

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1. Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par [Eclydre](#).
2. Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :
 - la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - <https://cnum.cnam.fr>)
 - la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.
3. Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :
 - les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
4. Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)
5. L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.
6. Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif
Auteur(s)	Auteur collectif
Titre	Conférences du dimanche
Adresse	Paris : Librairie de l'enseignement technique : Cnam, 1920-1926
Collation	23 vol.
Nombre de volumes	23
Sujet(s)	Sciences et industrie
Notice complète	0
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12KY48_2CC20
LISTE DES VOLUMES	
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	Conférence faite le 11 janvier 1920 sur les métallurgies
	Conférence sur l'aviation faite le 18 janvier 1920
	Conférence sur les recherches et les inventions faite le 25 janvier 1920
	Conférence faite le 1er février 1920 sur l'évolution du matériel d'artillerie
	Conférence faite le 15 février 1920 sur les chars d'assaut : historique technique, historique tactique, vues d'avenir
	Conférence faite le 22 février 1920 sur le service géographique de l'armée pendant la guerre
	Conférence faite le 29 février 1920 sur la fabrication des poudres et explosifs
	Conférence faite le 7 mars 1920 sur les radio-éléments et leurs applications
	Conférence faite le 14 mars 1920 sur la chimie de guerre : les gaz de combat
	Conférence faite le 21 mars 1920 sur le rôle du laboratoire d'usine
	Conférence sur les industries chimiques faite le 28 mars 1920
	Conférence faite le 16 janvier 1921 sur l'aide des colonies au relèvement de l'industrie nationale
	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les moteurs à combustion
	Conférence faite le 23 janvier 1921 sur les chemins de fer pendant et après la guerre
	Conférence faite le 30 janvier 1921 sur les richesses de l'Alsace et de la Lorraine
	Conférence faite le 13 février 1921 sur l'utilisation du combustible dans la métallurgie
	Conférence faite le 20 février 1921 sur la Roumanie nouvelle
	Conférence faite le 6 mars 1921 sur les banques d'émission et la guerre
	Conférence faite le 6 mars 1921 sur l'aluminium : emplois industriels du métal et de ses principaux alliages
	Conférence faite le 20 mars 1921 sur la valorisation du travail humain
	Conférence faite le 19 mars 1922 sur une mission au Canada
	Conférence faite le 2 avril 1922 sur l'état actuel de la télégraphie et de la téléphonie sans fil
	La structure de la matière et l'électricité [14 février 1926]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Auteur collectif
Titre	Conférences du dimanche
Volume	<u>Conférence faite le 11 janvier 1920 sur les métallurgies</u>
Adresse	Paris : Librairie de l'enseignement technique, 1920
Collection	La science et l'industrie françaises pendant la guerre : leur rôle dans l'œuvre de renaissance économique de notre pays, 1
Collation	1 vol. (36 p.) : ill. ; 19 cm
Nombre de vues	40
Cote	CNAM-BIB 12 Ky 48 (1)
Sujet(s)	Guerre -- Aspect économique -- France Guerre mondiale (1914-1918) -- France Guerre mondiale (1914-1918) -- Influence Industries métallurgiques -- France -- 1900-1945 Métallurgie -- France -- 1900-1945
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	29/10/2026
Date de génération du PDF	29/10/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/091359236
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12KY48.1

2° Ky 48¹/₂

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISES PENDANT LA GUERRE
LEUR RÔLE DANS L'ŒUVRE DE RENAISSANCE ÉCONOMIQUE DE NOTRE PAYS

A

Conférence faite le 11 Janvier 1920

SUR

LES MÉTALLURGIES

PAR

M. LÉON GUILLET

Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers
et à l'École centrale des Arts et Manufactures.



PARIS

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

3 bis, rue Thénard (V°)

—
TOUS DROITS RÉSERVÉS

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

292, rue Saint-Martin, Paris (3°).

Le Conservatoire national des Arts et Métiers comprend :

1° Un **musée industriel** contenant des collections uniques d'appareils et de modèles dont le nombre s'élève à plus de 15 000 et parmi lesquels se trouvent des objets historiques de la plus haute importance.

2° Un **enseignement public et gratuit** pour l'application des sciences aux arts industriels et ne comprenant pas moins de 23 cours :

Géométrie appliquée aux arts. — Mécanique. — Machines. — Physique appliquée aux arts. — Électricité industrielle. — Métallurgie et travail des métaux. — Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie. — Chimie agricole et analyse chimique. — Chimie industrielle. — Chimie appliquée aux industries des matières colorantes. — Chimie appliquée aux industries des chaux et ciments. — Filature et tissage. — Constructions civiles. — Art appliqué aux métiers. — Agriculture. — Économie industrielle et statistique. — Assurance et Prévoyance sociales. — Associations ouvrières. — Hygiène industrielle. — Économie sociale. — Droit commercial. — Géographie commerciale et industrielle. — Économie politique.

En outre, des conférences sur des sujets d'actualité sont faites dans le courant de l'année.

3° Un **enseignement pratique** donné dans la journée et qui constitue une préparation directe à l'industrie.

Cet enseignement porte actuellement sur les machines, la métallurgie, la mécanique, la physique, l'électricité industrielle, la filature et le tissage.

4° Une **bibliothèque** contenant une riche collection d'ouvrages relatifs aux sciences, aux arts, à l'agriculture et à l'industrie et renfermant environ 53 000 volumes ou cartes. C'est un centre de documentation pour les industriels, les commerçants, les ouvriers; les étudiants, les élèves des grandes Écoles y trouvent aussi les ouvrages utiles à leurs études.

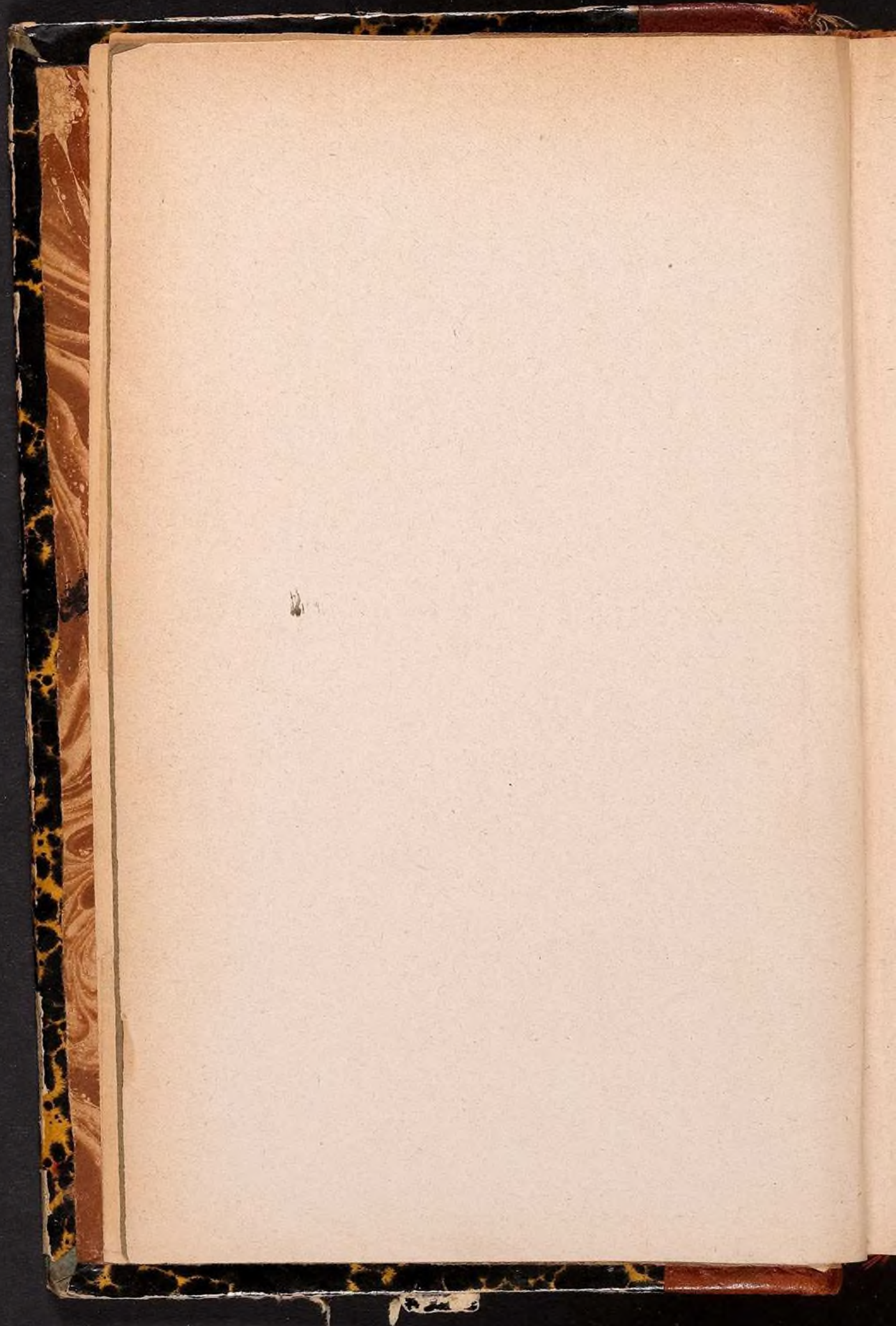
5° Un **laboratoire d'essais industriels** dont le but est de permettre aux Services de l'État, aux industriels, commerçants et particuliers de soumettre les produits bruts ou manufacturés de toute nature, les machines et les appareils, aux essais mécaniques, physiques, chimiques ou aux essais de machines susceptibles de les qualifier.

