de longueur.	Compression p. c. de longueur.	Torsion. Degrés tordus.	Transversale. $\frac{\partial}{L}$	Tension p. c. de longueur.	Compression p. c. de longueur.	Torsion. Degrés tordus.	Transversale. $\frac{\Delta}{L}$
A	0.0736	1.015	1.3	0.0357	0.5473	8.62	4.83	0.0243
B	0.0641	0.187	1.7	0.00503	0.3725	9.72	6.89	0.0228
C	"	"	"	"	"	12.4	"	"
D	0.0519	"	"	0.009	0.1395	"	"	0.0263
E	0.0511	"	"	0.00787	0.1524	"	"	0.0311

NOM.	Raideur.				Proportion de tension jusqu'à la détorsion extrême.		
	Tension. Module d'élasticité.	Transversale. Module d'élasticité.	Torsion. $\frac{M'}{\Theta E}$	Compression à 8,000 litres par pouce carré	Tension p. c.	Compression p. c.	Transversale. p. c.
A	11,450,754	10,733,121	57.58	0,011,78	23.46	59.07	22.40
B	11,968,254	14,333,302	74.04	0,000,982	20.17	"	20.15
C	"	"	"	"	"	93.5	6.66
D	12,492,200	13,380,800	"	"	13.85	"	1.758
E	12,631,600	8,961,300	"	"	13.96	"	2.070

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici encore quelques chiffres fournis par M. Kennedy :

Un grand nombre de barres en fonte de 2 pouces sur 1 pouce, placées sur des supports écartés de 3 pieds, ont été brisées et ont donné les résultats moyens ci-après :

BARRES DE FONTE DE	BREAKING STRESSES EN CWTS.	ULTIMATE DEFLECTION EN POUCES.	PERMANENT SET EN POUCES.
Staffordshire 1873.	29,45	0,340	»
Id. 1876.	28,55	0,309	»
Glasgow 1871.	31,76	0,314	»
Id. 1876.	30,91	0,308	»
Salisbury 1876.	35,53	0,656	0,28

Quatre barres de fonte de Salisbury, de 2 pouces sur 1 pouce, ont donné les résultats suivants, lorsqu'on les a cassées sur des supports placés à 3 pieds l'un de l'autre :

BREAKING STRESS EN CWTS.		ULTIMATE DEFLECTION EN POUCES.		PERMANENT SET EN POUCES.	
36,31		0,623		Non observé.	
32,34	Moyenne.	0,671	Moyenne.	Id.	Moyenne.
37,50	35,53	0,670	0,656	0,25	0,28
36,00		0,720		0,31	

Lobdell Car Wheel Company, Wilmington (Delaware).

Cette Compagnie avait exposé des échantillons de fontes, des roues pleines pour voitures de chemins de fer, des cylindres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour calendrer de 2m20 de longueur de table et de divers diamètres, des cassures de roues, etc., etc.

Les cylindres étaient bien finis et les roues irréprochables; le tout était fabriqué au charbon de bois avec des oligistes et du fer magnétique de la mine de Buelhom (Caroline du Nord).

Les roues avaient été coulées en coquille et se trouvaient blanchies sur une épaisseur de 2 à 3 centimètres.

La Compagnie existe depuis 44 ans et sa fabrication est renommée; elle peut produire 3,000 roues par mois, d'un diamètre de 18 jusqu'à 50 pouces anglais.

Cette vitrine comprenait neuf roues neuves en fonte durcie (en coquille) de modèles différents pour voitures de chemins de fer, locomotives, tenders; huit autres en fonte durcie qui avaient servi pendant des périodes de 20 à 25 années, ce qui dénotait une matière excellente et une fort bonne exécution; deux vieilles roues de 30 pouces anglais de diamètre, qui ont parcouru une distance de 394,282 kilomètres, ainsi que le constatait un certificat de la direction du chemin de fer sur lequel elles ont circulé; elles étaient attachées à un tender du poids de 21,000 kil. à charge; 337,955 kilomètres ont été faits avec trains de voyageurs et 56,327 avec wagons de marchandises; la moyenne des voyageurs par train aurait été de 23 et la vitesse, de 15 milles par heure; ces roues ont été en service pendant 6 1/2 années.

Les roues exposées étaient : les unes pleines, sans rayons, à parois convexes ou à paroi unie, liant le moyeu à la périphérie; les autres à rayons creux, pour locomotives et tenders, souvent perforées pour la facilité du graissage.

On finit ces roues au tour, ce qui procure l'avantage de les travailler par couples de même diamètre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Crane Bros Company, à Chicago.

Cette Compagnie avait une très-belle exposition de robinets, de coudes et d'autres objets en fonte malléable et en laiton qui ont été jugés par une autre section.

Pour ce qui est de la fonte malléable, on voyait des pièces fort bien réussies; il y avait entre autres des coudes, des bouts retournés, des joints de croisement, des écrous, des manchons d'accouplement, des raccords pour tuyaux de diamètres différents, etc., etc., parfaitement dressés et indiquant une fabrication soignée.

Cette Compagnie produit aussi des tuyaux en fonte moulée à plusieurs tubulures venues sur la longueur, pour le raccordement d'un même nombre de branches, appareils servant à la circulation de la vapeur, de l'air chaud ou de l'eau; il y a depuis deux, jusqu'à quatorze tubulures sur une même ligne.

On voyait aussi beaucoup d'autres fabricats coulés, moulés, etc., tout aussi remarquables par leur fini.

Justice (P. S.), à Philadelphie. Procédé M. Du Puy.

Cet industriel avait exposé du fer et de l'acier produits directement des minerais dans un four à réverbère, en une opération de 4 à 6 heures de durée, suivant le procédé de M. Meredith Du Puy.

En octobre 1877, M. Du Puy fit connaître au meeting de l'Institut Franklin, en Amérique, des recherches qu'il avait entreprises pour la conversion du minerai de fer directement en fer ou en acier, sans avoir à passer par la fonte (principe du traitement par la méthode catalane); c'était la continuation des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

essais faits en 1790 par Samuel Lucas, en 1794 par Muschet, et par beaucoup d'autres après 1800.

M. Du Puy a prétendu au meeting avoir trouvé un moyen économique et pratique de résoudre le problème. Il fait agir le combustible sur le minerai dans des conditions particulières et un peu différentes des traitements anciens.

Voici comment il procède :

Le minerai de fer pulvérisé est mélangé avec du charbon de bois, ou du coke également pulvérisé, ou du poussier d'anthracite, et avec un flux basique ayant plus d'affinité pour la silice que l'oxyde de fer; le tout est introduit dans l'espace annulaire d'un appareil composé de deux cylindres verticaux concentriques, fixés sur une base ayant la forme d'un disque, et fermé à la partie supérieure par une plaque qui s'adapte après le chargement; la boîte est toute en tôle. Le diamètre des cylindres peut être de 0^m55 à 0.75 pour le grand, et de 0^m20 à 0.30 pour le petit; la hauteur peut être de 0^m65 à 1 mètre. Les proportions de combustibles et de flux dépendent de la composition chimique du minerai.

L'appareil ainsi garni, peut contenir de 100 à 150 kilogr. de mélange; on en dispose un certain nombre dans un four à réverbère et on les soumet à l'action d'une température que l'on règle suivant les matières employées et les produits à obtenir.