6° Un **musée de prévention des accidents du travail et d'hygiène industrielle** qui constitue une exposition permanente des appareils protecteurs et des dispositifs de sécurité et d'hygiène industrielle les plus pratiques et les plus perfectionnés.

7° Enfin un **laboratoire de recherches sur le travail professionnel** qui poursuit l'application, au monde économique, des méthodes de discipline et d'ordre de l'activité humaine. Le but à atteindre est le rendement social maximum; les moyens sont dans l'organisation de l'outillage et de la main-d'œuvre, et, avant tout, de l'apprentissage.

LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISES
PENDANT LA GUERRE

LES MÉTALLURGIES



12° Ky 48 (1)

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Conférence faite le 11 Janvier 1920

SUR

LES MÉTALLURGIES

PAR

M. Léon GUILLET

Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers
et à l'École centrale des Arts et Manufactures.



LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

3 bis, Rue Thénard, PARIS, V^e

1920

TOUS DROITS RÉSERVÉS

Mesdames, Messieurs,

Les Conseils du Conservatoire national des Arts et Métiers ont décidé que, cette année, la série des grandes Conférences du dimanche serait intégralement consacrée à l'étude de l'effort de la science et de l'industrie françaises pendant la guerre. Ils ont justement pensé que cette étude devait être faite dans cette « Sorbonne industrielle » qui constitue, assurément, le Centre de notre enseignement technique supérieur le plus ouvert à tous.

Nul besoin de vous assurer que, de quelque manière, nous n'éprouvons ici le désir d'abaisser en quoi que ce soit le rôle de nos armées, de leurs chefs et de leurs soldats : notre respectueuse reconnaissance s'en ira toujours vers eux ; l'histoire, à travers les siècles, continuera à chanter les louanges des Foch, des Joffre et des Pétain, et inscrira d'une façon indélébile sur ses tablettes, les noms de nos glorieux soldats et particulièrement de ceux mortellement tombés à l'ennemi. Mais notre rôle, dans cette Conférence et dans les conférences qui vont suivre, est d'apporter des faits et des chiffres précis que l'histoire, aussi, enregistrera, afin que nul ne doute que l'industrie française tout entière, les grands chefs

comme les plus modestes ouvriers, les ingénieurs comme les manœuvres ont participé d'une façon certes moins glorieuse et moins méritoire que nos soldats, mais d'une façon cependant effective, à la victoire définitive de nos armes et à la gloire du pays.

J'ai été chargé, Messieurs, de vous parler du rôle des métallurgies pendant la guerre. Je tiens à vous faire ressortir de suite l'importance de la question. Je ne voudrais pas, en quoi que ce soit, empiéter sur les conférences futures, qui vous seront faites d'une part par M. le Colonel Rimailho dont le nom est attaché aux progrès les plus récents et les plus importants de l'artillerie lourde, d'autre part par l'éminent sidérurgiste français, M. Charpy, membre de l'Institut, mais cependant, je vous demande la permission de vous citer un chiffre, un seul : au moment de la mobilisation, on prévoyait une fabrication de 10 à 12 000 obus par jour, et l'on estimait que le stock existant en France serait suffisant pour faire toute la guerre. Vous savez ce qu'il arriva au moment de la bataille de la Marne et comment nos armées ne purent avancer manquant complètement de munitions; mais ce que vous savez peut-être moins, c'est que la fabrication française a atteint par jour, à certains moments, jusqu'à 400 et 450 000 obus. C'est vous dire assez la quantité de métal qu'il a fallu produire ou importer.

Je diviserai cette Conférence en trois parties bien nettes : 1° Influence de l'invasion; 2° Influence de la réaction; et enfin, 3° Conséquences de notre victoire sur l'avenir de notre industrie métallurgique.

Donc, avant tout, l'invasion; mais, étant donné

que je vais surtout vous parler des métallurgies du fer, je vous demande la permission de vous rappeler très brièvement, en quelques mots, sans aucune prétention technique et, en les vulgarisant le plus possible, les principes mêmes de la métallurgie du fer.

Je vous rappelle que toute la métallurgie du fer est basée sur la réduction des oxydes par le carbone, et que dans cette réduction, qui se passe au haut fourneau, on n'obtient, non pas du fer, mais bien un alliage de fer et de carbone impur, le fer se cémentant dès 850° environ. La fonte est donc le premier stade de la fabrication du fer, et à l'heure actuelle, on ne connaît aucun procédé industriel permettant d'obtenir du premier jet des aciers, c'est-à-dire des alliages de fer et de carbone relativement pauvres en carbone et en impuretés.

Lorsqu'on a obtenu cette fonte, fer carburé essentiellement impur qui ne peut être utilisé que pour certains usages, notamment la préparation de certains moulages, il faut la transformer en acier. Pour cela, nous avons à notre disposition plusieurs méthodes. La première consiste à prendre ce fer carburé impur, à le soumettre à l'action de l'air pour brûler les impuretés : carbone, silicium, soufre, phosphore et manganèse, le phosphore notamment dans certaines conditions très précises, en milieu basique; on arrive ainsi à avoir du fer relativement pur que l'on peut recarburer au degré voulu. Pour fournir l'oxygène nécessaire pour brûler ces impuretés, on peut, ou bien avec Bessemer et Thomas verser la fonte liquide dans des appareils appelés cornues et qui sont soufflés à la partie infé-

rieure, l'air produisant la température nécessaire non seulement pour maintenir la fonte à l'état liquide, mais en outre, par la combustion intermoléculaire des différentes impuretés, pour obtenir le fer produit — lequel fond aux environs de $1\ 500^{\circ}$ — à l'état liquide.

Mais on peut donner également l'oxygène nécessaire à la combustion des impuretés par de l'oxyde de fer, par un minerai suffisamment pur, et opérer dans des fours chauffés, fours à sole portant le nom du métallurgiste français Martin, chauffés au moyen de gaz et d'air, préalablement portés à température élevée par récupération des chaleurs contenues dans les produits de la combustion.

On peut également prendre la fonte, qui est un alliage de fer et de carbone très impur et fondre avec cette fonte des riblons, procéder par dilution des impuretés contenues dans la fonte. C'est le procédé Martin connu sous le nom de « scrap process », procédé utilisant les déchets.

Enfin, à côté du procédé synthétique du creuset (qui prend du fer que l'on carbure par cémentation et qui le fond en creuset), il faut citer les procédés électro-métallurgiques, presque tous de naissance française. Ils utilisent généralement les fours à électrodes des types Héroult, Girod, Keller, Chaplet. Le courant entrant par une ou plusieurs électrodes traverse le bain et sort par d'autres électrodes (Héroult), ou bien par des masses polaires situées dans la sole (Girod), ou enfin par une masse polaire placée hors du four et rejoint à celui-ci par un canal conducteur. Ces fours électriques peuvent être utilisés de différentes façons :

1° On peut y opérer simplement une fusion comme dans le four à creuset ;

2° On peut y faire un affinage comme au four Martin et même plus poussé qu'au four Martin, notamment au point de vue soufre ;

3° Le four électrique permet de faire du superaffinage, c'est-à-dire de prendre de l'acier dont on a commencé l'affinage dans les appareils ordinaires : cornue ou four Martin, et dont on pousse l'affinage beaucoup plus loin en four électrique.

Voilà en quelques mots, rappelées sans aucune prétention d'ordre technique ou scientifique, les bases de la métallurgie du fer.

Ceci dit, j'arrive à la première partie de cette conférence : effets de l'invasion

I. — L'Invasion.

Je regrette que vous n'ayez pas pu assister avant-hier au discours qui fut prononcé à la Société des Ingénieurs civils de France par M. Gruner, vice-président du Comité des Houillères de France, au moment où il prenait possession de la présidence de la Société des Ingénieurs civils. Il a montré les effets de l'invasion sur nos bassins houillers du Nord et a donné des chiffres extrêmement précis.

220 fosses sont complètement inutilisables. Bien entendu, on a eu soin de briser le cuvelage à une hauteur parfaitement étudiée, déterminée, si l'on peut employer un pareil terme scientifiquement, de façon que l'eau puisse jaillir à l'intérieur de la fosse. La quantité d'eau se trouvant dans les fosses

détruites par l'ennemi est évaluée approximativement à 80 millions de mètres cubes. On estime que le tonnage de charpentes qu'il va falloir enlever, complètement détruites et abattues, s'élève à 200 000 tonnes : je parle des mines et non des usines métallurgiques. De ce fait, chaque année, il y a une diminution de notre production houillère — dont vous vous apercevez tous — de 20 millions de tonnes. Les gens les moins pessimistes estiment qu'on n'arrivera pas au chiffre normal de production, avant 1927 et que l'ensemble de la destruction représente plus de 3 milliards.

Voici d'ailleurs des chiffres précis, et je ne saurais prendre de meilleure référence, extraits du rapport officiel fait par M. Dubois, actuellement Ministre du Commerce et de l'Industrie, à la Chambre des Députés.

Houillères :

	Tonnes.
Travaux de fond.	990 000 000
Travaux de surface	440 000 000
Matériel enlevé ou abîmé.	1 404 000 000
Matériel vieux enlevé	400 000 000
Total	3 234 000 000

Métallurgie :

Reconstruction de l'outillage	4 800 000 000
Matériel enlevé	1 800 000 000
Total	6 600 000 000

[Ici a été faite une série de projections sur les mines détruites, particulièrement les mines de Lens, montrant les sièges d'exploitation et le pays en 1914 et en 1918.]

Passant aux usines métallurgiques, j'indiquerai tout particulièrement par des projections les destructions opérées aux usines de Denain et Anzin.

J'insisterai notamment sur l'anéantissement d'un des plus beaux halls de laminage de France, en juillet 1914, occupant 3 hectares de terrain dont 2 1/2 couverts, ayant coûté plus de 8 millions, entièrement achevé et prêt à fonctionner en août 1914. Actuellement, c'est le désert complet. On voit encore les emplacements des fondations, quelques pieux. C'est tout. (De nombreuses projections sont faites de Denain et Anzin et de Pont-à-Mousson.)

On voit ce qu'a été l'action des Allemands dans tous les pays envahis, non pas seulement dans la zone de feu, mais dans la zone occupée. Je crois qu'aujourd'hui même, puisque le *Journal Officiel* de ce matin contient la promulgation du Traité de Paix, il est bien permis de répéter que le premier devoir de toute la France est d'obtenir que l'ennemi répare et paye, et que le premier devoir qui s'impose à tous est d'exiger que l'ennemi rende à toute notre industrie ce qu'il lui a pris et volé.

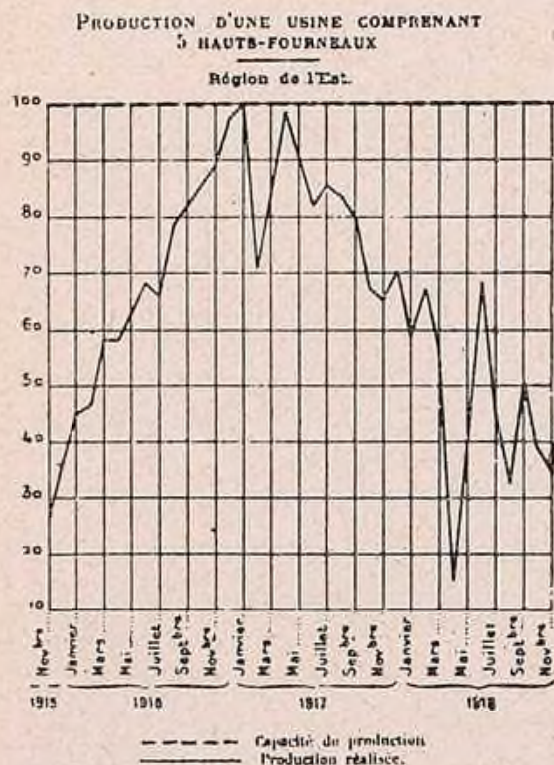
Cherchons maintenant à chiffrer l'influence de l'invasion sur la production.

Mais entrons dans les détails avec le tableau suivant (page 13).

Voici (fig. 1), extraite d'un livre très remarquable de M. Pinol, une courbe extrêmement intéressante sur la production d'une usine comprenant 5 hauts fourneaux dans l'est de la France; vous voyez en traits pleins la production réalisée. Regardez ces pointes extraordinaires montrant l'irrégularité de la production. Cela provient de ce que les approvi-

sionnements était, eux-mêmes, tout à fait irréguliers.

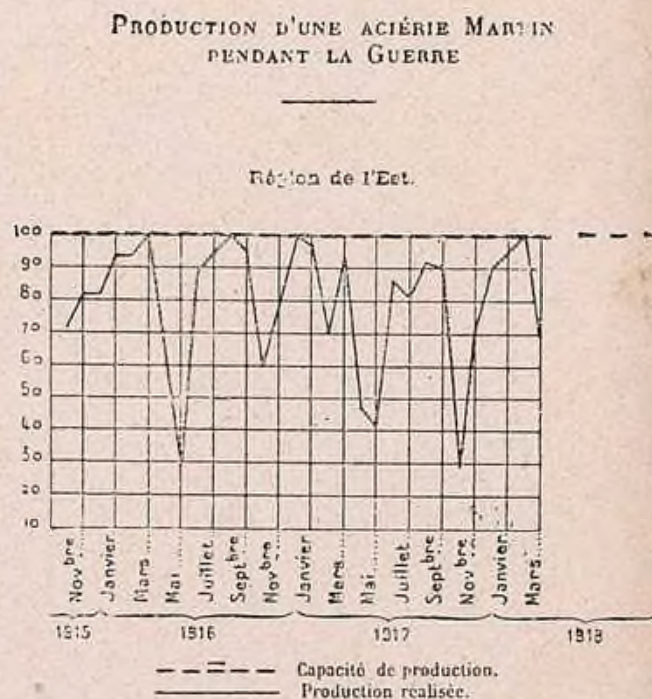
Voici (fig. 2) une autre courbe non moins intéressante, donnant la production d'une aciérie Martin pendant la guerre dans la région de l'Est. Regardez



L'usine n'a été remise en marche qu'en novembre 1915; elle était arrêtée depuis la mobilisation.
Tonnage annuel de coke nécessaire pour alimenter les hauts-fourneaux : 350 000 tonnes environ.
Tonnage dont l'usine a disposé :

En 1915	80 000 tonnes.
En 1916	225 000 —
En 1917	349 000 —
En 1918	103 000 —

FIG. 1.



L'aciérie a été remise en marche en octobre 1915; sa marche irrégulière a été motivée par le manque de charbon, de main-d'œuvre et de produits réfractaires.
Le manque de charbon a contraint de l'arrêter en mars 1918.
Un four de 80 tonnes, construit entre temps, n'a jamais pu être mis en service.

FIG. 2.

(D'APRÈS M. PINOT.)

les minimums très accusés provenant soit encore de l'irrégularité des approvisionnements, soit souvent de la mauvaise qualité des produits réfractaires qui causait des affaissements subits de la voûte et immobilisait les fours pendant des réparations prolongées.

Influence de l'invasion sur la production métallurgique française.

1° Métallurgie du fer.

	FONTE		ACIER	
	Total (tonnes).	P. 100.	Total (tonnes).	P. 100.
Production totale de 1913 .	5 207 000	100	4 686 000	100
— des usines en territoire envahi	3 336 000	64	2 827 000	60
Production des usines sur le reste du territoire . .	1 871 000	36	1 859 000	40

	Nombre total des appareils en 1913.	Nombre des appareils situés en territoire envahi.
Hauts fourneaux (en feu en 1914) . .	170	85
Fours Martin	164	48
Convertisseurs	100	53

2° Autres métallurgies.

	Production en 1913.	Production de la zone envahie.	P. 100 restant.
Cuivre	12 000 tonnes.	11 000 tonnes.	9
Plomb. . . .	28 000 —	6 200 —	78
Zinc.	68 000 —	52 000 —	23

3° Charbons.

	Production en 1913.	Production de la zone envahie.	P. 100 restant.
Houille. .	40 844 000 tonnes.	30 225 000 tonnes.	26
Coke. . .	4 027 000 —	3 080 000 —	23

II. — La Réaction.

Parlons maintenant d'une question beaucoup plus consolante : celle de la réaction.

Vous savez qu'au moment de la bataille de la Marne, un homme éminent dont j'ai grand plaisir à prononcer le nom ici puisqu'il a été Président du Conseil d'administration du Conservatoire des Arts et Métiers, M. Millerand, était alors Ministre de la Guerre. Il comprit dès cette époque l'importance que devait jouer l'industrie française dans les combats ultérieurs. La réaction se fit vite sentir, au moment où nos armées étaient stabilisées sur l'Aisne, au moment où l'on parlait de la fameuse « Course à la mer ».

Cette réaction, il est bien difficile de l'étudier en détail. Cependant, je vais vous citer quelques chiffres et vous en projeter un grand nombre, m'excusant de vous en donner autant. Vous verrez combien les résultats obtenus sont saisissants.

Dès qu'on parle de la remise en marche des usines, en 1915, on commence à s'apercevoir de la faute énorme que l'on avait commise au début de la guerre en enlevant tous les ouvriers des usines civiles, aussi bien que des ateliers de constructions militaires pour ne plus y laisser que des réservistes. En juillet 1915, par exemple, 20 hauts fourneaux sont rallumés. C'est 1/4 seulement de ce qui nous reste. En janvier 1916, on en remet en marche 20 autres. Il est évident que la reprise du travail fut essentiellement lente.