L'appareil étant composé de deux cylindres concentriques, permet de disposer le mélange sur une épaisseur relativement peu grande dans l'espace annulaire, et de le chauffer par l'extérieur du grand cylindre aussi bien que par l'intérieur du petit, puisque ce dernier, formant la face intérieure de la partie annulaire, reste libre et n'étant pas fermé, permet la circulation facile de l'air chauffé. M. Du Puy attribue surtout la réussite de son procédé à cette circonstance que l'appareil est en tôle,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à parois *minces*, au lieu d'être formé de creusets en terre plus ou moins épais.

Lorsque après un temps qui varie de 5 à 8 heures, on suppose que les réactions chimiques cherchées sont produites, on retire les appareils qui alors contiennent le fer réduit et sont à un état plus ou moins pâteux, et on les passe au marteau-pilon ou au squeezer pour en extraire le laitier et en faire des produits d'acier ou de fer.

Voici ce qui se passe dans l'appareil cylindrique : l'oxygène du minerai de fer est enlevé par le carbone du combustible; la silice et l'alumine forment des composés avec les alcalis que l'on a employés, et vu la température relativement basse de l'opération, le phosphore passe en grande partie dans les laitiers et peut être isolé.

Comme le fer obtenu de cette manière contient très-peu de carbone, on peut lui en ajouter en introduisant dans l'appareil une certaine quantité de fonte.

Nous donnerons au sujet de ce procédé, un extrait d'une note rédigée par M. Justice :

« Le minerai pulvérisé est mélangé avec du charbon de bois, du coke ou autre substance carbonacée convenable, dans des proportions déterminées; on y ajoute en même temps une proportion déterminée des substances peu coûteuses qui sont nécessaires pour former, avec les substances connues qui existent dans le minerai même, une *scorie non fondante*, tandis que le minerai est réduit à une température comparativement basse. Tous ces matériaux, pulvérisés et mélangés intimement dans les proportions voulues, sont placés dans des boîtes cylindriques en tôle très-mince, coûtant environ fr. 1.50 chacune, pouvant contenir de 50 à 150 kilogr. du mélange. Leur forme permettra à la chaleur du fourneau dans lequel elles seront placées, d'en transformer le contenu en une masse pâteuse, au bout de 5 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7 heures. Après ce temps, on pourra les retirer pour les cingler en une masse solide propre à devenir du fer en barres ou de la tôle, ou bien on les portera directement au fourneau à acier à foyer ouvert, en usage actuellement, dans lequel la masse de fer malléable bien purifiée, sera promptement débarrassée des scories et convertie en acier excellent. C'est le meilleur qui ait jamais été produit, pour les rails ou les plaques de chaudières, à un prix de revient moindre que celui d'aucun des procédés de fabrication de l'acier en usage aujourd'hui.

» Par la méthode Du Puy, la déperdition qui se produit d'ordinaire lors de la réduction des minerais de fer, se trouve évitée, la mince paroi en tôle de la boîte faisant obstacle à l'oxydation et par suite, à la perte de métal. Le vernis ou laitier formé autour des particules de fer par la scorie non fondante, y contribue en isolant le métal, sans cependant faire obstacle à un degré appréciable au passage de la chaleur nécessaire pour la réduction du minerai. La combustion lente de l'élément carbonifère renfermé dans les boîtes et mêlé au minerai, se poursuit jusqu'à la fin de l'opération. Elle contribue au maintien d'une température uniforme dans la masse, tandis que la chaleur comparativement basse où la réduction s'opère, permet aux substances nuisibles contenues dans le minerai (telles que le phosphore, le soufre, la silice, etc.), de former de nouvelles combinaisons qui sortent avec les scories, au lieu de s'allier au fer pendant la réduction du minerai. C'est ainsi que les *trois quarts du phosphore* sont éliminés et que les autres éléments nuisibles sont neutralisés; le fer reste dans un état d'extrême pureté, comme le démontre l'analyse suivante faite par le docteur Otto Wath, de Pittsburg.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATIÈRES.	Fer par le procédé Du Puy.	Fer produit par le minerai magnétique de Dannemora.				Fer russe.	
		L.	Sykes O. O.	J. B.	K.	C.C.N.D.	K_3 K. B.
Carbone. .	0,042	0,087	0,054	0,087	0,386	0,272	0,340
Silice . .	0,021	0,115	0,028	0,056	0,252	0,062	trace.
Soufre . .	0,032	0,220	0,055	0,632	0,757	0,234	0,066
Phosphore .	0,016	0,034	trace.	0,005	trace.	»	»
Manganèse .	»	»	Id.	»	Id.	0,020	trace.
Arsenic . .	»	»	Id.	»	Id.	trace.	»
Scorie . .	0,185	»	»	»	»	»	»
Fer . . .	99,700	99,544	99,863	99,220	98,605	99,412	99,594

» Pour atteindre ces résultats, on peut se servir de fourneaux de presque toutes les formes; mais le simple fourneau à gaz coûtant 6 à 7,000 fr. ou moins, peut produire par ce procédé de 1 1/2 à 2 tonnes de fer pur par 24 heures, avec une main-d'œuvre très-peu coûteuse. Avec deux chauffeurs et huit ouvriers ordinaires, on peut faire travailler dix fourneaux à la fois et avoir un rendement de 15 à 20 tonnes par jour de 24 heures.....

» Nous pouvons donc résumer comme suit les avantages réalisés par le procédé Du Puy :

» 1° Extrême simplicité, certitude du résultat obtenu, qui donne le rendement le plus approché possible du métal contenu dans le minerai, avec la moindre déperdition à la réduction.

» 2° Suppression de tout établissement coûteux pour la production de la réduction du minerai. Plus de hauts fourneaux dispendieux, plus de machines compliquées; simplement ce qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se trouve d'habitude dans les laminoirs et la plupart des forges.

» 3° Production d'un métal pur et fort, applicable à la fabrication de toutes les qualités d'aciers, ainsi qu'à tous les usages qui réclament un fer d'excellente qualité.

» 4° Bas prix de revient; à cet égard, on peut affirmer en toute assurance que, tandis que le métal est propre à donner les aciers de la plus parfaite qualité et peut être produit pour la moitié du prix du fer suédois et russe de la même qualité; toutes les autres qualités plus douces d'aciers pour rails, plaques de chaudières, tôles, etc., peuvent aussi être fabriquées par ce procédé, en présentant des propriétés qu'aucune des méthodes connues ne peut dépasser, et à un prix aussi réduit, sinon inférieur à celui de toute autre méthode.

» En additionnant toutes les données, on trouvera que la barre de fer peut être produite pour 40 à 50 fr. par tonne de plus que le prix de revient de la fonte, qu'elle fera concurrence aux classes les plus supérieures de fer pour les buts spéciaux et que l'établissement est si simple et si peu coûteux, qu'il y a une grande réduction du compte d'intérêts de tous les maîtres de forges. »

M. Justice avait exposé du minerai de fer et un appareil garni prêt à être introduit dans le four; du métal réduit, du fer forgé et des tôles de fer et d'acier, produits par ce procédé. Les spécimens de fer et d'acier étaient beaux et de bonne facture; mais il aurait fallu être en mesure de se rendre compte de ce que cela avait coûté; c'était là toute la question que l'on ne pouvait nullement résoudre sur le simple vu des objets exposés.