Je tiens à vous montrer maintenant l'effort prodigieux qui a été fait soit pour édifier de nouvelles usines, soit pour augmenter les ateliers existants.

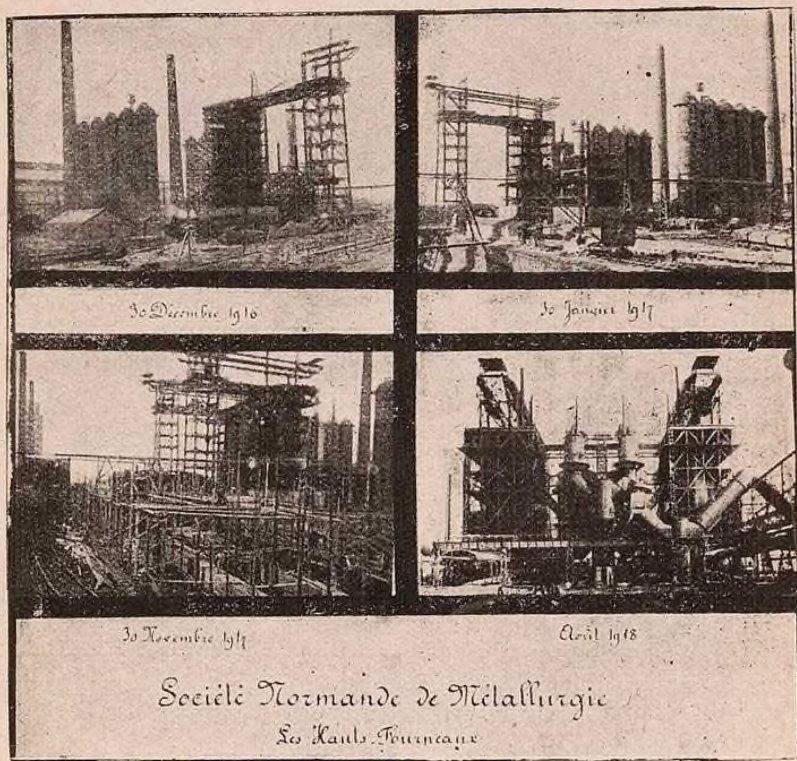


FIG. 3 A 6.

Voici la Société normande de métallurgie qui avait commencé ses constructions un peu avant la guerre ; elles ont été d'abord abandonnées, puis, sous la forte poussée des besoins, MM. Schneider et C^{ie}, d'une part, la Compagnie de la Marine et d'Homécourt, d'autre part, ont donné l'effort nécessaire, et on a

construit aux environs de Caen l'une des usines les plus puissantes et les plus remarquables de France, utilisant le minerai situé sur place.



FIG. 7 A 10.

Voici des vues (fig. 3 à 6) vous indiquant la progression extrêmement rapide, dans la construction des hauts fourneaux.

D'autre part, une aciérie Thomas très importante

a été rapidement édiflée : c'est le plus grand vaisseau de France construit en ciment armé (fig. 7 à 10).

Au Creusot même, MM. Schneider et C^{ie} ont con-

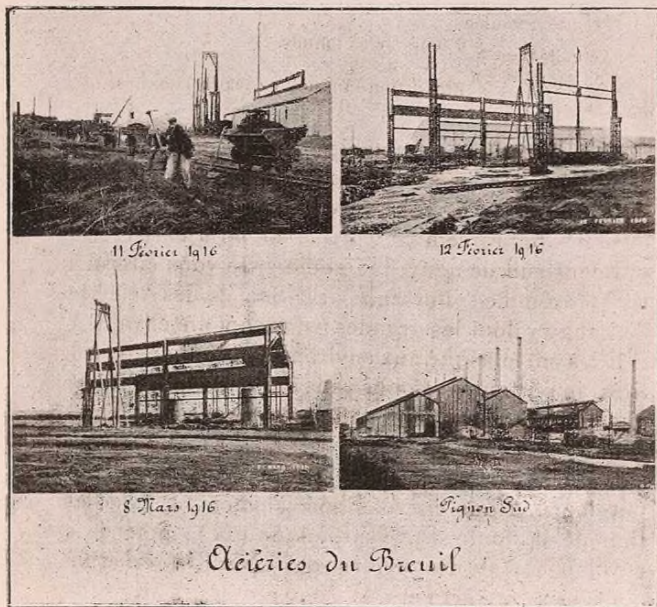


FIG. 11 A 14.

sidérablement augmenté leur production en construisant l'aciérie du Breuil. Voici quelques vues et quelques dates intéressantes (fig. 11 à 14).

Aciéries du Breuil (Le Creusot).

Prise de la décision	1 ^{er} septembre 1915
Début des terrassements	1 ^{er} novembre 1916
Début du montage.	1 ^{er} janvier 1916
Première coulée	1 ^{er} août 1916
Actuellement	{ 6 fours de 60 tonnes. 2 — de 30 — Production annuelle : 300 000 tonnes.
en marche.	

Mais des efforts semblables ont été produits non seulement par les sociétés qui avaient leurs usines en dehors de la zone envahie, mais les usines envahies ont rassemblé leur personnel à l'arrière et ont construit de nouveaux ateliers. Je vous citerai à titre d'exemple l'effort fait par la Société des Aciéries de Longwy dont les grandes usines ont été envahies.

Elles ont fabriqué aux environs de Paris des quantités importantes d'obus en fonte aciérée. Voici quelques photographies de leurs nouvelles fonderies (fig. 15 et 16).

D'autre part le four électrique s'est beaucoup développé. Nous citerons spécialement la fabrication de la fonte dite synthétique qui a amené le développement des usines de Livet, la création d'usines à Nanterre et à la Compagnie des Mines de la Loire (fig. 17 et 19). Nous reviendrons plus loin sur le procédé même de fabrication.

Les efforts se sont multipliés de tous les côtés, dans toutes les usines, à Saint-Chamond, à Montluçon, à Trignac, etc.; dans l'industrie de l'aluminium, comme dans l'industrie du laiton, dans les usines sidérurgiques comme dans les fonderies de cuivre. Deux produits, peu connus, se sont spécia-

lement développés : la fonte aciérée et la fonte synthétique.

La fonte aciérée n'est pas à proprement parler un

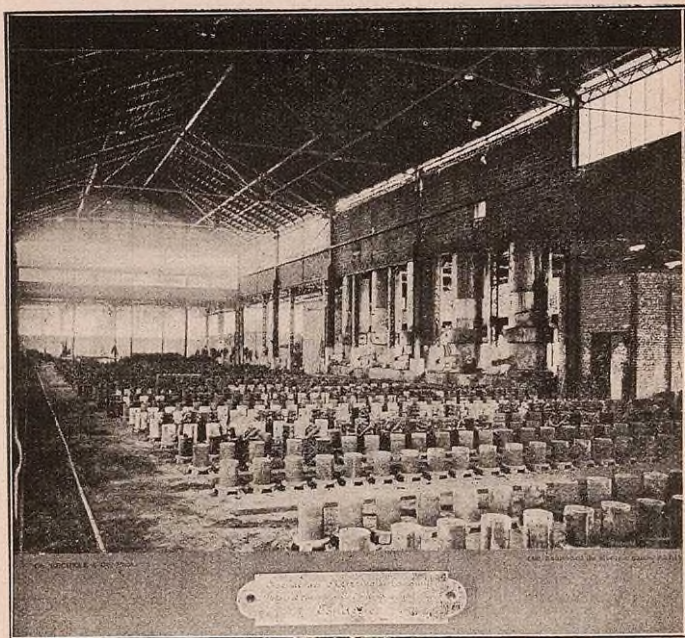


FIG. 15.

produit nouveau, mais elle était peu utilisée; c'est une fonte à relativement faible teneur en carbone, allant comme composition vers celle des aciers, mais s'en écartant cependant beaucoup; c'est une fonte à 3 p. 100 de carbone avec 2,5 p. 100 de silicium et 0,8 à 1 p. 100 de manganèse (soufre et phosphore

minimum). Cette fonte est obtenue au cubilot ou plus rarement au four à réverbère, en ajoutant à la fonte de l'acier, mais c'est une fabrication qui

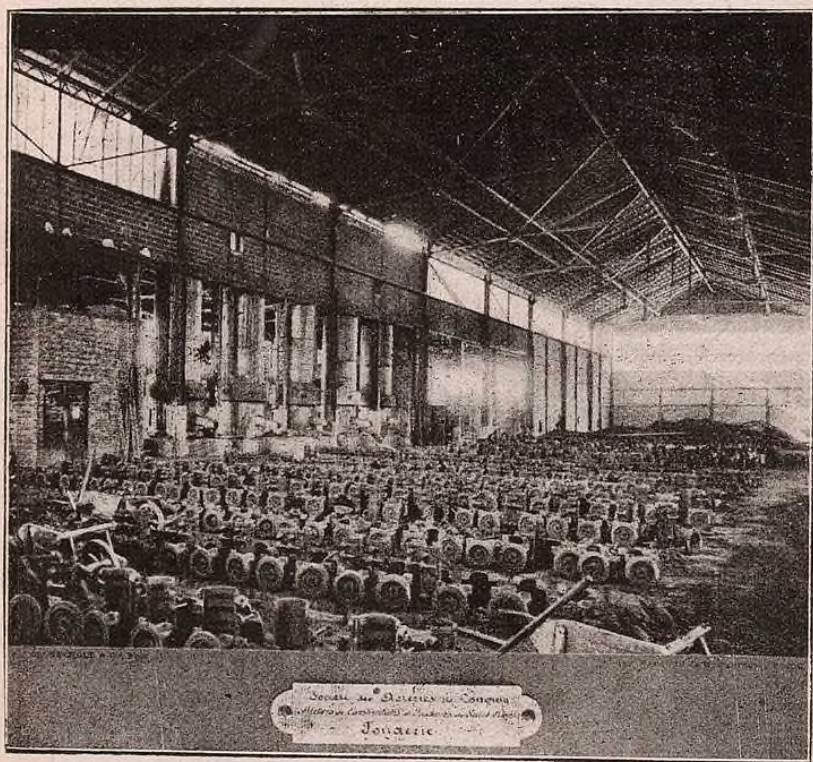


FIG. 16.

demande à être suivie de près et il est intéressant de constater que presque toutes les fonderies françaises l'ont entreprise pendant la guerre et que cela leur a donné des habitudes de précision dont elles ne se départiront pas dans la suite.

Je vous ai parlé également de la fonte synthétique.

C'est peut-être un terme un peu violent. La fonte synthétique est faite au four électrique. En réalité, le four électrique a cette particularité que c'est le

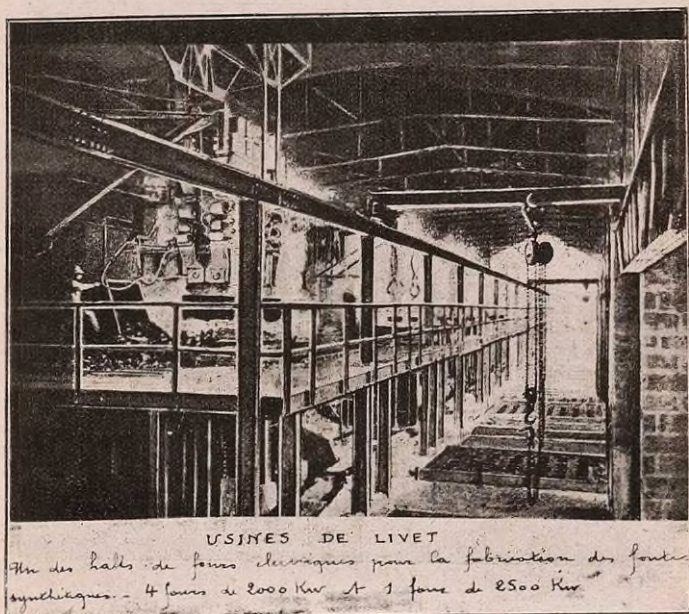


FIG. 17.

seul appareil métallurgique qui permette de mettre dans le lit de fusion 100 p. 100 de tournures, ces longues chevelures qu'on n'a qu'à prendre à la fourche et à jeter dans l'appareil.

Dans la méthode utilisée par M. Keller, on fond en même temps les tournures en y ajoutant du car-

bone de telle sorte qu'au fur et à mesure, le carbone
cémentant le fer, l'opération se fait avec un meilleur
rendement.

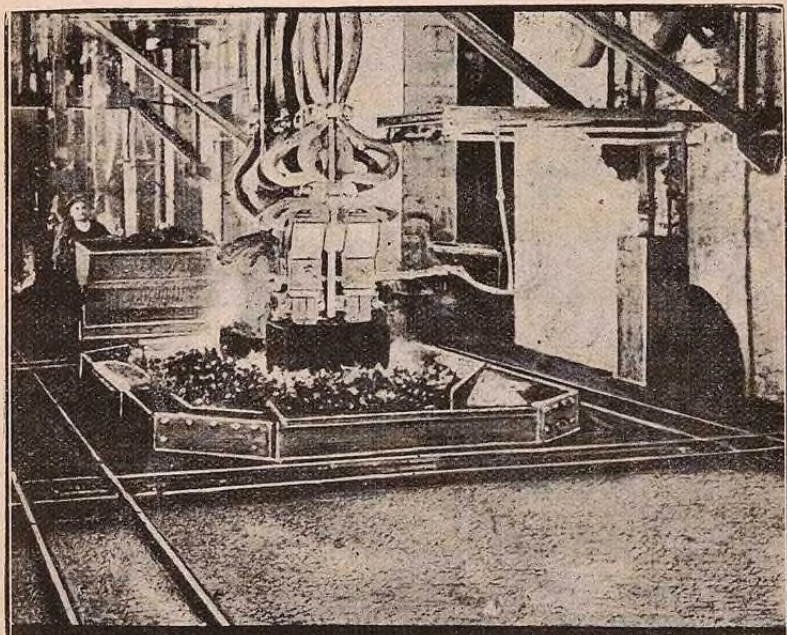


FIG. 18. — UN FOUR KELLER A FONTE SYNTHÉTIQUE.

Chiffrons un peu les résultats de ces efforts en
sidérurgie :

Production en coke, fonte, aciers.

	1913	1916	1917	1918
Coke métallurgique .	4 027 000	1 679 000	2 195 000	1 966 000
Fonte.	5 207 000	1 447 000	1 684 000	1 289 000
Acier.	4 687 000	1 952 000	2 231 000	1 809 000



FIG. 19.

Production des Aciéries.

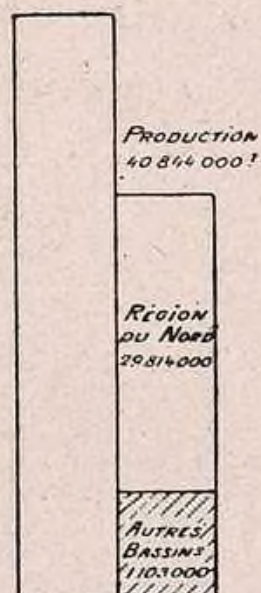
	1913	1917	1918
Acier Martin	1 582 000	1 499 000	1 313 000
— au convertisseur	3 059 000	639 000	396 000
— au creuset	24 000	40 000	42 000
— électrique	21 000	54 000	58 000

Dans les autres métallurgies l'effort n'a pas été moindre. On a construit deux très importantes

Charbon.

Influence de la Guerre sur la production

CONSUMATION
58 441 000 TONNES



SITUATION EN 1913

PRODUCTION RÉDUITE
18 410 000 T



EFFETS DE L'INVASION

PRODUCTION
EN 1917
28 891 700 T



EFFETS DE LA RÉACTION

FIG. 20.

Puissance disponible
8 000 000 HP



Situation
en 1913

*Forces hydrauliques.
Développement des installations
en France*

Puissance équipée
750 000 HP



En installation
400 000 HP
Puissance équipée
1 200 000 HP

Effort réalisé
pendant la Guerre

FIG. 21.

Fonte.

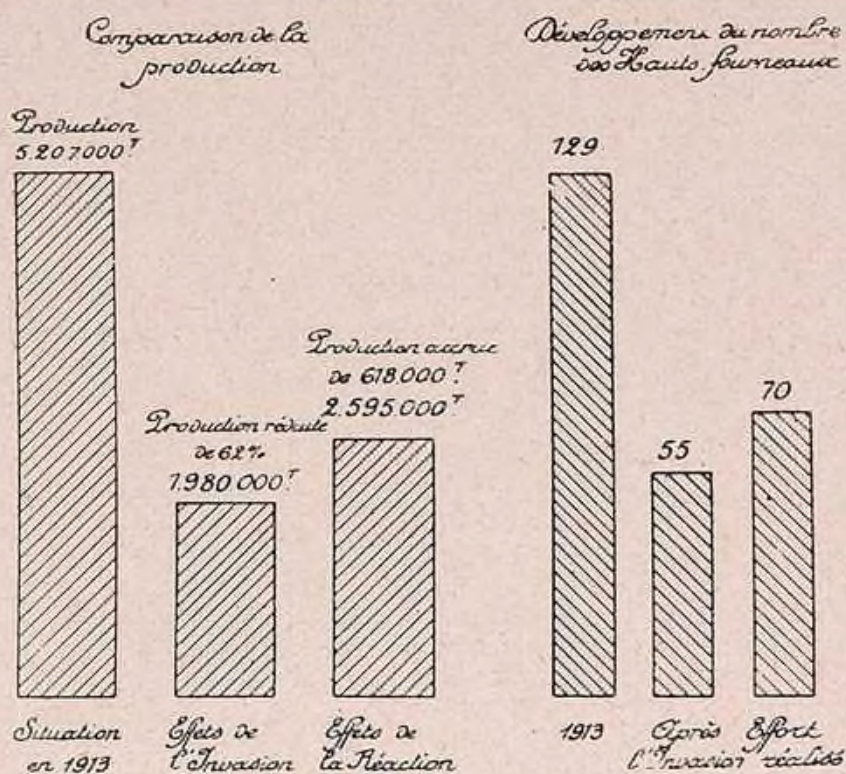


FIG. 22.