Si le procédé de M. Du Puy donnait tous les résultats annoncés dans la notice dont nous avons reproduit des extraits, ce serait réellement très-beau; mais il faut, croyons-nous, ne se former une opinion que sur un travail fait en grand; il est peu probable qu'avec des minerais ordinaires et du charbon de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bois, on arrive à fabriquer *économiquement* du bon fer ou du bon acier; le charbon de bois est coûteux, et si nous sommes bien renseignés, la houille et le coke n'ont pas jusqu'ici donné des résultats favorables. Avec des minerais purs, non phosphoreux, qui peuvent produire des fontes propres à la fabrication de l'acier sans opération intermédiaire, il n'y aura pas avantage à employer le traitement Du Puy.

Cependant, le principe du procédé, réduction directe du minerai en fer ou en acier, principe connu et appliqué pour ainsi dire dès l'origine de la fabrication du fer, n'en reste pas moins le plus rationnel et doit engager à continuer les essais.

Une société métallurgique importante de Pittsburg, en Pensylvanie, a cru devoir poursuivre les expériences commencées par M. Du Puy, et elle paraît être arrivée, dans ces derniers temps, à des résultats qui l'ont engagée à travailler plus en grand; le fer qu'elle a produit semble être d'aussi bonne qualité que le bon fer de Suède; elle vient de construire un four analogue au four ordinaire à réchauffer, et elle va continuer les essais d'une manière très-sérieuse.

Cette Société paraît avoir constaté : que le coût de la main-d'œuvre serait beaucoup moindre qu'avec les autres procédés, parce que le métal réduit se rassemble en une masse sans devoir être travaillé dans l'appareil; que la durée du four pourrait être relativement très-longue à cause du peu d'élévation de la température; que le four ne serait pas dégradé par les scories qui restent dans la masse et n'en sont expulsées que lorsqu'on passe aux marteaux; enfin, que la consommation du combustible serait moindre, puisque la porte du four reste fermée pendant toute l'opération et que la température ne doit pas être fort élevée.

On étudie aussi l'application du procédé au traitement des résidus du grillage des pyrites dans les fabriques de produits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chimiques; ces résidus, généralement riches en fer, sont difficilement utilisés dans les hauts fourneaux à cause de leur état pulvérulent; cet état serait au contraire, une bonne condition pour le travail par le procédé Du Puy.

On ne peut pas encore se prononcer d'une manière précise sur le mérite du mode de traitement dont nous nous occupons; il faut attendre le résultat des expériences qui sont actuellement en cours en Amérique.

Janvier 1879.

Depuis la rédaction de ce rapport, le monde métallurgique a été vivement ému par l'annonce faite, notamment au meeting de l'Association du fer et de l'acier qui a eu lieu à Londres en mai 1879, de la réussite du procédé de déphosphoration de MM. Thomas et Gilchrist. Ces messieurs ont déclaré qu'ils étaient parvenus à traiter pratiquement des fontes phosphoreuses dans le convertisseur Bessemer. A la page 263 du présent rapport, nous avons donné quelques détails sur un procédé de déphosphoration proposé par M. Thomas; cette fois, MM. Thomas et Gilchrist font connaître qu'ils ont trouvé une matière convenant parfaitement pour le revêtement du convertisseur; ils font des briques de dolomie pulvérisée, les compriment et les calcinent très-fortement; ils disent que ce revêtement présente les conditions basiques requises et résiste à plusieurs opérations.

Ces messieurs ont entrepris les premiers essais aux usines de MM. Bolckow, Vaughan et C^{ie}, à Middlesbrough; les résultats annoncés ont eu un grand retentissement dans tous les centres industriels.

Au moment où nous écrivons ces lignes, on n'a pas encore la preuve évidente que les choses se passeront dans les grands convertisseurs comme dans ceux de 1 1/2 à 2 tonnes qui ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

servi aux premières expériences; on n'a pas la certitude que l'on trouvera partout du calcaire dolomitique convenable et que le travail de déphosphoration pourra être conduit avec la régularité et l'efficacité voulues pour obtenir l'acier en grand et *industriellement*.

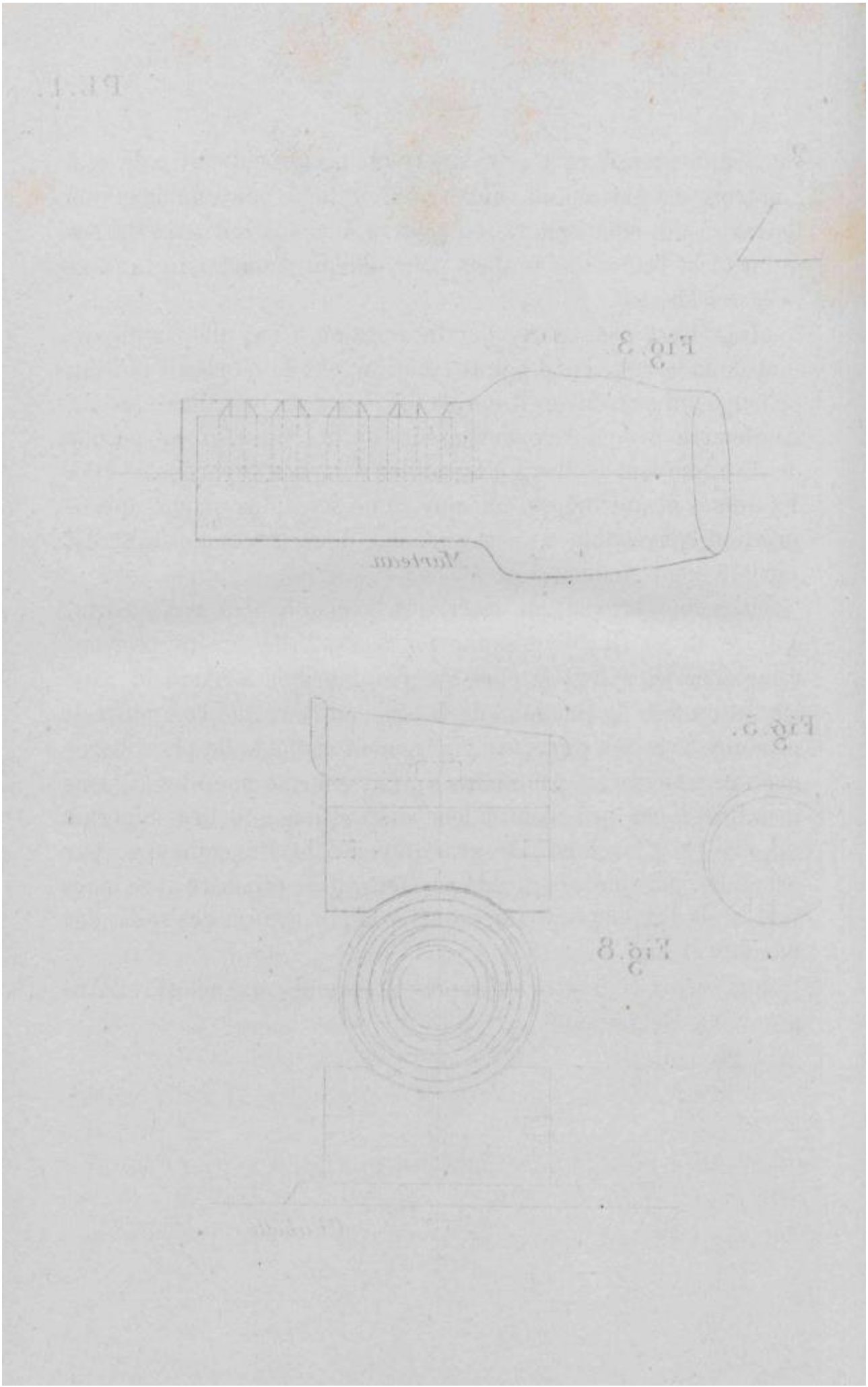
Mais il est à supposer que la question a fait un pas important dans la voie d'une bonne solution, car ce ne serait plus un principe qui se trouverait en jeu; si l'on a réellement réussi en Angleterre avec des convertisseurs de 2 tonnes, il est permis de dire que l'on arrivera à travailler dans des appareils de 10 à 12 tonnes et davantage, puisque ce ne sera plus qu'une appropriation convenable d'un revêtement dont la composition est parfaitement connue.

Dans tous les cas, on n'arrivera probablement pas encore, à faire, avec des fontes phosphoreuses, des aciers pouvant remplacer les aciers si purs que l'on fabrique à Sheffield avec les beaux fers de Suède et de Russie, ni ceux que l'on pourrait produire avec les minerais entièrement exempts de phosphore; mais ce n'en serait pas moins un fait énorme pour les centres métallurgiques qui n'ont à leur disposition que des minerais impurs (le Cleveland, le grand-duché de Luxembourg, par exemple), puisque ce procédé permettrait de produire avec leurs fontes, de l'acier propre au moins à la fabrication des rails, des bandages, etc.

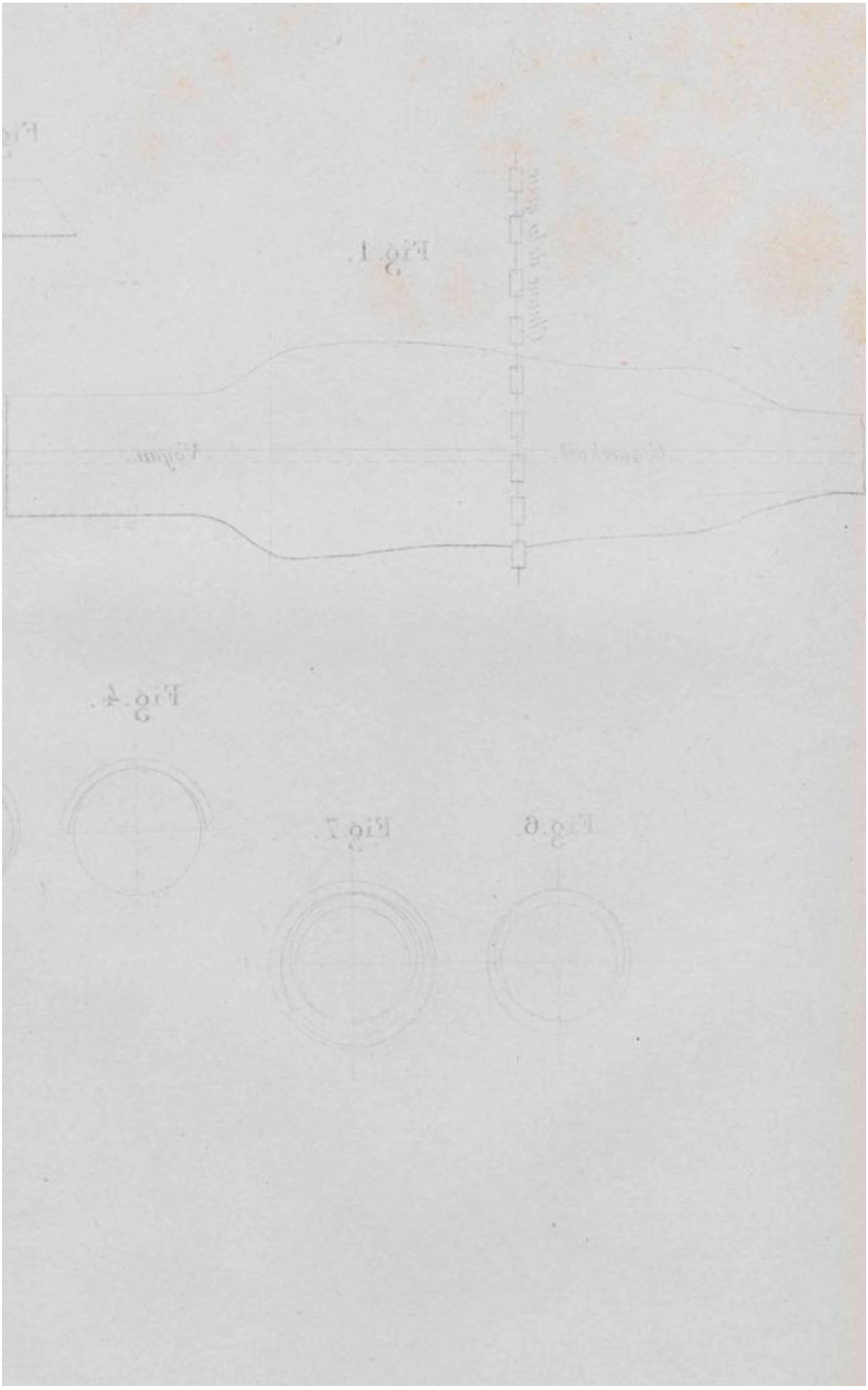
Les essais vont être entrepris en grand aux aciéries d'Angleur, en Belgique.

20 mai 1879.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

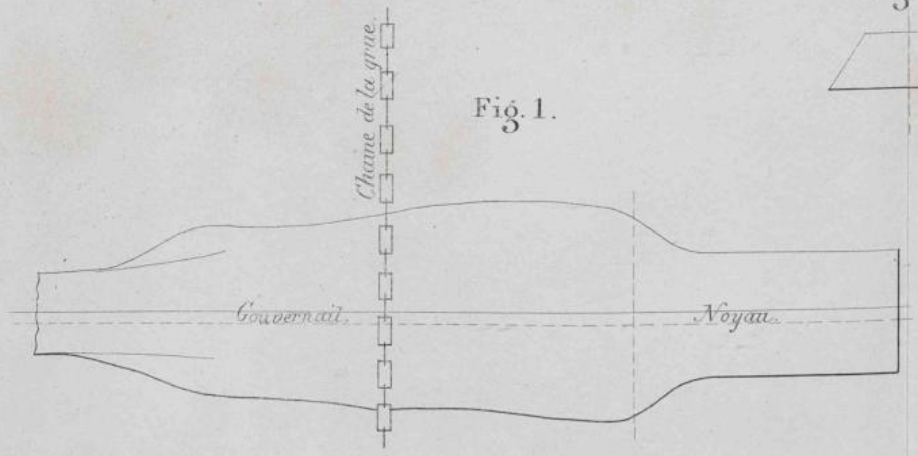


Fig. 2.