Acier.

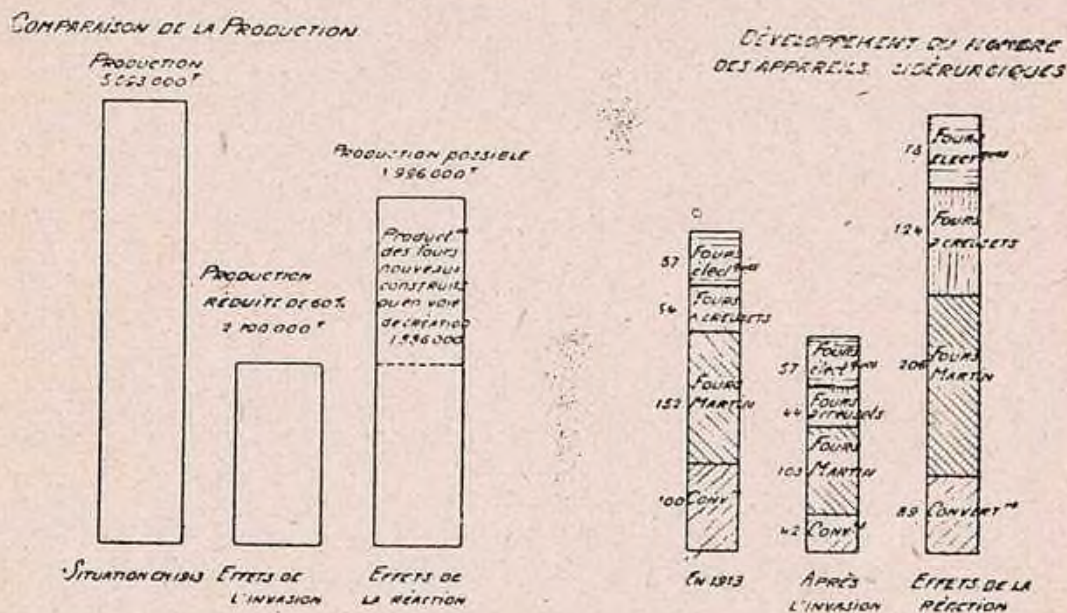


FIG. 23.

usines électro-métallurgiques qui n'ont pas pu encore fonctionner; elles ont pour but d'affiner

le cuivre par électrolyse. Cette opération est très intéressante non seulement parce qu'elle permet d'avoir un cuivre contenant 99,6 p. 100 de cuivre, mais également parce qu'elle permet de récupérer d'une façon extrêmement simple l'argent et l'or,

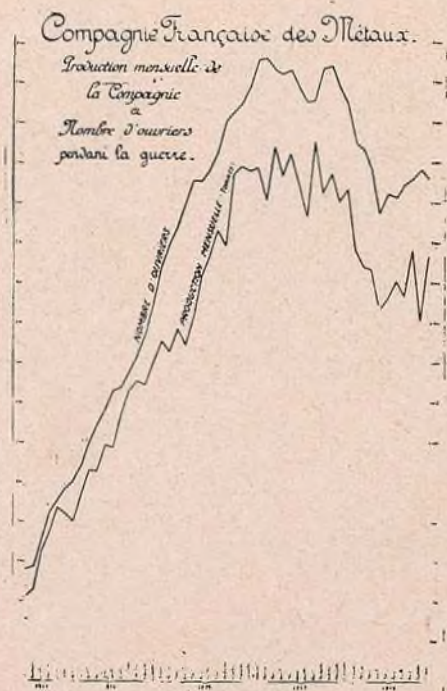


FIG. 24.

les métaux précieux contenus dans le cuivre initial.

Ces deux usines appartenant l'une à MM. Grammont, l'autre à la Société électro-métallurgique de Dives ont été construites aux environs de Pauillac et de Limoges, et vont permettre de produire 25 000 tonnes de cuivre électrolytique par an.

La courbe de la figure 24 montre l'extension con-

sidérable prise par la Compagnie française des Métaux dirigée par M. Vésier.

Au point de vue du plomb, nous possédions plusieurs fonderies en France, dont deux très importantes à Couëron et à Noyelles-Godault; une autre se trouvait en Tunisie, à Mégrine, et était exploitée par ce grand organisme allemand qui avait étendu ses tentacules dans le monde entier : la « Metalgesellschaft ». Mise sous séquestre au début de la guerre, l'usine a été confiée pour exploitation à la Société de Penaroya, société essentiellement française. Cette même société a construit à Marseille une très importante usine à plomb pour traiter le minerai du bassin méditerranéen d'une part, et faire, d'autre part, la désargentation du plomb d'œuvre. Cette usine produira par an 30 000 tonnes.

D'autre part, pendant la guerre même, un nouveau procédé a été mis à jour à l'Anaconda, aux États-Unis, pour traiter certains minerais de zinc par l'électrolyse. On a envoyé une mission française pour étudier ce procédé sur place, et la Société de Penaroya a décidé l'édification dans les Pyrénées d'une usine utilisant ce procédé.

Toujours au point de vue du zinc, nous avons été appauvris par l'invasion, à cause de la main-d'œuvre d'une part, du charbon d'autre part, et parce que presque toutes les usines se trouvaient en pays envahi. On a fait cependant un effort méritoire. La seule usine à zinc importante, située à l'arrière, appartenant à la Société de la Vieille-Montagne, celle de Viviez (Aveyron), a augmenté sa production de 24 000 tonnes par an, ce qui est formidable, puisque la production française totale était

aux environs de 70 000 tonnes avant la guerre et la consommation de 90 000 tonnes environ.

D'autre part, la Compagnie Asturienne d'Auby, a construit à Rochefort une usine de toutes pièces, produisant 6 000 tonnes. Enfin, une Société nouvelle s'est constituée : la Société des zincs purs, à Salindres, elle produit 1 200 tonnes de zinc pur.

Pour le nickel, les changements ont été très profonds. Vous savez qu'il y a dans le monde deux sources importantes de nickel : le Canada d'une part, la Nouvelle-Calédonie d'autre part. La Nouvelle-Calédonie ne faisait qu'une faible partie de la fabrication du nickel sur place : elle envoyait les mattes dans une série d'usines dont les principales appartiennent à la Société française « Le Nickel ». On n'avait jamais traité la matte sur place, on disait qu'il fallait des tours de main extraordinaires. Actuellement la conversion de la matte se fait sur place dans les usines calédoniennes.

D'autre part, avant la guerre, on avait cherché à un moment à appliquer le four électrique au traitement de la garniérile, minéral qui est un silicate double de nickel et de magnésie contenant du fer. On mettait cette garniérile en présence de charbon et de chaux, on chauffait à la température du four électrique ; malheureusement, on réduisait en même temps la silice de telle sorte, qu'en réalité, le produit obtenu avant la guerre était un ferro-nickel contenant 8 à 10 p. 100 de silicium. On en avait peu l'emploi.

On a cherché à parfaire cette méthode. A l'heure actuelle, en Nouvelle-Calédonie, on produit du ferro-nickel relativement très pur.

Enfin, pour la métallurgie de l'antimoine, métal-

Laiton
Influence de la Guerre sur la production des barres
planches, fils et tubes de laiton et de cuivre rouge
Capacité de production
des usines développées
539.700 T.

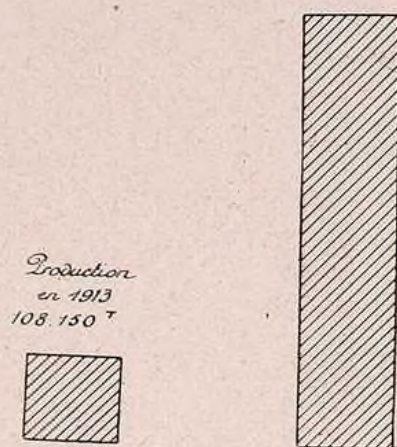


FIG. 25.

lurgie très française (deux principaux pays produc-

Aluminium
Influence de la Guerre sur la production
Capacité de
Production spéciale
20.000 T.