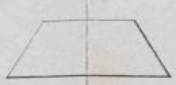


Fig. 3.

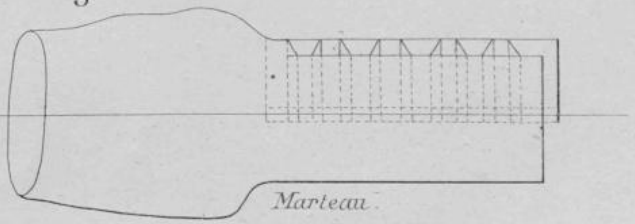


Fig. 4.

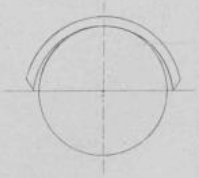


Fig. 5.

Fig. 6.

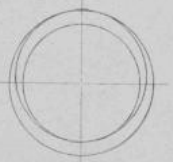


Fig. 7.

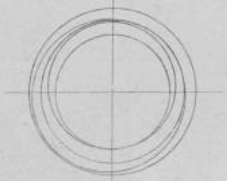
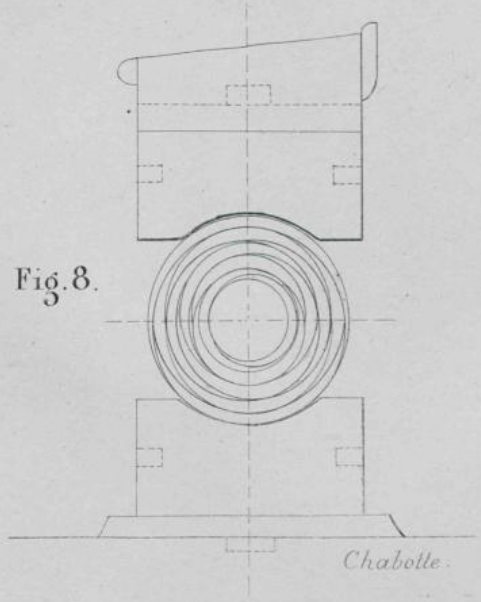
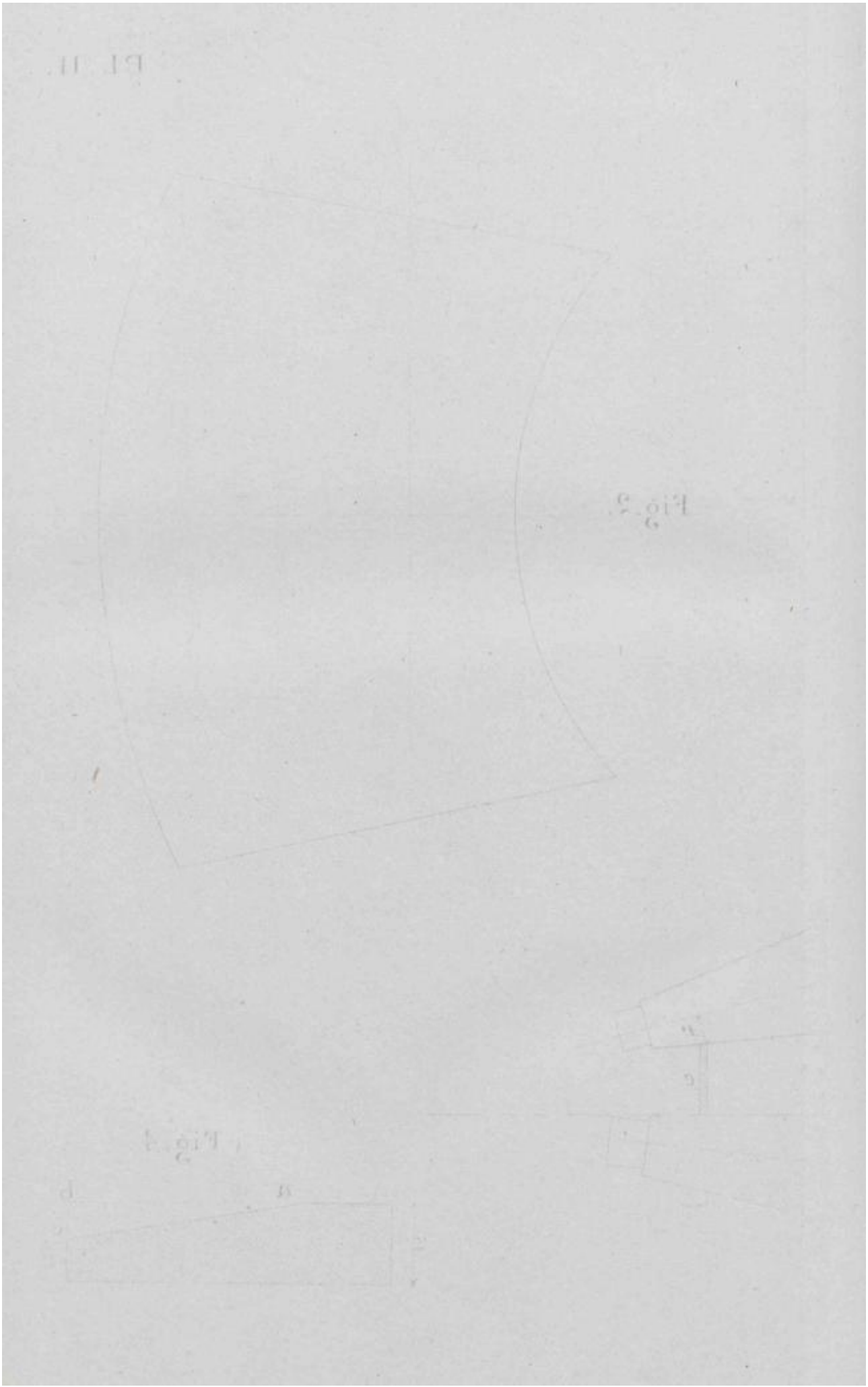


Fig. 8.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.

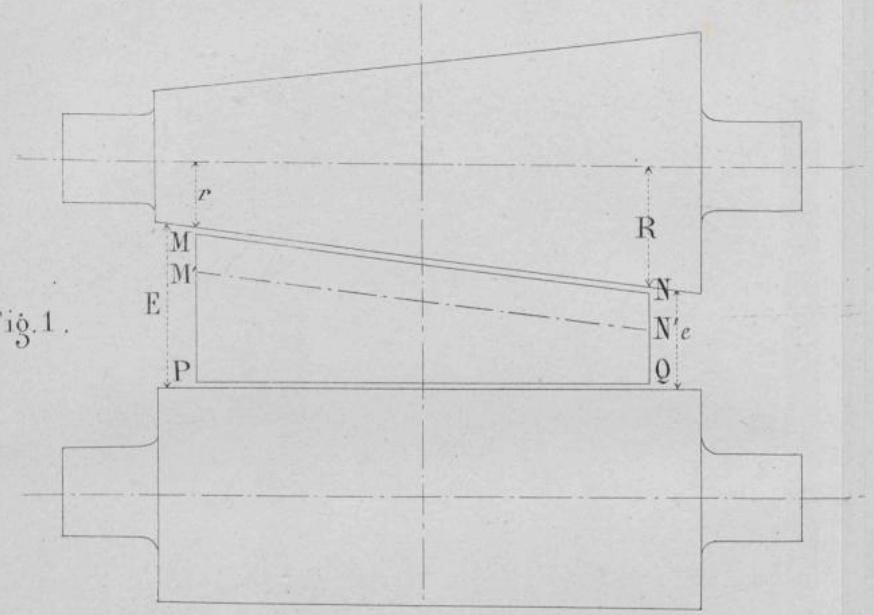


Fig. 2.

Fig. 3.

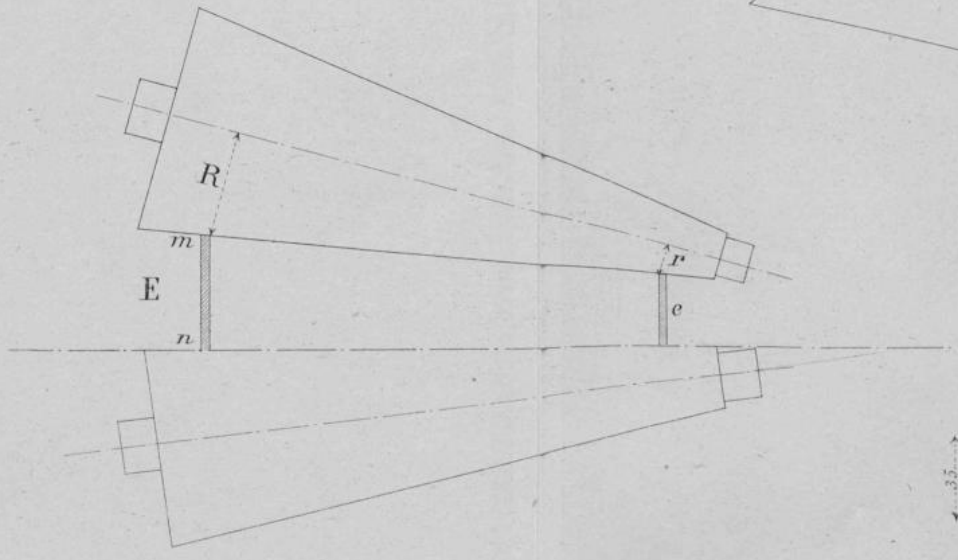
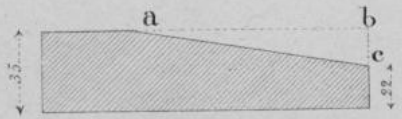


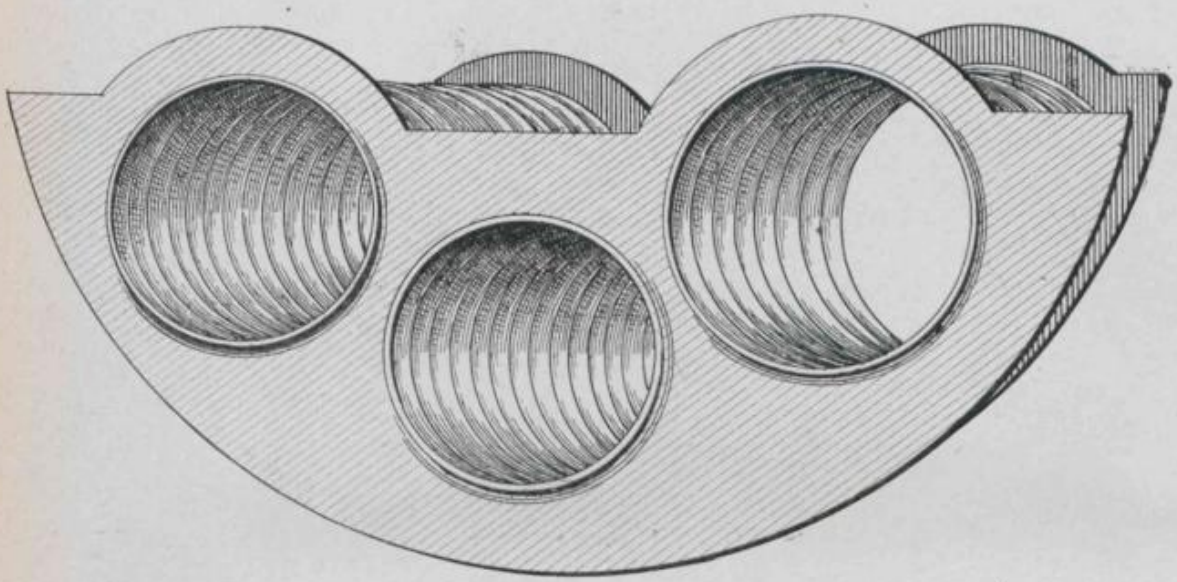
Fig. 4.



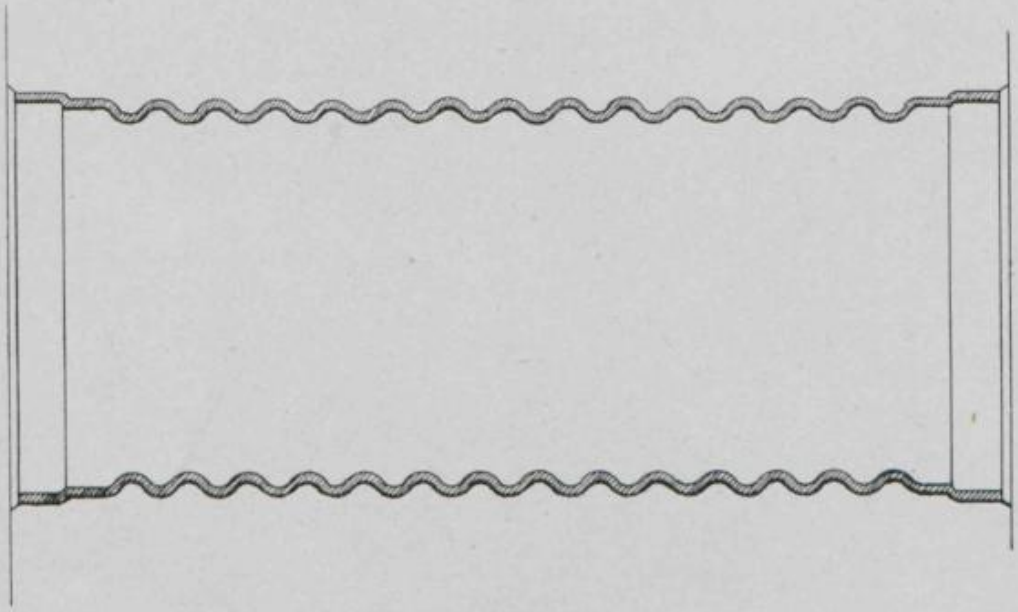
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VUE en Elévation de tubes FOX.



COUPE suivant l'axe d'un tube FOX.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

PAGES.