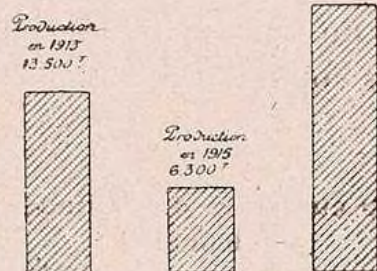


FIG. 26.

teurs : la Chine et la France), certains gisements français étaient épuisés en 1914, notamment les

gisements de la Lucette, près de Laval. On se préoccupa alors d'utiliser pendant la guerre — car l'antimoine est un métal de guerre, le seul qui permette de durcir le plomb — les minerais d'Algérie. M. Marcel Biver, ingénieur de la Compagnie de la

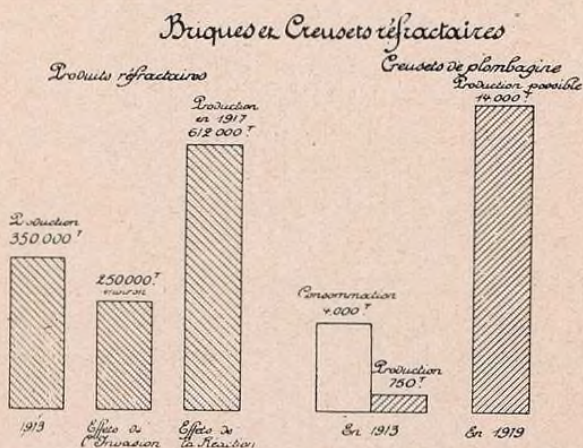


FIG. 27.

Lucette, créa une nouvelle méthode pour utiliser non plus des minerais sulfurés, mais des minerais oxydés. A l'usine de Langeac, on réduit l'oxyde Sb_2O_3 au water-jacket, on obtient de l'antimoine qui coule en bas du four, mais une partie se volatilise et est traitée comme dans la méthode ordinaire au réverbère.

Production du cuivre et des alliages de cuivre
(en tonnes).

	1913	1918
Planches	31 600	170 800
Barres	21 300	151 000
Fils	49 000	62 000
Tubes	7 500	25 000

D'ailleurs les schémas suivants synthétisent fort bien quelques résultats obtenus. (Tableau 5 et fig. 25 à 27.)

III. — Conséquences de notre victoire sur l'industrie métallurgique française.

Nous parvenons à la troisième partie de cette conférence, relative à l'influence de cet effort et à l'influence de notre victoire sur la situation métallurgique française de l'après-guerre.

La première préoccupation que nous devons avoir, est de chiffrer l'apport considérable fait par la reprise en main de nos chères provinces d'Alsace et de Lorraine. Je vais, pour cela, faire passer sous vos yeux une série de tableaux et de schémas vous montrant très nettement, pour les matières qui nous préoccupent aujourd'hui, ce qu'il en est.

On voit clairement, d'une part, l'importance du retour de nos chères provinces d'Alsace et de Lorraine et, d'autre part, la situation probable de nos principales métallurgies. (Tableau 6 et figures 28 à 32.)

D'autre part, nous noterons que la guerre a apporté un grand développement des méthodes scientifiques. J'en citerai quelques exemples : les mesures de températures se sont très répandues, notamment pour le traitement des obus.

J'ai eu l'occasion d'utiliser une organisation très complète pour conduire toute une série de fours, en copiant ce que M. Charpy a établi à Montluçon. D'une cabine centrale, on peut diriger toute la fabrication.

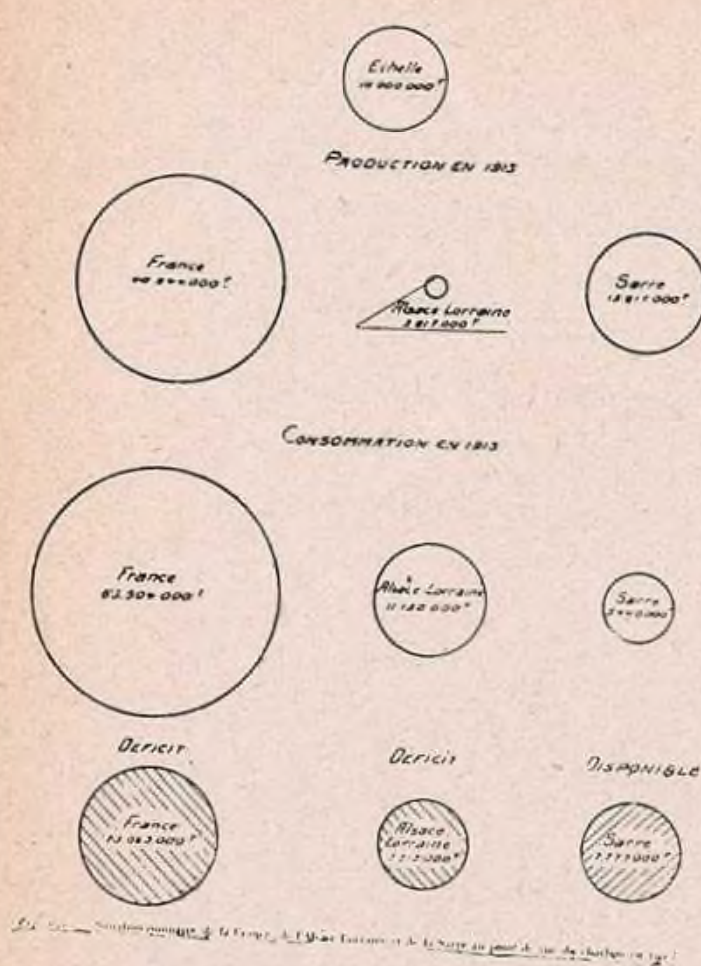


FIG. 28.



FIG. 29.



FIG. 30.



FIG. 31.

Une autre méthode scientifique s'est beaucoup développée, la macrographie, elle permet de faire ressortir l'ensemble de la structure des produits métallurgiques : elle met en vue certains défauts, notamment la poche de retassure.

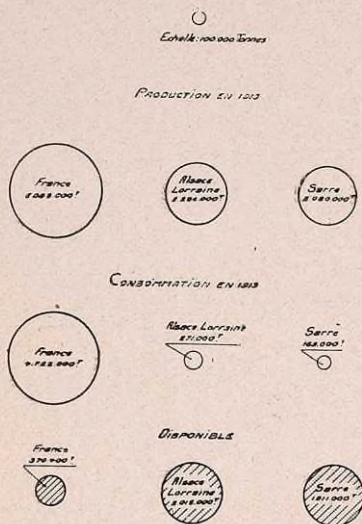


Fig. 32. — Situation comparée de la France, de l'Alsace-Lorraine et de la Sarre au point de vue de l'acier en 1913.

FIG. 32.

Enfin, comme dernier exemple d'application des méthodes d'essais mécaniques, je citerai l'essai à la bille de Brinell : il consiste à faire agir sous charge connue une bille à la surface du métal à essayer ; on en déduit la dureté, par le rapport $\Delta = \frac{P}{a}$, P étant l'effort exercé, a la surface de l'empreinte. La dureté du métal est d'autant plus grande que la

Comparaison de la situation à l'avant-guerre et à l'après-guerre.

(En tonnes).

I

	PRODUCTION		CONSOMMATION		DIFFÉRENCE	
	En 1913.	A l'après-guerre.	En 1913.	A l'après-guerre.	En 1913.	A l'après-guerre.
Charbon	49 800 000	48 000 000 (non compris la Sarre)	63 900 000	88 000 000	-23 000 000	- 40 000 000 (non compris la Sarre 7 000 000)
Coke	4 027 000	6 200 000	6 892 000	12 500 000	- 2 865 000	- 6 300 000
Minerais de fer . . .	21 918 000	43 054 000	13 262 000	26 000 000	+ 10 000 000	+ 17 500 000
Fonte	5 207 000	9 700 000	5 144 000	8 494 000	+ 63 000	+ 1 200 000
Acier	5 093 000	8 329 000	4 722 000	6 293 000	+ 371 000	+ 2 136 000

II

	PRODUCTION		CONSOMMATION		DIFFÉRENCE	
	En 1913.	A l'après-guerre.	En 1913.	A l'après-guerre.	En 1913.	A l'après-guerre.
Cuivre brut	12 000	25 000	102 000	115 000	- 90 000	- 90 000
Cuivre et alliages en planches.	32 000	65 000	27 000	55 000	+ 5 000	+ 10 000
— — en barres . .	21 000	40 000	16 000	35 000	+ 5 000	+ 5 000
— — en fils . . .	49 000	62 000	37 000	45 000	+ 12 000	+ 17 000
— — en tubes . .	7 500	18 000	6 000	13 000	+ 1 500	+ 5 000
Plomb	29 000	120 000	105 000	130 000	- 76 000	- 10 000
Zinc	68 000	130 000	78 000	130 000	- 10 000	»
Nickel	1 500	7 500	3 200	5 500	- 1 700	+ 2 000
Aluminium	13 500	30 000	7 000	15 000	+ 6 500	+ 15 000
Antimoine	6 400	8 000	4 400	6 000	+ 2 000	+ 2 000
Etain	1 200	2 000	8 500	12 000	- 7 300	- 10 000

surface est plus petite. De plus Brinell a établi que la charge de rupture à la traction est proportionnelle au chiffre de dureté, du moins pour une même catégorie de produits considérés à l'état recuit.

On estime à plus de 500 000 le nombre d'essais de Brinell fait par jour en France durant les dernières années de guerre pour régler, notamment, la fabrication des obus.

Nous devons maintenant conclure. Je n'ai pu donner, malgré la longueur de cette conférence, qu'une idée vraiment imparfaite de l'effort prodigieux fait en France par l'industrie métallurgique pendant la guerre, et je n'ai pu vous décrire, que d'une façon bien sommaire, les conséquences considérables de notre victoire sur la situation de l'industrie métallurgique. Il est incontestable que la France métallurgique de demain fera de grands progrès au point de vue économique comme au point de vue technique et au point de vue scientifique. Nous devons avoir confiance dans l'avenir industriel de notre pays ; mais, pour cela, travaillons. Je sais bien que, de tous côtés, on parle en ce moment d'une vague de paresse, d'une vague de jouissance, et qu'il est un peu démoralisant de voir le succès de certains plaisirs déprimants, tels que les dancings et les cinéma-feuilletons. Mais ceux qui, comme moi, ont la grande joie, le grand bonheur d'appartenir à l'enseignement, voient chaque jour se créer plus puissante, plus vigoureuse, la vague de travail. Ceux qui, comme moi, appartiennent au professorat de ce grand établissement, se rendent bien compte que les élèves viennent ici non seulement plus nombreux mais aussi plus attentifs, mieux

pénétrés de ce grand devoir qui s'impose à tous, de mieux savoir et de mieux apprendre.

Il est incontestable que les deuils si cruels, qui nous ont frappés, les sacrifices si nombreux qui nous ont été imposés, que les larmes si abondantes qui ont été versées dans tout le pays, ne l'auront point été en vain. La France, qui a toujours guidé le monde de son génie, la France qui a créé et développé la méthode scientifique, la France enfin qui a si bien lutté contre la barbarie pour le plus grand bien de l'humanité, la France peut avoir confiance dans son avenir industriel. (*Longue salve de chaleureux applaudissements.*)



EN VENTE
A LA LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 bis, rue Thénard, Paris (V°).

LA SCIENCE ET L'INDUSTRIE FRANÇAISES PENDANT LA GUERRE

*Leur rôle dans l'œuvre de renaissance économique
de notre pays*

CONFÉRENCES PUBLIQUES DU DIMANCHE
faites au Conservatoire National des Arts et Métiers
(ANNÉE 1920)

1. — Les Métallurgies. — M. LÉON GUILLET, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1 fr. 50
2. — L'Aviation. — M. R. SOREAU, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, Vice-Président de l'Aéro-Club de France. 1 fr. »
3. — Les recherches scientifiques et industrielles et les Inventions. — M. MAURAIN, Professeur suppléant au Conservatoire national des Arts et Métiers. 2 fr. »
4. — L'évolution du matériel d'artillerie. — M. le Lt-Colonel RIMAILHO. 2 fr. 50
5. — La fabrication du matériel d'artillerie. — M. CHARPY, Membre de l'Institut. (en impression). 2 fr. 50
6. — Les Chars d'assaut. — Historique technique. Historique tactique. Vues d'avenir. — M. le Général ESTIENNE. 2 fr. 50
7. — Le Service géographique de l'armée pendant la guerre. — M. le Général BOURGEOIS, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Service géographique de l'armée. 2 fr. 50
8. — De la fabrication des poudres et explosifs. — M. LHEURE, Ancien Directeur du Service des poudres. 2 fr. »
9. — Les radio-éléments et leurs applications. — M^{me} CURIE, Professeur à la Sorbonne. 1 fr. 50
10. — La chimie de guerre. Les gaz de combat. — M. MOUREU, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France. 1 fr. 50
11. — Le rôle du laboratoire d'usine. — M. LÉON GUILLET, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'École Centrale des Arts et Manufactures. 1 fr. 50
12. — Les industries chimiques. — M. FLEURENT, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers. 1 fr. 50

Chaque conférence est éditée séparément en brochure format in-8 couronne (11,5×18).

S'adresser à la Librairie de l'Enseignement technique, 3 bis, rue Thénard, Paris, 5°, qui en fera l'envoi sur demande accompagnée du montant.

ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

Fondateur : M. LÉON EYROLLES, O. $\star$, $\star$ I.

Ingénieur, Directeur de l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie

En vente à la Librairie de l'Enseignement technique, 5 bis, rue Thénard, Paris (6)

ORGANISATION ADMINISTRATIVE ET INDUSTRIELLE

- Cours de Commerce industriel, par HOURS. 2 vol. 20 fr.
Cours de Comptabilité commerciale appliquée aux entreprises, par JAYOT. 15 fr.
L'Industrie des Travaux publics, par DUFOUR. 3 fr. 50
Cours d'Organisation générale d'une entreprise de Travaux publics, par POU-LAIN. 15 fr.
Cours de finance et Comptabilité dans l'Industrie, par JULHIET. 30 fr.
Les Entreprises Industrielles, fondation et direction, par André LIESSE. 3 fr. 50
Cours de Droit commercial et Introduction à la pratique des affaires, par MASSÉ. 12 fr. 50
Le chèque postal, par Félix POUDON. 10 fr.
Clauses et conditions générales imposées aux entrepreneurs, par GEORGIN. 12 fr. 50

BÉTON ARMÉ

- par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER.
Précis pour le calcul des ouvrages en béton armé. 8 fr.
Cours de Béton armé. *Livre I* : Procédés généraux de construction. 18 fr.
Livre II : Applications. 22 fr.

BÂTIMENTS.

ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS

- Construction et Installation des Bâti-ments agricoles, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER et PRÉVOT. 20 fr.
Construction des Usines et Établissements industriels, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER. 25 fr.

MÉCANIQUE ET MACHINES

AUTOMOBILE. AVIATION

- Cours de Résistance des matériaux appliquée aux machines, par Georges BAYLE. 30 fr.
Cours de Moteurs à gaz, par LACON. 3 vol. 30 fr.
Cours d'Aviation. *Appareils d'aviation et propulseurs*, par le Lieutenant-Colonel ESPITALIER. 10 fr.
Les Moteurs d'aéronautique, par MARCOTTE (en impression).

- Cours d'Automobiles, par RIDET. *Livre I* : Moteurs. 20 fr. *Livre II* : Voitures. 20 fr.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

- Installations à haute tension, par PARRAF. 25 fr.
Construction de Machines électriques, par CASTANIER. 2 vol. et 1 atlas. 40 fr.
Cours de traction électrique : *Livre I* : Systèmes de traction. Matériel roulant. Moteurs. Equipements, par René MARTIN, avec atlas. 65 fr.
Livre II : Voie électrique et *Livre III* : Mouvements des trains sur les voies ferrées, par JANIN (en réimpression).

- Cours de Mesures électriques, par E. VIGNERON. *Livre I* : Essais de labo- toires. 25
Livre II : Essais de Machines (en im- pression).

- Cours d'éclairage élect., par RUAT. 8
MÉTALLURGIE.

CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

- Cours de métallurgie, par le Gén. GAGES. *Livre I* : La Fonte. *Livre II* : Elaboration des fers et des aciers. *Livre III* : Travail du fer et de l'acier. *Livre IV* : Essais mécaniques des fers et des aciers. *Livre V* : Métallur- gie des alliages métalliques et des métaux autres que le fer. Les 5 vol. 100 fr.
Standardisation, par le G^{ral} GAGES. 25
HYDRAULIQUE ET FORCES HYDRAULIQUES
Barrages, par BONNET. 30 fr. — Epu- sement des eaux et assainissement, par DIENER. 20 fr. — Moteurs hydrau- ques, par MILANDRE. 20 fr. — Amé- lioration des Cours d'eau en vue de la production de l'énergie électrique, par LÉVY SALVADOR. 22 fr.

- Formation, entretien et aménagement des cours d'eau, par le même. 15 fr.

TRAVAUX MARITIMES

- Cours de Travaux maritimes, par BÉNET. 3 vol. 60 fr.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer à crémaillère, funiculaires et transports aériens, par LÉVY SALVADOR. 8 fr.

- Notice sur les enclenchements, par M. R. ALLEGRET. 5 fr.

DROIT. LÉGISLATION

- Législation du travail et prévoyance sociale, par MASSÉ et BOVIER-LÉVY. 20 fr.

- Législation du travail et notion de légis- lation ouvrière et industrielle, par BERTHIER. 35 fr.

- Notions élémentaires de Droit civil, par Ch. GEORGIN. 25 fr.

DIVERS

- Cours de Meunerie, par MILANDRE. 12 fr.

- Cours de Travaux publics aux Colonies, par HARDEL. 6 fr.

- Les Murs de soutènement, par Ch. AUBRY. 10 fr.

- Règlement du 8 janvier 1915, du Ministère des Travaux publics, pour le Calcul des épreuves des ponts métalliques, par MATHIEU. 3 fr.

- Vocabulaire technique français-allemand, par DEMOLLENS. 4 fr.

- Pour devenir Ingénieur, par le Lieut- nant-Colonel ESPITALIER. 3 fr.

- Évolution des Industries qui transforment les produits agricoles, par L. LÉDET. 3 fr.

- Formulaire mathématique et techni- que. 3 fr.

Majoration temporaire de 20% sur les prix marqués. — Pour plus de détails, consulter le catalogue général envoyé franco sur demande.