CLASSE 43 : *Produits de l'exploitation des mines et de la métallurgie.* — Composition du jury. 5

Classification 7

Introduction. 11

France 26

Albon (marquis d'), 213. — Aubert et Marquiset, 228. — Austruy fils, 204. — Bedel père, fils et Cie, 236. — Berard (A.), 206. — Biétrix (V.) et Cie, 165. — Boutmy et Cie, 157. — Bradfer (E.) et fils et Cie, 210. — Capitain-Geny et Cie, 207. — Chappée (A.), 210. — Charrière et Cie, 158. — Chavane (Ve J.), 225. — Compagnie de l'Horme, 137. — Compagnie de Terre-Noire, 26. — Compagnie de Saint-Étienne, 152. — Compagnie d'Audincourt, 100. — Compagnie de la marine et des chemins de fer, 74. — Compagnie du chemin de fer d'Orléans, usines d'Aubin, 144. — Coutant (L.), 238. — Cubain (P. A.), 238. — Dalifol (A.), 147. — Darquey (E.), 216. — David, Damoizeau et Cie, 229. — Denonvilliers et fils, 179. — Dervaux-Ibled, 169. — Despret frères, 207. — Dorémieux fils et Cie, 173. — Dupont et Fould, 158. — Durand, Bossin et Iou, 235. — Durenne (A.), 131. — Fusellier-Leger et Thomé fils, 223. — Gailly et Maljean, 237. — Gourju (A.), 186. — Gourju frères et Cie, 167. — Griset et Schmidt, 173. — Haldy Rœchling et Cie, 124. — Henry frères, 237. — Jacob Holtzer et Cie, 93. — Jacquot (J.), 212. — Jamin (P.) et Cie, 199. — Lacombe (A.), 209. — Latapie (A.), 238. — Leborgne (E.), 237. — Legénisel (E. J.), 220. — Lobel et Turbot, 234. — Mandre (Ve de), 226. — Marrel frères, 91. — Martin (P. E.) forges de Bazaele, 145. — Mignon, Rouart et Delinière, 175. — Schneider et Cie, (Creuzot), 55. — Schutowiez (J. B. J.), 224. — Société Commentry-Fourchambault, 106. — Société de Marseille et des mines de Portes et Sénéchas,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES.

117. — Société de Montataire, 112. — Société de Firminy, 134. — Société de Franche-Comté, 155. — Société de Rozières, 223. — Société de Saint-Roch-lès-Amiens, 224. — Société de Champigneulles, 212. — Société de Maubeuge, 189. — Société du Val d'Osne, 134. — Société de Denain et d'Anzin, 122. — Société du Saut-du-Tarn, 161. — Société de Champagne, 193. — Société de Labouheyre, 184. — Société de Marquise, 156. — Société de Villerupt et Sainte-Claire, 211. — Société de Vezin-Aulnoye, 188. — Société de Gorcy et Mont-Saint-Martin, 191. — Société de la Haute-Moselle, 197. — Société de l'Ariége, 185. — Société de Tarn-et-Garonne, 211. — Société du Périgord (Fumel), 182. — Trémeau (E.), 201. — Trottier frères et Cie, 162. — Turquet-Colas (A.), 208. — Viellard-Migeon et Cie, 168. — Wargny (A.), 168.

Les Cloches. 239

Bollée (E.), 241. — Burdin aîné (J. C.), 242. — Cortal et Touya, 243. — Dencausse (U.), 239. — Drouot (P.), 242. — Dubuisson-Gallois, 243. — Hildebrand et Crouzet, 242. — Lucca, Poli, etc. (Italie), 244. — J. Pozdech (Hongrie), 244. — A. Samassa (Autriche), 244. — Shone et Cie (Amérique), 245.

Angleterre 247

Généralités, 247. — Andrew (J. H.), Co, 310. — Baldwin (E. P. W.), 299. — Bartt (F.), 319. — Bedford (J.) and sons, 313. — Broughn Copper, Co, 302. — Brown, Bayley and Dixon, 286. — Brown (J.), Co, 274. — Burys, Co, 299. — Cammel, Co, 278. — Cleveland Iron Master's Association, 249. — Francis, Thomas, Co, 317. — Glover (W. J.), Co, 300. — Granville The Earl, 300. — Guy (H.), Co, 314. — Hadfield steel Foundry, Co, 308. — Harrison Ainslie, Co, 307. — Hattersley (E. J.), Co, 316. — Hatton and sons, Co, 317. — Houghton James and son, 330. — Houghton (W. D.), 330. — Jessop (W.), and son, 293. — Jonas, Meyer and Colver, 311. — Jowitt, Thomas and sons, 313. — Landore Siemens steel, Co, 280. — Leeds Forge, Co, 303. — Lilleshall, Co, 307. — Newall (R. S.), 326. — Russell (J.), Co, 331. — Seebohm and Dieckstahl, 295. — Shaw John, 327. — Smith (W.) and son, 329. — Snedshill iron, Co, 318. — Spencer (J. R.) and son, 312. — Turton, Th., and sons 299. — Wardrobe and Smith, 316. — West-Cumberland iron and steel, Co, 285. — Whitwell, Thomas, 198. — Whitworth (J.), Co, 271. — Wigan coland iron, Co, 283. — Wright (W. B.), Co, 318.

Autriche-Hongrie. 333

Généralités, 383. — Andrassy (comte), 381. — Burger (A.), 380. — Braun's

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PAGES.

J. Söhne, 330. — Haardt et Cie, 380. — Muhlbacher (P.), 379. — Société autrichienne des chemins de fer de l'Etat, 338. — Société d'Eibiswald, 378. — Société métallurgique (J. R. P.) d'Innerberg, 368. — Société Vondernberg-Köflack, 376. — Usines à Graz, 378. — Usines de Miess, 377.

Russie 384

Généralités, 384. — Administration des mines de l'Est du Royaume de Pologne, 399. — Boutine frères, 400. — Demidoff (Prince de), Usines, 392. — Stenbock-Permor (la comtesse), 400. — Usine de Satkinsk, 400.

Suède 402

Généralités, 402. — Société Atlas, 426. — Société Befors. — Gullspang, 427. — Jernkontoret (exposition collective), 410. — Lindberg Cie, 427. — New-Gallivara Cie, 428. — Sundström, 428.

Norwége 430

Généralités, 430. — Aall et fils, 431.

Espagne 441

Généralités, 441. — Blandin, 456. — Société de Bolueta, 455. — Société Duro, 456. — Gotia et Cie, 456. — Guilhou à Mières, 452. — Heredia, 456. — Juan (J.), Jauregui, 455. — Martinez (C.), 456. — Olachea et Cie, 457. — Mines de Pedroso, 457. — Fonderie de Santander, 456. — Fabrique de Trubia, 456. — Ybarra hermanos, Co, 41.

États-Unis d'Amérique 458

Généralités, 458. — Barnum Richardson, Co, 474. — Lobdell (Car) Wheel, Co, 485. — Crane Bros, Co, 487. — Justice (P. S.), procédé Da Puy, 487.

CNAM RÉSERVE

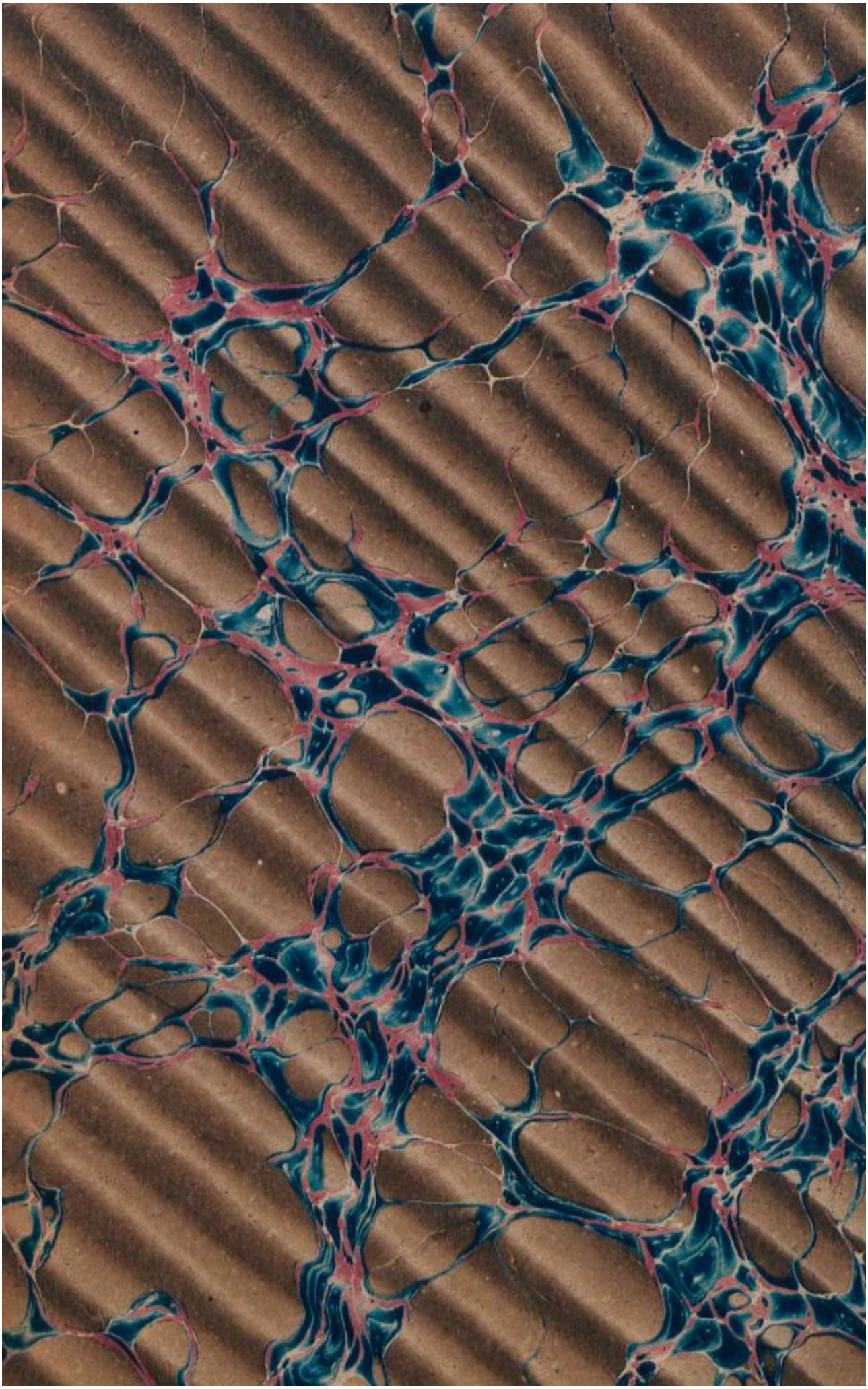
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

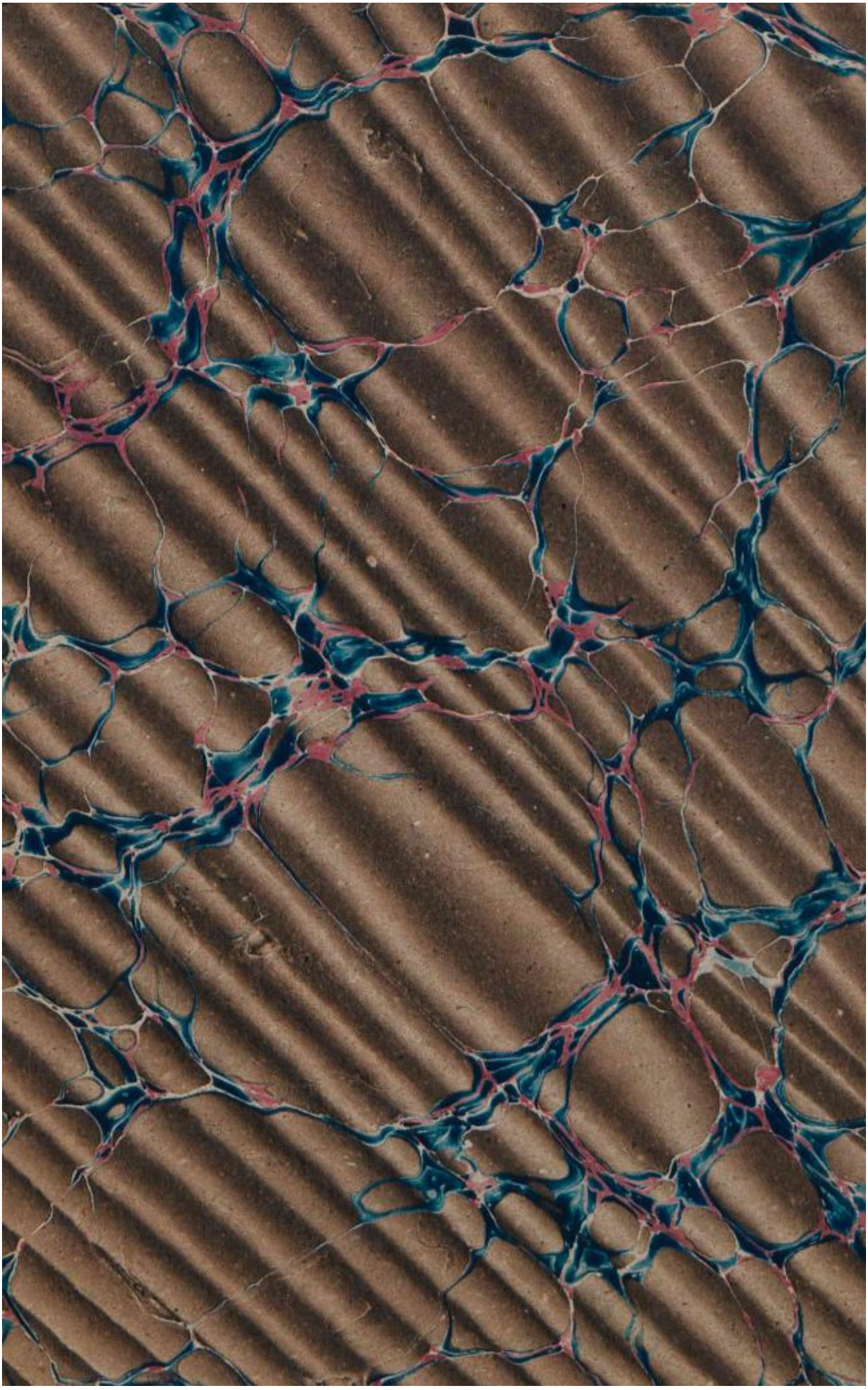
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires