

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept.)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

	1983, n° 1
	1983, n° 3-4
	1983, n° 3-4
	1984, n° 1 (1er semestre)
	1984, n° 2
	1985, n° 1
	1985, n° 2
	1986, n° 1
	1986, n° 2
	1987, n° 1
	1987, n° 2
	1988, n° 1
	1988, n° 2
	1989
	1990
	1991
	1992
	1993, n° 1 (1er semestre)
	1993, n° 2 (2eme semestre)
	1994, n° 1 (1er semestre)
	1994, n° 2 (2eme semestre)
	1995, n° 1 (1er semestre)
	1995, n° 2 (2eme semestre)
	1996, n° 1 (1er semestre)
	1997, n° 1 (1er semestre)
	1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)
	1998, n° 4 (4e trimestre)
	1999, n° 2 (2e trimestre)
	1999, n° 3 (3e trimestre)
	1999, n° 4 (4e trimestre)
	2000, n° 1 (1er trimestre)
	2000, n° 2 (2e trimestre)
	2000, n° 3 (3e trimestre)
	2000, n° 4 (4e trimestre)
	2001, n° 1 (1er trimestre)
	2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)
	2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)
	2002, n° 2 (décembre)
	2003 (décembre)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1951, n° 4 (oct.-déc.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1951

Collation	1 vol. (p. [69]-[88]) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	40
Cote	INDNAT (14)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.14

Note d'introduction à [l'Industrie nationale \(1947-2003\)](#)

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reportera à la [notice publiée en 2012 : « Pour en savoir plus »](#)

[Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

[Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abordant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publiant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

Daniel Blouin, Gérard Emptoz, [« 220 ans de la Société d'encouragement »](#), Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMPTOZ, [« Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours »](#), Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE



COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

1951

N° 4

L'INDUSTRIE NATIONALE

COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

publiés sous la direction de **M. Albert CAQUOT**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours de la Commission des Publications
et du Secrétariat de la Société

N° 4 : OCTOBRE-DÉCEMBRE 1951

SOMMAIRE

L'INTERCHANGEABILITÉ, Technique-clé de la Production, par M. l'Ingénieur général P. NICOLAU.	69
L'ŒUVRE D'HENRY LE CHATELIER, par M. René PERRIN.	85
Index des noms d'auteurs	88
Table des matières	88

44, rue de Rennes, PARIS 6° (LIT 55-61)
Publication trimestrielle

**BÉTON PRÉCONTRAIT
PROCÉDÉS FREYSSINET**

S. T. U. P.

SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'UTILISATION DE LA PRÉCONTRAÎTE

Société anonyme au capital de 10.000.000 de francs.

BUREAU D'ÉTUDES - CONCESSION DE LICENCES

GÉNIE CIVIL

PRÉFABRICATION

42, avenue de Friedland

PARIS

WAG 75-01

PÉTROFRANCE

Société de Distribution des Pétroles en France

SIÈGE SOCIAL : 8, rue de Berri, PARIS (8^e)

Téléph. : ELYsées 83-41 (5 lignes)

Adresse Télégr. : ZETNA-PARIS

CARBURANTS - LUBRIFIANTS - FUEL OILS - SOUTES DE NAVIRES

PÉTROFRANCE met gracieusement ses services techniques à votre disposition pour étudier vos problèmes :

de STOCKAGE, de GRAISSAGE, de CHAUFFAGE

ÉQUIPEMENT AU MAZOUT

(Chaufferies et Fours individuels - Chauffage central)

Sociétés filiales :

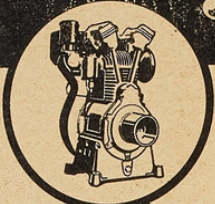
PETROTANKERS

PETROTRANSPORTS

SOCIÉTÉ DES PRODUITS DU PÉTROLE

SOCIÉTÉ MAROCAINE DES PRODUITS DU PÉTROLE

STEALUA (AGENCIES) LIMITED





"BERNARD-MOTEURS"

PRODUCTIONS :

MOTEURS THERMIQUES

"BERNARD-MOTEURS"

"C.L".CONORD

"JAPY"

•

ÉCRÉMEUSES

"BERNARD-ÉCRÉMEUSES"

LACTINOX

•

TRACTEURS

"BERNARD-TRACTEURS"

•

CATALOGUES ET RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE

ESSENCE DIESEL
1 à 24 CH.

ÉCRÉMEUSES
150 - 225 - 300 litres

TRACTEURS 15 CH.
à chenilles

S.A. "BERNARD-MOTEURS" - 12, rue Médéric, PARIS (17°) - Wagram 96-30
Adresser toute la correspondance : BOITE POSTALE 163-17- PARIS (17°)

123-C

C.I.C.R.A

ROBINETTERIE

T U B E S

RACCORDS

OUTILLAGE

C^{IE} INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE DE ROBINETTERIE,
RACCORDS & ACCESSOIRES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 150 MILLIONS DE FRANCS

31, RUE DE LA FOLIE-MÉRICOURT, PARIS (XI^e)

Tél. ROQ. 77-20 à 77-27

R. C. Seine 179.644

AGENTS de CRANE C^o

USINE A LA COURNEUVE (Seine)

ÉTABLISSEMENTS **KUHLMANN**

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 2.745.000.000 de FRS
Siège Social : 11, rue de La Baume, PARIS (8^e)

★

PRODUITS CHIMIQUES

DÉRIVÉS DU SOUFRE - DÉRIVÉS DU CHLORE - PRODUITS
AZOTÉS - DÉRIVÉS DU BARYUM - DÉRIVÉS DU BROME
DÉRIVÉS DU CHROME - DÉRIVÉS DU COBALT - DÉRIVÉS
DU NICKEL - DÉRIVÉS DU CERIUM - DÉRIVÉS DU PHOS-
PHORE - LESSIVES - SILICATES - DÉRIVÉS DE L'ÉTHYLÈNE
DÉRIVÉS DU PROPYLÈNE - ALCOOLS DE SYNTHÈSE
HYDROCARBURES DE SYNTHÈSE

★

PRODUITS POUR L'AGRICULTURE

ENGRAIS PHOSPHATÉS - ENGRAIS AZOTÉS - ENGRAIS
COMPLEXES - PRODUITS INSECTICIDES ET ANTICRYPTO-
GAMIQUES - PRODUITS POUR L'ALIMENTATION DU
BÉTAIL - AMENDEMENTS - HERBICIDES - DÉSINFECTANTS

★

PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES

RÉSINES SYNTHÉTIQUES - COLLES SYNTHÉTIQUES
MATIÈRES PLASTIQUES - TANINS SYNTHÉTIQUES
PRODUITS INTERMÉDIAIRES - PRODUITS AUXILIAIRES
INDUSTRIELS - PRODUITS R. A. L.

★

TEXTILES CHIMIQUES

RAYONNE VISCOSE - FIBRANNE VISCOSE - CRINODOZ

WORMS et C^{ie}

45, bld Haussmann, PARIS (9^e)

Téléphone : OPÉra 62-50 et 21-36

Télégrammes : LOCATOR-PARIS

IMPORTATEURS DE CHARBON

ARMATEURS – BANQUIERS

LIGNES RÉGULIÈRES DE CABOTAGE

AGENCE – TRANSIT – MANUTENTION

TRANSPORTS AÉRIENS

C . I . C . O . L

CARBURANT-AUTO

GAS-OIL



FUELS

HUILES

105, rue St-Lazare, PARIS (9^e)

Téléphone : TRI 95-38 et la suite

PECHELBRONN

LA MINE FRANÇAISE DE PÉTROLE



PECHELBRONN

Société anonyme d'exploitations minières au capital de 397.880.000 de francs.

Siège social à **MERKWILLER-PECHELBRONN (Bas-Rhin)**

Direction générale : **4, rue Léon-Jost, PARIS (17^e)**



Tous les Produits Pétrolifères

IMPORTATION – DISTRIBUTION



" RÉNOIL "

L'HUILE IDÉALE pour AUTOS

Compagnie PÉTROSTAR

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1.000.000 DE FRANCS

★ ★

191, rue de Courcelles – PARIS (XVII^e)

Téléphone ÉTOILE 49-75

— — 49-76

— — 49-77

R. C. Seine 260.523 B





CENTRE

DE RECHERCHES TECHNIQUES

23, rue du Maroc, PARIS (19^e)
BOT. 17.06 - 66-50

Centre de Puteaux
Centre de Malakoff
Centre expérimental
de Corneilles

Recherches - Etudes Réalisations

- Radars — Atterrissages sans visibilité
- Équipements de Télécommunications
- Câbles Hertzien à ondes centimétriques
- Série complète de tubes hyperfréquences
- Tubes spéciaux pour répéteurs téléphoniques
- Appareils de mesure hyperfréquences. Fréquencemètres
- Optique électronique. Spectromètre de Masse
- Récepteur professionnel " Stabilidyne "
- Matériel émetteur de radiodiffusion et télévision
- Pièces détachées professionnelles : thermistances, céramiques et verres spéciaux, contacts frittés.

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE T. S. F.

SIÈGES SOCIAUX : 79, bld Haussmann, PARIS-8^e Tél. ANJ. 84-60

SOCIÉTÉ FRANÇAISE RADIOÉLECTRIQUE

Etude, fabrication et installation de tous matériels radioélectriques professionnels :



Usines : LEVALLOIS-PERRET (Seine) et
CHOLET (Maine-et-Loire)
Agence : DAKAR, 35, avenue Faidherbe
SFR Afrique, 8, rue Charra, ALGER

- Emetteurs de toutes puissances (Radiodiffusion - Télécommunications)
- Récepteurs de grand trafic et spéciaux
- Postes mobiles (liaisons métropolitaines et coloniales)
- Multiplex de tous types (équipement de câbles hertziens)
- Tubes électroniques spéciaux, miniatures, sub-miniatures
- Quartz et Filtres à quartz - Condensateurs sous vide
- Sorties isolantes - Prises coaxiales
- Radars terrestres et de bord
- Sondeurs radioélectriques
- Radiogoniomètres
- Navigateur DECCA

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17°.

ALGER - CASABLANCA - TUNIS

S. E. T. A. O. à ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

BÉTON ARMÉ
TRAVAUX PUBLICS
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 1.356.250.000 francs

56, rue du Faubourg-St-Honoré, PARIS (8°)

Registre du Commerce Seine N° 37.997

ENTREPRISES GÉNÉRALES en FRANCE, dans L'UNION FRANÇAISE et à L'ÉTRANGER

CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENT D'USINES HYDROÉLECTRIQUES
ET DE CENTRALES THERMIQUES
RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A HAUTE-TENSION
ÉLECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS - ELECTROBUS
RÉSEAUX D'ÉLECTRIFICATION RURALE
USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS
CITÉS OUVRIÈRES - ÉDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS
ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU
ROUTES - CHEMINS DE FER - TRAMWAYS
AÉROPORTS - OUVRAGES D'ART
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

Compagnie Française de Raffinage

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 6.000.000.000 DE FR.S.

R. C. Seine n° 239.319 B.

SIÈGE SOCIAL : 11, rue du Docteur-Lancereaux, PARIS (8°)

RAFFINERIE DE NORMANDIE

à GONFREVILLE-L'ORCHER (Seine-Inf.)

RAFFINERIE DE PROVENCE

à MARTIGUES (Bouches-du-Rhône)

Hauts Fourneaux Forges et Aciéries de **POMPEY**

61, rue de Monceau, PARIS (8°) — Tél. : LAB. 97-10 (10 lignes)

USINES : { POMPEY et DIEULOUARD (M.-et-M.)
 { MANOIR (EURE) — LORETTE (LOIRE)

ACIERS THOMAS, MARTIN et ÉLECTRIQUE
ACIERS FINS AU CARBONE et ACIERS ALLIÉS
ACIERS RÉSISTANT A LA CORROSION (acide et saline)
ACIERS MOULÉS A HAUTE TENEUR EN ÉLÉMENTS NOBLES
ACIERS FORGÉS (brides, pièces de robinetterie, pièces diverses)
ACIERS ÉTIRÉS et COMPRIMÉS
FONTES HÉMATITES — SPIEGEL — FERRO-MANGANÈSE

Tous Aciers de Construction et d'Outillage

L'INTERCHANGEABILITÉ

Technique-clé de la Production⁽¹⁾

par M. Pierre NICOLAU,
*Ingénieur Général de l'Armement (c. r.),
Directeur de l'Institut Supérieur des matériaux et de la Construction Mécanique.*

« L'eau coule, le temps passe, le cœur oublie... », écrivait Gustave Flaubert.

Dans le monde industriel où elle rayonne, notre Société s'est attachée de longue date à parer aux défaillances du cœur en exaltant périodiquement l'œuvre des grands disparus dont le génie, les talents, le labeur souvent si désintéressé, ont contribué à faire le prestige et la prospérité de notre Nation, et, dans les heures sombres, à sauver ses libertés.

Aussi bien sait-elle que « c'est avec le passé qu'on fait l'avenir » et qu'il n'en faut rien perdre.

Aujourd'hui elle rend hommage à la mémoire de l'un de ses anciens présidents les plus éminents : cet Henri Le Chatelier, si proche de nous en vérité que je crois le voir encore en cette salle avancer d'un pas ferme, le buste incliné, comme si, poussé par une ardente vie intérieure, il se devançait lui-même.

A cet hommage, elle m'a demandé d'associer les générations de techniciens de l'artillerie française d'où sont issus nos modernes ingénieurs des fabrications d'armement. Tous en effet, depuis bientôt deux siècles, ont œuvré sur les friches du terrain aux contours mal définis, sur lequel de nos jours, les travaux spectaculaires de Taylor — ce grand réalisateur, disciple de Descartes et de Vauban sans le savoir peut-être — attirèrent l'attention d'Henri Le Chatelier, l'apôtre de la science industrielle, de la science pour l'industrie.

L'homme pour qui « l'ordre est une des formes les plus parfaites de la civilisation » pour qui « la pensée ne vaut que dans la mesure où elle tend vers l'action », ne put qu'être frappé de cette idée que la science devait s'appliquer, non pas seulement, comme il le prêchait depuis quelques lustres, à la fonction créatrice de l'ingénieur, mais aussi à sa fonction réalisatrice. Le Scientifique Mana-

gement, l'organisation scientifique du travail, disons-nous maintenant en français, fut désormais la préoccupation dominante du grand chimiste qui, des fenêtres de son laboratoire, ne quittait pas des yeux le tourbillon de l'usine; inquiet de mettre fin au gaspillage de temps, d'efforts, de matière, de force motrice, qu'y perpétuaient les routines ancestrales de nos travailleurs, il s'est attaché à « combattre le sentiment aujourd'hui très général en France — disait-il — « que la science doit rejeter loin d'elle toute « préoccupation des applications pratiques, « qu'elle doit isoler de l'industrie comme d'une « promiscuité compromettante »; il a voulu que s'étende jusqu'à l'échelon du réalisateur, le bienfait de la méthode scientifique, que se développe la science de l'organisation du travail, dont il résumait l'idée fondamentale dans ce bref slogan « Réfléchir avant d'agir ».

Ce n'est pas diminuer le mérite d'Henri Le Chatelier et avec lui, comme après lui, du C. N. O. F. qui a tant fait pour propager et concrétiser ces saines idées, que d'évoquer ici le rôle de précurseurs, joué dans le domaine de l'organisation scientifique du travail, par les techniciens de l'Artillerie française, que les nécessités d'ordre militaire ont accoutumés à « réfléchir avant d'agir », en des temps où la pratique des Arts supposait certes que la pensée accompagne l'action et la guide, mais n'exigeait pas encore qu'elle la précède.

Bien au contraire, nous y trouverons la preuve — si elle reste encore à faire — de la haute portée pratique de l'apostolat d'Henri Le Chatelier et de ses émules.

* * *

La vocation de l'Industrie est de produire.

Produire est le fait de la technique, c'est-à-dire d'un ensemble d'opérations intellec-

1. Conférence faite le 21 décembre 1950 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
L'Industrie nationale, — octobre-décembre 1951

tuelles ou manuelles, coordonnées en vue d'une même fin.

Cette fin, c'est la réalisation, avec le *moindre effort* et le maximum de *rendement*, de produits répondant à un besoin donné, c'est-à-dire possédant une *qualité* déterminée ou, en termes plus précis, un complexe de propriétés géométriques, mécaniques, physiques, structurales... nécessaires et suffisantes.

Qualité, rendement, moindre effort sont donc les objectifs permanents du producteur. Pour les atteindre, ou mieux, pour atteindre la qualité visée, au moindre prix et au moindre effort, l'Ingénieur met en œuvre des hommes, des matériaux, de la force motrice, des machines... des méthodes.

Ces méthodes sont aujourd'hui dominées par un aspect de la technique dont le développement intensif du machinisme a fait le principal pôle d'attraction : l'interchangeabilité. Je l'ai qualifiée de technique-clé de la production. Sans doute m'objecterez-vous avec raison que, pour réaliser un produit, il y a beaucoup de serrures à ouvrir, y compris celle du coffre-fort ! Disons plutôt, pour rester dans la serrurerie, que l'interchangeabilité en est le passe-partout. L'expérience montre d'ailleurs que ce passe-partout permet d'ouvrir moins grand le coffre-fort, ce qui est l'une des préoccupations essentielles de tout industriel avisé.

Deux produits sont interchangeables s'ils sont *pratiquement* équivalents pour la fonction à laquelle on les destine. Cette équivalence ne pouvant être atteinte par l'identité — toujours irréalisable quoi qu'on fasse — suppose un certain à peu près... disons le mot : une tolérance. Seule l'expérience permet, pour chaque application, de déterminer la tolérance la plus large, parce que toujours la moins coûteuse, qui peut être consentie.

La notion d'interchangeabilité est essentiellement attachée à celle de qualité. C'est l'équivalence de la qualité qu'il s'agit de réaliser. Pour pouvoir lui assigner des limites, il faut que la qualité soit non seulement nettement définie mais aussi mesurable. La métrologie est donc l'un des supports essentiels de l'interchangeabilité.

Notons en passant que, faute de connaître les caractéristiques des matériaux, capables de définir la qualité requise pour certaines

applications, nous sommes encore bien souvent dans l'impossibilité de réaliser avec une certitude suffisante leur interchangeabilité.

Le cadre de cette conférence ne me permettra pas d'exposer cette question qui nécessiterait de très longs développements.

C'est toute l'histoire des essais des matériaux et de la métallographie qu'il faudrait faire, où les noms du Général Gras, du Colonel Hartmann se mêlent à ceux d'Osmond, de Fremont, de Charpy et toujours de Le Chatelier, à l'époque où furent jetées les premières bases sérieuses de la connaissance de la matière, connaissance qui, malgré l'immense développement de cette science, n'offre encore aujourd'hui à l'ingénieur que des solutions très imparfaites.

Il reste aussi beaucoup à faire dans le domaine de l'interchangeabilité des travailleurs, dont les efforts devraient être soigneusement définis, mesurés et tolérancés, en fonction de leur valeur physiologique, eu égard aux exigences des tâches qui leur sont assignées, de manière à humaniser le travail. Par contre, dans les limites des possibilités actuelles de réalisation, l'interchangeabilité s'acquiert aisément lorsqu'elle porte sur des caractéristiques physiques parfaitement définies et mesurables, telles que masses, volumes, moments d'inertie et particulièrement dimensions linéaires, qui pour la plus large part conditionnent le fonctionnement de nos mécanismes. Nous verrons tout à l'heure au prix de quels efforts ce résultat a été atteint.

Le deuxième support de l'interchangeabilité, c'est la Normalisation dont le but essentiel est de définir des séries limitées de produits interchangeables, répondant à nos principaux besoins. En substituant le fini à l'infini, le discontinu au continu, en unifiant, en simplifiant, en spécifiant et plus encore en définissant les règles pratiques de la métrologie par quoi se matérialisent en quelque sorte les limites des tolérances, la Normalisation est en fait le code de l'interchangeabilité.

Par la normalisation, par la métrologie, l'interchangeabilité s'oppose à la notion d'adaptation directe à la demande, à la notion d'ajustage disent les mécaniciens, qui implique le tâtonnement nécessairement dispendieux.

* * *

La notion d'interchangeabilité a pris naissance au cours du XVIII^e siècle pour des nécessités d'emploi, d'ordre militaire. A cette époque où les canons se chargeaient par la bouche, on avait certes la certitude que tous les obus qui y entraient étaient capables d'en sortir... mais tous n'y entraient pas! L'unification des calibres nominaux de nos bouches à feu, réalisée par Vallière en 1732, ne suffisait pas à la garantir. Pour créer l'interchangeabilité il fallait, après la normalisation, fonder la métrologie et tout d'abord unifier les mesures.

Déjà, un siècle auparavant, l'Artillerie avait adopté en 1668, comme étalon de mesure pour ses arsenaux, la toise du Châtelet et le pied de roy qui en était la sixième partie; mais les sages recommandations de Saint Rémy (1697), suivant lesquelles « pour avoir le pied de roy bien exact, il faut avoir la toise du Châtelet bien juste et la diviser en six parties » ne suffisaient pas pour réaliser cette unification.

« Il est indispensable, écrivait en 1764 le Lieutenant Général de Mouy, dans un mémoire adressé au Ministre de la Guerre, d'envoyer dans les différents Établissements un pied divisé bien exactement et étalonné sur celui du Châtelet de Paris et prescrire qu'aucun ouvrier ne pourra se servir dans ses travaux d'aucun pied de roy, qu'il n'ait été exactement mesuré sur l'étalon, en présence de l'officier (1).... »

Cette base établie, Gribeauval, Lieutenant Général et premier Inspecteur Général de l'Artillerie, put entreprendre de définir les matériels en service au moyen de Tables de Construction. Ce document, véritable monument technique, élaboré de 1764 à 1789, pose pour la première fois les principes généraux qui gouvernent la technique de l'interchangeabilité : définition d'un nombre restreint de dimensions nominales pour les éléments d'une même famille; fixation des tolérances de ces dimensions; vérification du non dépassement de ces tolérances par calibres « entre » et « n'entre pas ». Le principe de la vérification par contact du côté

« n'entre pas », dont l'idée est aujourd'hui communément attribuée à Taylor, s'y trouve déjà mis en œuvre, pour la vérification de l'âme des bouches à feu, au moyen de l'étoile mobile dite de Gribeauval, dont le mode d'amplification mécanique, par rampe conique, est toujours en usage de nos jours.

Parallèlement, les mêmes techniques d'interchangeabilité étaient introduites dans nos manufactures d'armes à l'occasion de la mise en fabrication du fusil 1777.

« On mesurera le calibre — dit le règlement de 1776 — en introduisant dans le canon un cylindre d'acier de 7 lignes 9 points et de 3 pouces de longueur, qui doit couler librement d'un bout à l'autre et un cylindre de 8 lignes ne devra pas y rentrer. »

Inversement, pour être bonnes, les balles devaient passer dans un crible de 7 lignes 9 points et être retenues dans un crible de 7 lignes 6 points.

Grâce à ces dispositions, l'Artillerie se trouvait, lors de la Révolution, en avance sur les autres services publics et l'industrie dont les constructions continuaient à être exécutées sans tables de dimensions. Le Chevalier de Passac pouvait écrire justement en 1816 dans son éloge de Gribeauval, qu'on lui devait entre autres grandioses réalisations, « la parfaite uniformité dans toutes les parties des trains de l'artillerie, uniformité qui est telle qu'une vis, par exemple, fabriquée à Metz ou à Douai trouverait son écrou correspondant à Valence » et encore que ses tables formèrent « un système complet, susceptible de perfectionnement sans doute, comme tous les Arts, mais si bien ordonné qu'il a survécu à tous les essais faits pendant nos révolutions politiques; et l'Artillerie s'honore encore du nom de Gribeauval comme le Génie de celui de Vauban. »

Mais le fondement métrologique de cet édifice, réduit au pied de roy donnant à peine le 1/2 mm et à l'étoile mobile de Gribeauval, capable d'une précision de l'ordre de 1/10 de mm, apparut bientôt sommaire. Le transport de la mesure reste aléatoire au point de laisser nos manufactures à la merci de l'habileté des ouvriers, ainsi qu'en témoignent par exemple ces extraits du

(1) L'Atelier de Précision du Laboratoire Central de l'Armement, dont il sera parlé plus loin, possédait encore avant la dernière guerre la toise du Châtelet portant le poinçon royal, qui a servi de point de départ pour l'unification des mesures ainsi réalisées. Cette pièce historique portait les indications suivantes : Toise de France étalonnée le 3 décembre 1765, à 13 degrés du thermomètre; Canivet à la Sphère, à Paris, 1765. Elle a disparu dans le sac de l'immeuble de Saint-Thomas d'Aquin par les Allemands en 1940.

Règlement de la Manufacture de Tulle, en date du 6 mars 1778 :

« Pour mettre les ouvriers platineurs en état de se conformer exactement aux différentes pièces de platine adoptées, il sera délivré à chacun d'eux des calibres de toutes les pièces du modèle. Ces différents calibres seront faits avec la plus grande précision et toujours, s'il est possible, par le même ouvrier. Le contrôleur les vérifiera en présence de l'officier... lorsqu'ils paraîtront absolument sans défauts, ils seront distribués aux ouvriers... Les ouvriers platineurs seront tenus d'en ébaucher de semblables, lesquels seront finis par l'ouvrier qui, dans ce genre de travail, sera reconnu le plus habile et lorsque ces seconds calibres auront été exactement vérifiés, les dits ouvriers platineurs en feront usage pour régler leur travail, les premiers n'étant destinés que pour servir de modèles à ceux-là et de moyen de vérification, tant pour l'Inspecteur et l'Officier de résidence que pour les Contrôleurs et Reviseurs ».

Ainsi, pour les pièces délicates, faute de pouvoir réaliser l'interchangeabilité, on demande à l'habileté des ouvriers de maintenir l'uniformité.

On ne saurait s'étonner dans ces conditions que, malgré l'adjonction au pied de roy du Nonius ou Vernier, qui porta sa précision au 1/10 mm environ, la fabrication par estampage des platines dites identiques, déjà essayée sans succès en 1722, ne réussit pas davantage lorsqu'elle fut reprise en 1786 sur la proposition du Sieur Blanc, Contrôleur principal des Manufactures; bien que cet échec puisse s'expliquer aussi, dans une certaine mesure, par des raisons d'ordre social : la normalisation, l'interchangeabilité, par la multiplication du machinisme qu'elles appellent, bouleversent l'ordre établi dans l'industrie et, en vertu d'une loi naturelle, la matière humaine freine le progrès qui, trop rapide, menace de la ruiner.

Quoi qu'il en soit, l'insuffisance de la métrologie à garantir l'interchangeabilité est alors telle qu'en 1794, sur la proposition du Colonel Fabre, Prieur, membre du Comité militaire du Comité du Salut Public, décide, en vue de réaliser plus sûrement l'unification des mesures, de faire construire à Paris, dans un même atelier, « toutes les lunettes, les cylindres, les étoiles mobiles, etc..., ser-

vant aux vérifications des projectiles en usage dans l'Artillerie et de leurs bouches à feu » (fig. 1). C'est l'origine de l'Atelier de Précision, installé par la suite en 1816 dans l'ancien couvent des Jacobins, siège du Comité de l'Artillerie, où il est encore, 1 place Saint-Thomas d'Aquin, à Paris.

Cellule-mère du Laboratoire Central de l'Armement créé en 1934, cet Atelier de Précision n'a cessé de jouer jusqu'à nos jours un rôle de tout premier plan en matière de métrologie industrielle. C'est cette longue et patiente action, menée durant plus de cent cinquante années, bien au-delà du domaine de nos fabrications interchangeables d'Armement, par des générations d'ouvriers de haute qualité, sous la direction d'officiers dont beaucoup comptent parmi les plus grands noms de l'Arme (Parizot, Treuille de Beaulieu, de la Hitte, de Bange, Hartmann, Mengin, Estienne... pour n'en pas citer d'autres), c'est cette action, dis-je, que notre Société a entendu reconnaître et récompenser, en attribuant à l'Atelier de Précision, il y a quelques mois, pour la première fois, sur le rapport de notre collègue M. Androuin, sa médaille Richard.

Au fur et à mesure que se développe le machinisme, en dépit du romantisme de nos pères, nous voyons l'Atelier de Précision, conservatoire des mesures de l'Artillerie, à l'œuvre pour distribuer à nos arsenaux les nouvelles mesures métriques et leur en permettre le report avec une précision qui ne cesse de croître avec les exigences de la fabrication. Peu à peu les pieds à coulisse sont dotés d'un vernier au 1/100^e... on essaie d'amplifier leurs petits déplacements par le mouvement d'un liquide dans un tube capillaire. Mais tous ces efforts pour augmenter la précision de lecture sont vains, car en dépit de la perfection de réalisation de ces instruments, on a atteint l'ordre de grandeur des erreurs dues aux déformations de contact et aussi à l'appréciation à l'œil nu de la coïncidence des traits.

Ce n'est guère que vers 1880, qu'on parvient à réaliser des pieds de mesure à pression constante et à microscope, donnant toute satisfaction, qui sont alors les meilleurs instruments dont on dispose. A la même époque (1876) l'étoile mobile de Gribeauval est perfectionnée. Sa précision atteint aussi le 1/100^e de mm. Et voici venir enfin le palmer (invention française) — breveté en 1848 mais longtemps délaissé — qui,

muni du vernier et du tambour à friction, va bientôt être pris pour base d'une nouvelle étape de la métrologie industrielle.

Nous sommes en 1886. Le machinisme est en plein essor. Pour en utiliser toutes les ressources, la question d'une fabrication interchangeable de l'ensemble des éléments de notre nouveau fusil se trouve posée. Mais, pour y parvenir, les tolérances de quelques dixièmes de mm admises au temps de Gri-

On sait comment, avec le haut concours du Bureau international des poids et mesures et notamment de son Directeur Benoist et futur directeur Charles-Édouard Guillaume, comme aussi de notre savant regretté collègue, Cornu, membre de l'Institut, et sous la direction du Commandant Hartmann et de son adjoint le Capitaine Mengin, fut menée à bien par l'Atelier de Précision, en quelques années, la réalisation du premier système

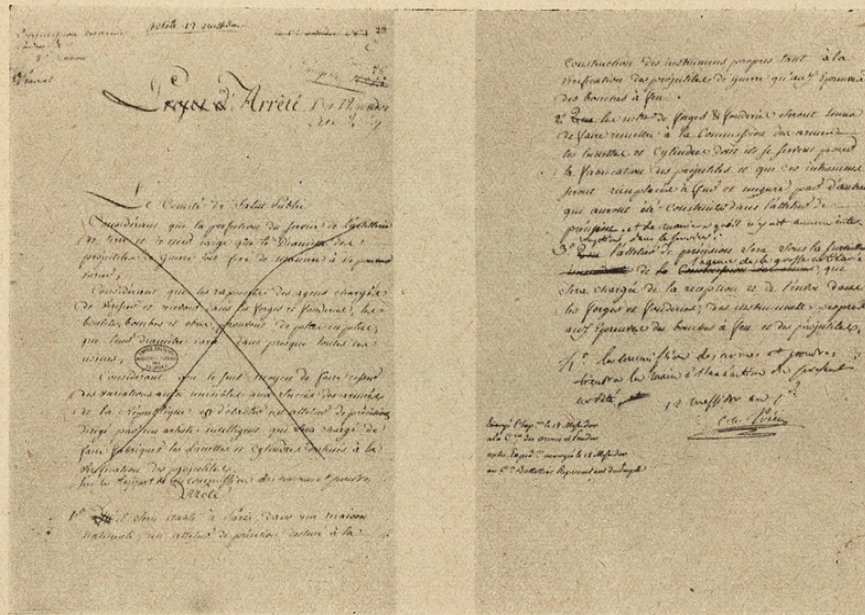


Fig. 1. — Arrêté du 12 Messidor de l'an II, portant création de l'Atelier de Précision (document recueilli aux Archives Nationales par l'Ingénieur militaire en Chef R. Cain, chef actuel du Service de la Précision).

beauval ne suffisent plus : il faut atteindre le $1/100^{\text{e}}$ de mm, c'est-à-dire la précision limite des instruments de mesure dont on dispose.

Une étude s'impose pour gagner encore une décimale, atteindre le micron et mettre à moins d'un micron près les mesures types de nos Établissements en accord, non seulement entre elles, mais avec le mètre étalon, matérialisé quelques années auparavant par la Convention du mètre. La difficulté est de passer de ce mètre à traits aux mesures à bouts qu'exige absolument la pratique de l'interchangeabilité des pièces mécaniques.

d'étalons industriels à bouts qui ait existé dans le monde, défini à moins d'un demi-micron près par rapport au mètre international⁽¹⁾.

Je rappelle seulement que ces étalons, en acier Holtzer double cloche, non trempés sauf sur les faces de mesure et par suite de dilatabilité uniforme

$$\alpha = (10,419 + 0,00486t) 10^{-6},$$

étaient constitués d'une part, pour les longueurs de 20 à 500 mm, par des broches cylindriques de 12 mm de diamètre, à bouts

(1) Unification des mesures industrielles. *Revue d'Artillerie*, 1895, p. 338.

sphériques de rayon égal à leur demi-longueur, d'autre part, au-dessous de 20 mm, par des cylindres pleins.

Chacun de nos Établissements fut doté d'une collection de 135 broches et 19 cylindres permettant de matérialiser toutes les dimensions de 1 à 500 mm.

La constitution et la mise en œuvre de ce système supposaient la réalisation d'un appareil spécial permettant, soit d'étalonner les différents éléments de cette collection, soit de leur comparer les étalons d'usage en service dans les ateliers. Ce fut le comparateur automatique enregistreur, dit Comparateur Hartmann (fig. 2), basé sur le principe du Palmer et dont les trois caractéristiques essentielles sont de réaliser un effort de mesure rigoureusement constant; de laisser la trace écrite des mesures effectuées; et d'écarter totalement l'action de l'opérateur sur les mesures; toutes dispositions nouvelles à cette époque. Pour les mesures d'atelier, les Établissements reçurent en outre des comparateurs à main avec palmer à friction, permettant aisément à un opérateur exercé d'obtenir la précision du micron.

* * *

Peu après, l'Atelier de Précision attaquait le problème délicat de l'interchangeabilité des filetages, réalisant pour la mesure et le contrôle de ces éléments, un outillage complet, dont la pièce maîtresse, la machine due à l'Officier d'Administration Ouvrier d'État Perrin⁽¹⁾, permettait de mesurer le pas et le diamètre moyen, par comparaison directe

aux étalons de l'Artillerie, avec une précision que les machines modernes les plus perfectionnées n'ont pas dépassée (environ 2μ sur le diamètre moyen). Ainsi devenait-il possible de réaliser en toute sécurité l'interchangeabilité des filetages métriques, unifiés suivant les règles du Système International, que notre Société s'honore justement d'avoir contribué pour une large part à établir et que l'Artillerie ne tarda pas à adopter en remplacement du système qu'elle avait antérieurement défini, dès 1891, pour ses propres besoins.

La métrologie avait ainsi relevé le défi que lui jetait le machinisme triomphant.

Grâce à ses progrès (2 décimales en un siècle) il était même devenu possible d'évaluer avec l'approximation du micron les incertitudes des opérations de contrôle et notamment d'étendre aux instruments vérificateurs la notion de tolérance

jusqu'alors réservée aux pièces fabriquées. C'est ainsi par exemple que dans les tracés des vérificateurs de la cartouche M^{re} 1886, cette notion est mise en œuvre. Bien plus, il est devenu possible d'écarter toute contradiction entre l'atelier et le contrôle en assignant aux vérificateurs d'atelier et aux vérificateurs de contrôle des zones de tolérances, distinctes, sans chevauchement.

Enfin, parce que l'on possède la maîtrise des erreurs de fabrication, il est aussi possible, déjà, de jeter les bases de la composition statistique des tolérances, en assignant par exemple à la somme de longueurs successives une tolérance égale à la racine carrée de la somme des carrés des tolérances de ces longueurs. Cette disposition qui bien souvent

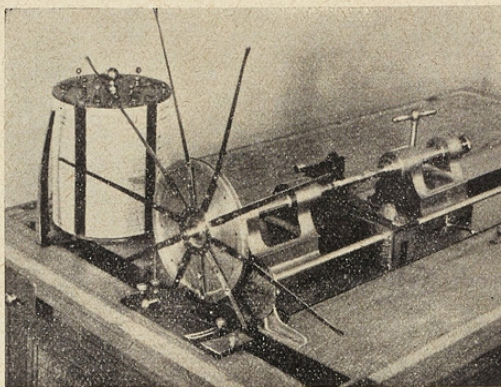


Fig. 2. — Comparateur automatique enregistreur dit « Comparateur Hartmann ».

(1) Cette machine, réalisée en un seul exemplaire, a disparu dans le sac de l'immeuble de Saint Thomas d'Aquin par les Allemands en 1940. L'œuvre de l'Atelier de Précision en matière de filetages a fait l'objet en 1913 d'une instruction sur la réception des vis et écrous des filetages S. I. publiée dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale* de juillet-août 1916.

restreint utilement l'effet des incertitudes de la fabrication, sans aggraver la difficulté d'exécution, fait aujourd'hui grand bruit hors de nos frontières; elle n'avait pas échappé aux artilleurs de ce temps.

Tandis que se poursuivaient ces progrès de la métrologie et du contrôle des fabrications, en étroite collaboration avec nos ateliers de construction et nos manufactures d'armes, ces Établissements, pourvus d'un outillage mécanique rénové, s'appliquaient sans relâche à la mise au point de l'organisation de fabrications interchangeables, non seulement à l'intérieur d'un même Établissement mais aussi d'un Établissement à l'autre; le Capitaine Ply qui avait pris une part importante à ces travaux, auxquels le nom du Général Gras reste par ailleurs attaché, pouvait, dans un remarquable mémoire publié

en 1888⁽¹⁾ en dégager les principes directeurs.

En vérité il n'y a aujourd'hui rien à retrancher de ce mémoire qui, pour atteindre les trois objectifs « précision-économie-rapidité d'exécution », pose en principe l'emploi exclusif des procédés mécaniques; fixe sur des bases scientifiques les conditions de mise en œuvre des diverses machines; réclame déjà, au temps des trempes de vue, l'automatisme des opérations de traitements thermiques; définit les règles du dimensionnement des pièces à partir des points de départ de leur fabrication; détermine la position des tolérances des vérificateurs et leur assigne une valeur aussi faible que possible pour ne pas réduire l'aisance de la fabrication; prévoit le contrôle au cours du travail,

capable de parer aux dérèglages avant qu'il ne soit trop tard; s'étend avec soin sur les questions de personnel : choix, attributions; et n'oublie pas enfin de comprendre comme un chapitre important de l'organisation, le parachèvement postscolaire de la formation des jeunes ingénieurs. Que de leçons toujours valables et trop souvent méconnues de nos jours!

Le résultat, c'est que le fusil 1886 ne tarda pas à « sortir » en pièces rigoureusement interchangeables, à la cadence de 3 500 par

jour, au prix unitaire de 43 fr et que Sainte-Claire Deville put, peu après, organiser avec succès la fabrication en série du 75 Deport en y faisant coopérer plusieurs Établissements.

Le résultat, c'est qu'en 1914, nos Établissements se sont trouvés en tête du progrès mondial en matière de fabrications interchangeables :

nous avons pu ainsi, après la Marne, diriger sur des voies fécondes la levée en masse de nos industries mécaniques et bien qu'elles fussent encore pour la plupart à un état quasi artisanal, les plier dans le moindre temps — patriotisme aidant — aux disciplines des fabrications en série.

* * *

La silhouette des derniers artisans de cette œuvre, ceux de 1914, est toujours familière aux hommes de ma génération (fig. 3). Ils se souviennent que sous la double bande des armes savantes, les artilleurs de ce temps présentaient deux aspects bien distincts... deux têtes sous le même bonnet sans doute,

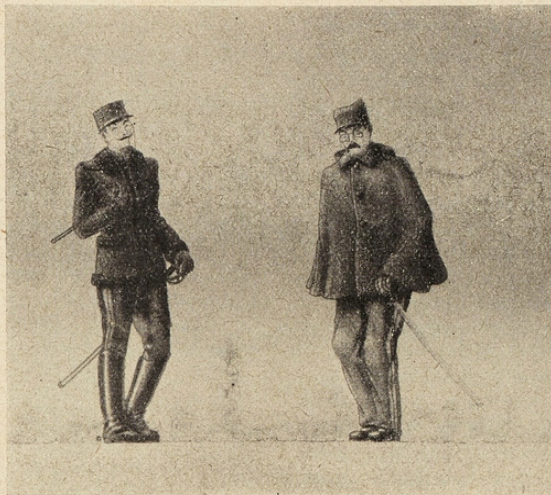


Fig. 3. — Deux têtes sous le même bonnet, telles que les voit aujourd'hui le crayon irrévérencieux d'un jeune....

(1) Étude de l'organisation du Service Technique dans les Manufactures d'Armes. *Revue d'Artillerie*, 1888-89.

mais dont la seule forme du bonnet laissait entendre deux attitudes différentes de l'esprit.

L'un de ces artilleurs évoque peut-être encore les fastes du Concours hippique, le chatolement des flots de ruban, le frou-frou des dentelles, quelque roman de Gyp... mais vous le voyez plutôt immortalisé dans une image d'Épinal, traînant le légendaire 75 de la victoire dans les champs d'honneur parsemés de casoars sanglants...

L'autre, c'est celui qui a mis au point et fabriqué le Lebel et le 75. Peut-être l'avez-vous croisé jadis sans le remarquer, à l'ombre de la Cathédrale de Bourges, sur la place Maubourguet à Tarbes, en quelque venelle de Tulle ou de Châtellerauld, ou bien encore dans les noirceurs de Saint-Étienne. Modeste il a vécu, fidèle jusqu'au bout à la devise du drapeau de ses vingt ans : Pour la science, pour la patrie, pour la gloire !

Triste gloire que la sienne, en vérité, que de sordides intérêts ont terni du venin de la légende du « pas de l'arsenal ».

Certes, il l'a marqué, ce « pas de l'arsenal », toute sa vie, dans l'apparente sécurité et le modeste confort de la dot réglementaire et du 3 p. 100 perpétuel. Il lui est arrivé de finir Lieutenant-Colonel, plus souvent Chef d'Escadron, voire Capitaine, tel ce Capitaine Madelaine, technicien de classe, qui au temps où l'on ne craignait pas de gaspiller les valeurs, quitta le service en 1838 à l'âge de 48 ans, retraité à 25 années de ce grade.

Qui mesurera jamais ce que nous devons, ce que doit notre industrie, à cette lignée de serviteurs désintéressés de la Patrie, qui ayant touché de bonne heure, au contact des réalités, les difficultés immenses que sous le manteau de l'empirisme cachent les problèmes de construction mécanique, n'ont pas hésité à mettre leur solide culture scientifique au service des techniques de production, en des temps où le monde savant les dédaignait encore !

* *

De cette rapide esquisse de l'évolution des fabrications interchangeables au cours du siècle dernier, évolution dont le tableau comparatif des tolérances à diverses époques de la fig. 4 fait apparaître l'ampleur, je voudrais qu'avec la fierté de l'œuvre de nos aînés

vous reteniez qu'après 1870 une révolution technique s'est accomplie.

La mécanique n'est plus désormais la mécanique de l'artiste qui, d'habiles coups de limes, réalisait à tâtons un mécanisme parfait, à la manière de ces artisans qui ont édifié les vieilles horloges de nos cathédrales ou buriné jadis les platines armoriées des soldats du roy ; sous le signe du machinisme elle est au service de l'interchangeabilité,

TABLEAUX COMPARATIFS DES TOLÉRANCES DE FABRICATION à diverses époques

		CANON DE 4 (8 centimètres) TABLES de finbeauval				CANON RAYE de 5 TABLES de 1856				CANON DE 75 Modèle 1867			
		Dimensions		Tolérances		Dimensions		Tolérances		Dimensions		Tolérances	
		lignes	points	lignes	points	lignes	points	lignes	points	lignes	points	lignes	points
BOULET ou OBUS	Diamètre min. (petite lunette)	2	11	6 ³ / ₄	9 ³ / ₄	72 ³ / ₄	9	74 ³ / ₄	3	74 ³ / ₄	3	0 ³ / ₄	2
	Diamètre max. (grande lunette)	3	3 ³ / ₄	4 ³ / ₄	7	73 ³ / ₄	5	74 ³ / ₄	5	74 ³ / ₄	5	0 ³ / ₄	2
Vent.....		1		2 ³ / ₄	25	1 ³ / ₄	5	1 ³ / ₄	5	0 ³ / ₄	4	0 ³ / ₄	4
CANON (d'acier)	Diamètre min.	3	1	4	3 p. (0 ³ / ₄ , 6)	75 ³ / ₄		74 ³ / ₄	9	75 ³ / ₄	1	0 ³ / ₄	2
	Diamètre max.	3	1	7		75 ³ / ₄	2	75 ³ / ₄	1	75 ³ / ₄	1	0 ³ / ₄	2
		FUSIL n° 1777 (de soldats) Calibre 18 m/m				FUSIL n° 1866 Calibre 11 m/m				FUSIL n° 1886 Calibre 8 m/m			
		Dimensions		Tolérances		Dimensions		Tolérances		Dimensions		Tolérances	
		lignes	points	lignes	points	lignes	points	lignes	points	lignes	points	lignes	points
BALLE	Diamètre min.	7	3	3 p. (0 ³ / ₄ , 6)		11 ³ / ₄	10	8 ³ / ₄	30	8 ³ / ₄	35	0 ³ / ₄	05
	Diamètre max.	7	6			11 ³ / ₄	14	8 ³ / ₄	35	8 ³ / ₄	35	0 ³ / ₄	05
CANON (d'acier)	Diamètre min.	7	9	3 p. (0 ³ / ₄ , 6)		11 ³ / ₄		7 ³ / ₄	98	8 ³ / ₄	02	0 ³ / ₄	04
	Diamètre max.	8				11 ³ / ₄	1	8 ³ / ₄	02	8 ³ / ₄	02	0 ³ / ₄	04

N. B. — Pour les obus oblongs le diamètre considéré est le diamètre de roulement. Pour les canons à vis le diamètre de 1 pouce est le diamètre du sommet des chevilles.

Fig. 4.

donc inséparable de la métrologie. Le comparateur Hartmann rejoint le pyromètre thermo-électrique d'Henri Le Chatelier pour asservir l'industrie à la mesure, c'est-à-dire à la science.

Mais aussi, la notion d'interchangeabilité se trouve généralisée. On ne fabrique plus des pièces interchangeables pour la seule satisfaction des besoins de l'usager, mais pour tirer le parti maximum de l'automatisme des machines-outils, en vue de supprimer les coûteuses sujétions de l'ajustage.

A l'interchangeabilité d'emploi est venue s'ajouter l'interchangeabilité de fabrication.

L'interchangeabilité devient, grâce aux progrès de la métrologie, la conséquence nécessaire du machinisme.

De ce fait, contrairement à une idée toujours trop répandue, la mise en application de la technique d'interchangeabilité ne suppose pas la fabrication en masse. On ne dira jamais assez qu'elle s'applique aussi bien aux fabrications unitaires ou de petites séries. Comme l'a montré notamment en 1910 notre collègue M. Androuin, dans une conférence à l'École Académique de Douai, elle apporte alors, avec la certitude de la qualité requise, une économie certaine, par la facilité et la rapidité d'exécution qu'elle entraîne.

Il est par ailleurs important de noter au passage que, par un heureux retour des choses, cette technique de l'interchangeabilité, dont l'essor fut longtemps retardé par des raisons sociales, ne peut avoir aujourd'hui à ce point de vue qu'un effet bienfaisant. Elle favorise en effet, dans toute la mesure permise par la diffusion de l'énergie électrique, l'essaimage des industries mécaniques sur le territoire, que réclament l'hygiène et la santé morale de nos travailleurs. Et vous savez tout l'intérêt que présente, dans l'ordre militaire, au regard de la protection contre les attaques aériennes, ce déploiement de nos ateliers « en tirailleurs ».

* * *

Voici venir les temps modernes : 12 novembre 1918!

Tandis que, dans l'euphorie de la victoire, nos mécaniciens, tout fiers d'avoir déclaré la paix au monde, riblonnent leurs instruments vérificateurs pour revenir à leurs pacifiques routines, l'Allemagne, riche des leçons d'une défaite qu'elle se refuse d'accepter, pose sans délai les fondements de sa revanche en reprenant à son compte, à une échelle « colossale », l'œuvre de Normalisation et de Métrologie qui chez nous, après avoir sauvé jadis les Armées de la République, avait permis à Foch de gagner la guerre.

Rien ne fut négligé pour adapter les industries allemandes aux techniques des fabrications interchangeables. Fortes de tout le poids de la grande firme Zeiss, où fut créé un Département de métrologie industrielle, comme aussi de l'apport scientifique

et technique d'un Institut de Métrologie et d'Interchangeabilité, fondé dans le cadre de la Technische Hochschule de Dresde, ces industries, entraînées par ailleurs par la propagande de la presse technique, orientées par l'enseignement des écoles, soutenues par les recherches méthodiques de leurs ingénieurs, se trouvèrent en moins de 15 ans, dans les bras d'Hitler, prêtes à l'action, surnormalisées, saturées d'instruments de mesure et dotées d'une industrie du calibre, qui d'après mes évaluations, disposait en 1939 de plusieurs milliers d'ouvriers richement outillés.

Vous comprendrez qu'il ne m'appartient pas de porter un jugement sur ce que fut, dans cette période qui devait aboutir à la drôle de guerre, notre contribution aux progrès des fabrications interchangeables. Avec le recul du temps, dans quelque 50 ans, un de nos futurs collègues pourra s'y employer sans courir le risque de mêler à ses propos la moindre amertume ou d'être soupçonné de plaider *pro domo*. Sans doute rendra-t-il alors un juste hommage aux pionniers de la normalisation et aux apôtres de la métrologie, qui dans une claire vision des choses, ont œuvré durant 20 années contre vents et marées. Sans doute aussi retrouvera-t-il la trace de notre vieil Atelier de Précision, gardien fidèle de nos traditions séculaires, dans son active retraite de 5 années à Causade, en Tarn-et-Garonne, tandis que dans le black-out de Paris se rallumait le flambeau de la normalisation.

Restant dans le domaine des généralités, je veux souligner qu'après la guerre de 1914-18, le domaine de l'interchangeabilité se trouve considérablement amplifié. Il ne s'agit plus désormais de réaliser, au besoin pour une courte période, l'interchangeabilité d'une série limitée d'éléments, dans une même usine ou dans un groupe d'usines appelées temporairement à collaborer à la fabrication d'un même matériel. Il s'agit de pouvoir commander un jour, n'importe où, à l'étranger peut-être, des pièces qui doivent s'adapter sans retouches à un ensemble ou des pièces de rechange d'un matériel de livraison ancienne. Il s'agit enfin de fabriquer « à priori » suivant une normalisation stable, des éléments de constructions mécaniques (roulements, boulons, engrenages, clavettes, etc.) ou des produits d'usage courant tels que culots et douilles de lampes électriques. En

un mot, c'est l'interchangeabilité dans le temps et dans l'espace qui s'impose.

A l'échelle des seuls arsenaux sous la Révolution, à l'échelle nationale en 1914, l'interchangeabilité se pose à l'échelle internationale. C'est sur ce plan que doivent se fonder et l'unification des mesures et la normalisation.

C'est chose faite aujourd'hui pour l'essentiel, grâce aux patients travaux effectués à partir de 1928 dans le cadre de l'I. S. A.⁽¹⁾

L'accord réalisé à Stockholm en 1934 et dont j'ai rendu compte en son temps à cette tribune⁽²⁾, a fait tout d'abord disparaître la dernière discordance qui subsistait entre les mesures industrielles des pays affiliés à la Convention du Mètre : la température de référence de ces mesures, d'où résultaient des écarts qui, en ce qui concerne la France, atteignaient 210 μ par mètre. Désormais cette température de référence, avec la haute sanction du Comité international des poids et mesures, est universellement fixée à 20°.

Cet accord a sanctionné par ailleurs l'adoption, comme étalon métrique industriel, des longueurs d'onde de la lumière que les travaux de nos savants compatriotes, Perot et Fabry, avaient permis en 1910 de définir à partir du prototype international de Breteuil. L'adoption de cet étalon de référence était devenue en effet possible, grâce notamment aux importants travaux de notre collègue M. Pérard et grâce à la généralisation de l'emploi dans l'industrie des étalons à bouts plans parallèles combinables. Réalisés peu avant la guerre de 1914 par le célèbre constructeur suédois Johanson, ces étalons, malgré leur défaut fréquent de stabilité et la dispersion de leur coefficient de dilatation, n'ont pas tardé en effet à supplanter nos étalons de l'Artillerie, sur lesquels ils présentent, surtout pour les faibles dimensions, les plus couramment employées en construction mécanique, une incontestable supériorité, du fait de leur grande commodité d'emploi.

Enfin, l'I. S. A. a établi :

1° Un système de tolérances fondamentales rationnellement échelonnées en *qualités* caractérisant chacune, en principe et toutes choses égales d'ailleurs, une difficulté

de réalisation, pratiquement indépendante de la dimension nominale, du moins dans certaines limites.

Ces qualités sont capables de couvrir, dans le présent et le futur, tous les besoins et toutes les possibilités des fabrications mécaniques.

2° Un choix raisonné de positions de ces tolérances par rapport aux dimensions nominales, permettant, par leurs combinaisons sur les éléments contenant et contenus à assembler, de trouver une solution normalisée à tous les problèmes d'ajustements que pose la mécanique dans ses différents domaines d'application.

3° Une codification détaillée de règles et conventions permettant d'assurer en toute certitude, à travers le monde, la normalisation des outillages de fabrication et de vérification, ainsi que la concordance des mesures et des opérations de contrôle.

Ce rappel très sommaire de l'architecture du Système I. S. A. vous suffira sans doute pour mesurer l'importance et la portée de cette œuvre déjà largement diffusée dans les seize pays qui l'ont adoptée : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Hongrie, Italie, Japon, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, U. R. S. S., c'est-à-dire, au premier chef, toute l'Europe continentale.

Mais plus que jamais, nous devons déplorer aujourd'hui que ces seize pays ne comprennent ni la Grande-Bretagne⁽³⁾ et ses dominions, ni les U. S. A. Le bénéfice d'une normalisation basée sur le système métrique ne saurait en effet s'étendre aux pays où, en dépit de l'adoption déjà ancienne de ce système à titre facultatif, les routines traditionnalistes ont maintenu dans les industries mécaniques l'usage des mesures en pouces.

Comblant le fossé qui nous sépare ainsi de ces pays, sera demain l'œuvre de l'I. S. A. qui vient de renaître sous le vocable à peine modifié de l'I. S. O. Nous ne doutons pas que sous l'actuelle présidence de M. Albert Caquot dont le nom reste attaché à l'immense effort de normalisation accompli dans notre pays depuis 1918, cette œuvre de l'I. S. O. ne soit bientôt menée à bien. Sans préjuger des

(1) Fédération internationale des Associations nationales de Normalisation, dont les bases furent jetées à Londres dès 1921.

(2) Unification internationale des normes fondamentales de la Mécanique. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, décembre 1934, p. 675.

(3) Depuis cet exposé, la British Standard Institution a procédé, en collaboration avec le Comité ISO/SC1 à la traduction dans le système en pouces, des tolérances et ajustements I. S. A.

dispositions qui, devant l'universalité désormais irrésistible du système métrique dans tous les domaines de la science et de ses applications, pourront être adoptées à cet effet, souhaitons que ce problème majeur reçoive au plus tôt la solution qui s'impose pour résister à l'épreuve du temps : celle qui se fonde sur la raison et non pas sur le poids, sur le nombre ou sur les circonstances d'un moment.

* * *

Pendant que se poursuivait l'édification du système I. S. A., la métrologie industrielle a connu, d'une guerre à l'autre, des progrès considérables visant trois objectifs essentiels : augmentation de la précision des mesures, augmentation de la commodité d'emploi des appareils de mesure, création d'appareils spéciaux pour des applications particulières telles que les filetages, les engrenages, etc....

Alors que les mécaniciens, au prix de miracles d'ingéniosité, s'appliquaient à résister avec leurs moyens propres au vertige de la haute précision, toutes les ressources de la physique ont été mises en œuvre pour augmenter la sensibilité et la fidélité de nos comparateurs, en donnant à l'amplification un véhicule immatériel : optique, photoélectricité, magnétisme, électronique. Tandis que l'amplification électromagnétique se fondait sur les travaux trop longtemps négligés de nos regrettés compatriotes Amédée Guillet⁽¹⁾ et J. Villey⁽²⁾, une métrologie pneumatique, qui est une des plus belles conquêtes de cette période, imaginée par M. Mennesson, prenait naissance en France; en Suède, Abramson faisait appel à une propriété élastique, l'amplification par torsion, pour confectionner les montres comparateurs.

Non seulement l'étoile mobile avec son amplification mécanique de Gribeauval donne aujourd'hui environ deux microns, mais on atteint en toute sécurité dans nos ateliers le dixième de micron qui, il y a trente ans, malgré l'optimisme de la publicité commerciale, paraissait insaisissable.

Dotés d'étalons à bouts plans dont la valeur métrique peut être donnée au moyen des interférences lumineuses à moins de 3 centièmes de microns et transportée par

comparaison, avec une erreur du même ordre, nos ateliers sont capables de déterminer les dimensions de leurs rapporteurs à moins d'un dixième de micron.

Cette précision est nécessaire, d'une part pour déterminer à moins d'un micron près les instruments vérificateurs utilisés pour le contrôle des tolérances de l'ordre du centième de mm, aujourd'hui courantes, d'autre part pour la mesure des éléments de construction pour lesquels des tolérances de l'ordre du micron sont nécessaires.

Alors qu'au temps de Gribeauval la métrologie parvenait à grand peine à satisfaire les besoins d'interchangeabilité et freinait les tentatives de fabrications par voie mécanique, elle devance aujourd'hui les progrès du machinisme, ayant conquis en 150 années quatre décimales.

Depuis quelques années, les techniques de mise en forme de la matière s'essoufflent à la remorque de la métrologie. C'est donc par la métrologie que nous devons parfois nous efforcer de satisfaire les exigences de la construction mécanique, lorsque avec nos outillages actuels elles dépassent encore les possibilités de fabrication économique. C'est ainsi que dans certaines fabrications — celle des roulements par exemple — les éléments que nos machines se refusent à livrer dans les tolérances de l'ordre du micron qu'exigent leurs conditions d'emploi, sont mesurés puis « sélectionnés ». Grâce à cet artifice de l'ajustement par sélection, l'interchangeabilité voit sans doute sa portée quelque peu restreinte, mais tout en restant fondée sur le travail mécanique, elle ne connaît plus d'autre limite de précision que celle des mesures industrielles.

* * *

Est-ce à dire que nous soyons au bout de nos peines!...

A peine né et bien avant qu'il ait conquis le monde, le système I. S. A. appelle de nouveaux perfectionnements.

C'est qu'à l'heure même où s'étale dans le temps et l'espace le problème de l'interchangeabilité, voici qu'avec le développement de la motorisation maritime, terrestre et aérienne, s'accroissent les exigences de ce

(1) Amédée GUILLET : *C. R. de l'Académie des Sciences*, 2 janvier 1899.

(2) J. VILLEY : *C. R. de l'Académie des Sciences*, octobre 1910.

qu'on pourrait appeler, d'un mot qui fait image, la mécanique « vivante » et parce que vivante, pourrions-nous dire hélas, mécanique « mortelle ».

Il ne suffit plus alors que les dimensions des pièces mécaniques à assembler soient comprises dans une zone de tolérance donnée, matérialisée par deux calibres-limites; il faut encore que, dans cette zone de tolérance, chaque pièce ne s'écarte pas trop de la forme idéale assignée.

Or, par suite de l'imperfection de nos outillages et de leurs conditions d'emploi, comme aussi de nos procédés de mise en forme, les pièces que nous recevons des machines, présentent toujours plus ou moins deux sortes d'aberrations (fig. 5) :

— les unes de grande amplitude, dues aux perturbations mécaniques de la machine génératrice, marquent

l'inexactitude du profil par rapport à la forme assignée. On les appelle erreurs de forme ou erreurs macrogéométriques. En général, ces erreurs affectent des critères dimensionnels des pièces qui caractérisent leur forme globale, tels que les diamètres dans le cas des arbres et des alésages;

— les autres, de faible amplitude mais parfois situées sur une onde porteuse due à des perturbations mécaniques, sont des aberrations de caractère essentiellement superficiel, unilatérales; elles sont dues à l'action directe sur la matière de l'outil générateur dont elles constituent l'empreinte. On les appelle rugosités ou erreurs microgéométriques. C'est la notion d'état de surface, dont il y a 70 ans l'importance pour certains

éléments de nos armes portatives, n'avait pas échappé au Capitaine Ply.

Qu'elles soient d'ordre macro ou microgéométrique — et la distinction est d'ailleurs conventionnelle — ces aberrations affectent souvent les conditions de fonctionnement et de durée des mécanismes, au point qu'elles constituent un élément de leur interchangeabilité qui ne saurait plus être négligé.

Partout où une pièce frotte sur une autre, partout où un joint étanche doit être établi, partout où un ajustement glissant doit fonc-

tionner, où un serrage doit être obtenu, partout où une dimension doit être réalisée de façon précise, partout où l'usure doit être réduite, partout où il y a mouvement relatif d'une surface et d'un fluide superficiel, partout où des pièces sont soumises à des sollicitations répé-

tées, partout où l'on redoute les ravages de la corrosion, erreurs macro ou microgéométriques suivant les cas et plus souvent ensemble, doivent être strictement limitées.

Aux tolérances de fabrication doivent s'ajouter des tolérances de forme et des tolérances de rugosité.

Si les erreurs de forme, qui échappent généralement au contrôle par calibres à limites, peuvent être mesurées aisément avec les appareils à lecture dont dispose l'industrie, par contre une métrologie spéciale des rugosités superficielles a dû naître.

J'ai exposé à cette tribune⁽¹⁾ l'ensemble de ce problème complexe et notamment l'importante contribution apportée à sa solution par l'Atelier de Précision, dont les travaux ne

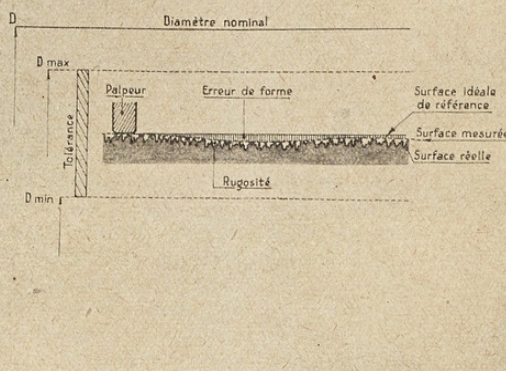


Fig. 5.

(1) Position du problème industriel des aberrations géométriques des surfaces. Conférence faite le 26 février 1948 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. *Machines et Métaux*, mai-juin 1948.

sont pas seulement limités à la mise au point de méthodes et appareils de laboratoire, ou répondant à des applications particulières,

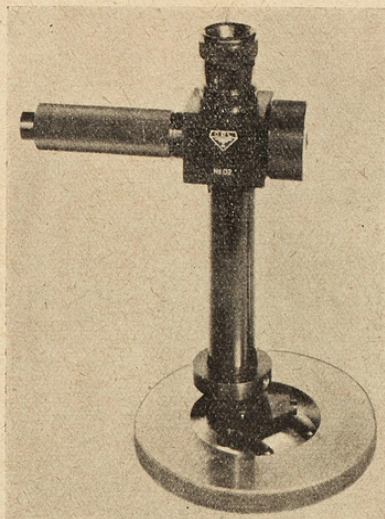


Fig. 6. — Surfascopie O. P. L.

mais ont abouti à la création pour le contrôle en atelier de trois appareils d'usage général actuellement dans le commerce, couvrant la plupart des besoins industriels :

— Le surfascopie O. P. L., permettant de mettre en évidence, par la méthode due à nos compatriotes Collet-Levy et Grunwald, la fraction portante des surfaces rugueuses (fig. 6);

— des palpeurs pneumatiques mettant en œuvre le micromètre Solex, permettant d'atteindre en toute certitude le dixième de micron, dans la mesure de la capacité d'aplanissement des surfaces. La figure 7 montre le dernier modèle de ces palpeurs pneumatiques, type universel P. U. 6, réalisé

par le L. C. A., applicable aux surfaces planes ou cylindriques mâles et femelles;

— le microinterféromètre, dont le dernier modèle réalisé au L. C. A., est spécialement adapté aux mesures d'atelier sur les surfaces de qualité (fig. 8).

Il s'agit là de couvrir la surface à étudier d'un réseau de franges d'interférences, dessinant ses courbes de niveau, franges dont l'écartement, égal à la demi-longueur d'onde — soit 0,3 mm en lumière blanche — constitue un micromètre permettant d'apprécier à 0,03 μ près les rugosités dont elles épousent le profil (fig. 9).

Si j'ai signalé ces réalisations entre tant d'autres, ce n'est pas seulement pour rendre à mes anciens collaborateurs un hommage mérité à propos d'une question qui me tient à cœur, mais pour souligner par un exemple typique, une caractéristique essentielle de la métrologie française, qu'un jour, répondant à l'étonnement d'un officier japonais devant l'apparente disproportion entre la qualité du travail de nos ouvriers et la rusticité des moyens mis à leur disposition, je condensais dans cette phrase lapidaire « En France, « nous ne prenons pas un pavé pour écraser « une mouche! »

* *

Cependant, j'entends déjà la rumeur de ceux qu'épouvante cette accumulation de contrôles successifs : limites, forme, rugosités...

Certes, le contrôle, inévitablement, en raison de l'interchangeabilité, coûte cher. Il est des industries — celle des roulements par exemple — où le nombre des agents chargés du contrôle est du même ordre que celui des ouvriers employés à la fabrication. Mais

avez-vous compté le temps qu'un ajusteur travaillant suivant les méthodes d'antan passait à vérifier son travail, à tâtonner avant d'arriver au but?

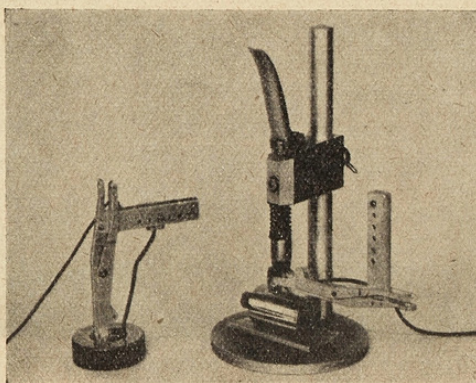


Fig. 7. — Palpeur pneumatique Nicolau-Solex, type P. U. 6, du Laboratoire Central de l'Armement, pour surfaces planes et cylindriques.

Quoi qu'il en soit, l'immense développement des fabrications interchangeables dans les pays belligérants a eu dans la dernière décade l'heureux effet de faire rechercher et imposer tous les moyens de réduire au maximum le prix de revient du contrôle.

Des résultats très importants ont été obtenus par des voies diverses.

On s'est attaqué tout d'abord aux calibres à limites, par trois moyens différents :

1° Réduction du prix de revient :

a) par une conception mécanique plus judicieuse, permettant souvent l'emploi de procédés de fabrication plus expéditifs;

b) par des artifices de normalisation permettant la fabrication en série de certains éléments et leur réemploi;

c) par l'emploi d'une main-d'œuvre non spécialisée pour la fabrication des calibres en série.

2° Réduction de la durée des opérations de contrôle :

a) par une disposition des calibres qui augmente leur commodité d'emploi;

b) par l'organisation de tables de mesure, véritable transposition dans le domaine de la métrologie des principes qui gouvernent le travail à la chaîne.

3° Augmentation de la résistance à l'usure : chromage électrolytique, touches

en stellite ou en carbures de tungstène.

Par ailleurs, pour la fabrication des calibres complexes ou des calibres de forme, on s'est appliqué à éviter la fabrication des rapporteurs coûteux, en recourant au contrôle par projection, ou en faisant appel à des dispositifs spéciaux, notamment pour les mesures angulaires.

Dans une autre voie, on s'est appliqué à substituer aux calibres à limites des appareils à lecture et grâce à l'emploi de têtes de mesure interchangeables à réaliser des montages permettant

le contrôle simultané de plusieurs cotes d'un même élément.

Pour les fabrications de grande série, on a établi des machines de contrôle automatique, machines faisant appel le plus souvent aux ressources de l'électronique.

En vue de supprimer le contrôle en cours de fabrication, on a asservi la machine à la pièce à réaliser. C'est le Self control.

Mais le pas le plus décisif a été fait, en Angleterre surtout, par l'utilisation systématique des méthodes statis-

tiques, sous le nom de « Quality Control ».

Il s'agit là, par des mesures sur des prélèvements effectués judicieusement à des intervalles réguliers, de suivre sur des graphiques l'évolution dans le temps de la valeur moyenne et de la dispersion des

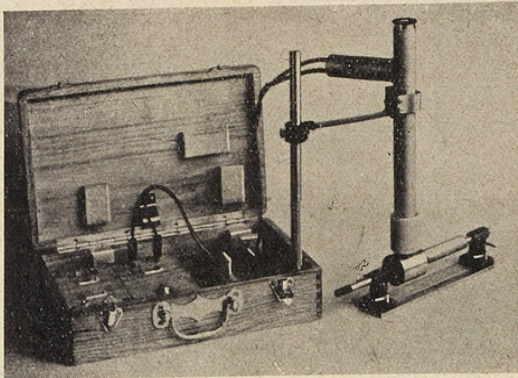


Fig. 8. — Rugomètre Mirau.

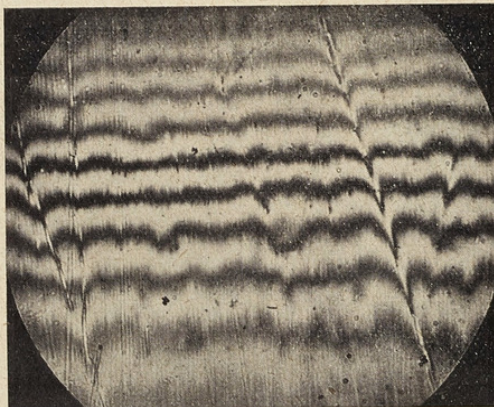


Fig. 9. — La microtopographie d'une surface mise en évidence par les interférences lumineuses.

dimensions contrôlées sur des objets fabriqués, en vue de s'assurer que le fonctionnement de la machine ou du groupe de machines qui les fabrique reste normal, « sous contrôle » dit-on, c'est-à-dire tel que la probabilité d'avoir des pièces hors tolérances reste inférieure à une valeur donnée.

En fait, ce ne sont plus les pièces fabriquées que l'on surveille ainsi, mais la machine qui les fabrique et à chaque instant, — ce n'est pas le moindre avantage du procédé — l'ouvrier qui la conduit connaît la marche de son travail et suit l'évolution de la « population » des pièces réalisées; en un mot, il sait ce qu'il fait.

Compte tenu de la nécessité de surveiller les erreurs de formes d'une part, du développement du quality control d'autre part, et enfin du prix de revient élevé des calibres, la tendance est manifestement de généraliser l'emploi des appareils de mesure et de les rendre automatiques au point même de leur faire afficher les mesures comme le font déjà les appareils de pesage. Le temps n'est pas loin où, grâce au développement du machinisme métrologique, il sera demandé à nos contrôleurs plus de vigilance que d'habileté.

* * *

Ainsi, levant les dernières objections de la Routine, la métrologie elle-même apporte son tribut à la Productivité. Car il est aujourd'hui de bon ton de parler de productivité. C'est le mot magique où l'homme de la rue semble concentrer toutes nos aspirations matérielles et sociales pour en faire le point de ralliement des progrès de nos techniques de production... un bien petit mot pour une si grande chose et si petit qu'on n'y voit plus en somme qu'il appelle ces progrès pour produire à la fois, *mieux, meilleur marché, à moindre effort et plus*, si nécessaire.

Quelle que soit l'échelle à laquelle on l'envisage — échelle du monde, d'un pays, d'une usine, d'un atelier, d'une machine, d'une opération, d'un geste — la productivité ne saurait certes s'acquiescer dans un climat qui ne serait pas imprégné des plus hauts sentiments de solidarité et de conscience professionnelles. Ce climat favorable réalisé, elle ne saurait progresser à la vitesse que nous impose le rythme actuel de la vie, sans le

secours de la science. Car la science est l'accélérateur du progrès technique.

A parler d'organisation, on a trop souvent été tenté — ne serait-ce qu'en vertu de la loi du moindre effort — de l'entendre au sens purement administratif que lui donne le vulgaire; de sorte qu'au nom de la science souveraine, chacun s'est mis en tête, un peu partout, de mettre de l'ordre dans sa maison. Loin de moi l'intention de minimiser l'importance de cette louable et féconde occupation. Mais à ce jeu, on a parfois trop oublié que la gloire de Taylor n'est pas tant faite d'organigrammes et de plannings, que de recherches expérimentales scientifiquement conduites, comme celle qui lui fit réaliser l'acier rapide.

C'est bien ainsi que chez nous l'avait, par exemple, compris le Commandant Denis en poursuivant lui aussi, jadis, ses recherches sur la coupe des métaux.

Non, Le Chatelier n'a pas menti : j'en appelle à la lignée de nos officiers-techniciens de l'Artillerie française dont je vous ai dit le long travail persévérant.

Les problèmes humains résolus, le problème de la productivité est avant tout un problème technique, c'est-à-dire justiciable de la recherche scientifique appliquée, la seule que voulut connaître Le Chatelier.

C'est pourquoi, pour le résoudre, il faut notamment que nos ingénieurs, nos techniciens, qui ont la noble mission de produire, cessent de jouer les parents pauvres dans l'industrie; il faut, comme le réclamait aussi Henri Le Chatelier, qu'à tous les degrés de la hiérarchie, ils soient imprégnés de l'esprit scientifique et non plus saturés d'une stérile documentation; il faut que l'enseignement qu'ils reçoivent ne leur dise pas tant comment se font les choses que pourquoi elles se font ainsi. « Not how but why » disent les américains.

Les pieds au sol toujours et, bien sûr, la tête haute, aussi haut qu'elle peut monter sans perdre de vue le contact avec le réel.

C'est à cela que, pour ma part, je m'attache avec toute ma foi dans le destin de mon pays, à la tête de l'Institut Supérieur des Matériaux et de la Construction Mécanique, que j'ai reçu mission de créer en vue de parachever la formation d'une élite d'ingénieurs constructeurs mécaniciens et plus encore en vue de créer dans nos industries

mécaniques un climat qui en chasse les derniers miasmes de l'empirisme.

Progrès technique, acquis par la science et mis en œuvre par des hommes qui, tous ensemble, tirent dans le même sens, tel est le secret de la Productivité, avec ou sans y!

Pour l'atteindre, ne nous attardons plus sur le passé, voyageurs dans la nuit que l'aube surprend les yeux clos dans le rêve des paysages disparus.

Écoutons plutôt l'avertissement de Léonard de Vinci : « Ceux qui s'entêtent de pratique « sans science sont comme des marins sur un « navire sans timon ni boussole. »

Puisons toutefois dans ce passé, s'il en est temps encore, — et ce sera à la fois l'objet et la conclusion de cet exposé — des raisons de croire en nous-mêmes, d'espérer et d'agir. « Tant il est vrai — écrivait Edgar Quinet — que la liberté ne peut se passer d'Ancêtres. »

HOMMAGE A LA MEMOIRE D'HENRY LE CHATELIER

ANCIEN PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE (1904-1905).

L'ŒUVRE D'HENRY LE CHATELIER ⁽¹⁾

par M. René PERRIN,

Lauréat de la Société d'Encouragement,

Directeur général adjoint de la Société d'Électro-Chimie, d'Électro-Métallurgie et des Aciéries Électriques d'Ugine.

Mesdames, Messieurs,

Il n'est, certes, point interdit de cultiver légèrement le paradoxe, mais n'est-ce point risquer de le pousser à l'extrême que d'essayer de décrire en quelques instants une œuvre scientifique aussi étendue, aussi riche et diverse que celle d'Henry Le Chatelier; si diverse qu'il fallut le concours de plusieurs éminentes personnalités de disciplines scientifiques et techniques différentes pour tenter de la résumer après sa mort. J'ai conscience de la difficulté de ma tâche. Je ne veux point vous imposer l'audition d'une simple et lassante énumération de travaux. Je tenterai simplement de vous faire saisir cette extraordinaire diversité, apanage de quelques hommes doués d'un ensemble de dons peu communs, ainsi que son unité dans sa diversité apparente.

L'œuvre d'Henry Le Chatelier a cette caractéristique qu'elle se situe à des plans qu'il est d'usage de considérer comme de hauteurs très différentes. Il a excellé, en effet, aussi bien dans ce qu'il est convenu d'appeler la technologie, que dans la science théorique pure.

Science pure : Les grandes étapes des progrès scientifiques sont marquées par la découverte des lois qui régissent les phénomènes. Chacune d'elles lève une partie du voile qui cache à l'homme les raisons de toutes choses et met entre ses mains de nouveaux instruments de travail. La fortune de laisser son nom à de telles lois est réservée aux princes de la science; elle n'a pas manqué à Henry Le Chatelier et son nom accouplé à celui de Van t'Hoff, a été justement donné aux lois de déplacement de l'équilibre, lois

d'une portée très générale en même temps qu'outil de raisonnement précieux puisqu'il permet de prévoir dans quel sens la variation d'un facteur déplace une réaction.

Mais, en dehors de cette découverte capitale, d'autres lois lui sont dues ne fût-ce que sa loi générale de l'équilibre des corps gazeux; celle-ci relie les changements de concentration des corps en présence aux variations de température et pression, et permet de calculer toutes les données de ces équilibres à partir de la simple détermination expérimentale d'une constante. Jointe aux résultats de longues et remarquables études qu'il fit avec Mallard sur les températures de combustion des gaz et leurs chaleurs spécifiques, cette loi a éclairé d'un jour entièrement nouveau tous les problèmes que posent la génération des gaz combustibles et le chauffage industriel.

Il eut aussi la prescience des lois qui président aux réactions entre laitiers et métaux; n'a-t-il pas écrit que celles-ci sont des réactions d'équilibre et qu'il est possible de leur appliquer les résultats obtenus pour les équilibres dans les solutions en liquides superposés?

Il s'est avéré ainsi précurseur de nombre de recherches et mises au point modernes dans l'élaboration des métaux et alliages.

Son intuition et son esprit généralisateur veulent en outre qu'il ne puisse étudier un problème de science industrielle pratique sans élever le débat et édifier des théories générales, qui servent de guide et de flambeau pour les recherches ultérieures. Ainsi se dessine, dans des domaines particuliers, un deuxième aspect de son œuvre.

J'en citerai des exemples frappants : d'un trait de génie, il définit le véritable rôle

(1) Conférence faite le 21 décembre 1950 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

L'Industrie nationale. — octobre-décembre 1951.

des catalyseurs dans les réactions chimiques : ils ne font qu'atténuer l'effet des résistances passives qui s'opposent au retour d'un système hors d'équilibre vers l'état d'équilibre, mais ne changent nullement celui-ci. Leur rôle est analogue à celui de l'huile dans les rouages d'une machine.

Partant de cette conception théorique, et utilisant une observation de Thénard il détermine, a priori, toutes les conditions requises pour la synthèse de l'ammoniac, y compris la nature du catalyseur; comme il l'a conté lui-même, ce n'est qu'à cause d'erreurs d'appareillage et d'un manque de persévérance qu'il a dû laisser à Haber la gloire d'avoir réalisé cette synthèse capitale. Haber a d'ailleurs eu l'élégance de reconnaître ce dont il était redevable au maître.

L'étude des liants hydrauliques, lors de l'élaboration de sa thèse, le conduit à élaborer la théorie générale de leur prise; il met, en particulier, en évidence le phénomène de la sursaturation et détermine les conditions nécessaires pour qu'un corps puisse posséder les propriétés d'un liant. Tout ce qui a été réalisé par la suite dans ce domaine est en filiation directe des idées qu'il a émises il y a plus de cinquante ans.

En métallurgie, il établit tout d'abord une notion de base par la distinction entre la composition chimique et la structure des alliages; mais et surtout, au cours d'un entretien commun avec Osmond, il aboutit à une conception nouvelle qui éclaire tout l'ensemble des phénomènes des modifications de structure des métaux; la conception des solutions à l'état solide, analogues aux solutions à l'état liquide. Ces solutions solides laissent déposer au refroidissement des corps simples ou composés, séparément ou simultanément; l'intervention des résistances passives et des vitesses de transformation est seulement beaucoup plus grande que dans le cas des liquides.

D'un seul coup, une lueur irradiante est jetée sur les phénomènes de trempe certes, mais aussi sur les diagrammes de solidification et de transformation au refroidissement; un premier pont est jeté entre la chimie des solides et celle des liquides, pont complété maintenant par la jeune science des diffusions et réactions dans l'état solide.

Ainsi nous apparaît cette caractéristique

essentielle d'Henry Le Chatelier, de prince de la science, de pionnier ouvrant la voie, par l'établissement de lois générales ou de théories d'ensemble, à une riche moisson de découvertes et mises au point nouvelles.

Mais là ne s'est point bornée, et de très loin, son œuvre; chaque fois qu'il s'attache à un problème particulier, il se montre observateur de grande classe et guidé par la sûreté de ses rigoureuses méthodes de raisonnement, il apporte des contributions de premier ordre. Quelques exemples :

— étude des différents silicates de chaux et détermination du silicate tricalcique comme constituant essentiel des ciments;

— étude sur les états allotropiques de la silice, la constitution des briques de silice, et contribution précieuse pour cette industrie;

— recherches sur la viscosité des verres et établissement de la loi dite du double logarithme;

— idées et expériences fécondes sur les produits céramiques et les émaux;

— données de base pour les explosifs de sécurité dans les mines;

— influence de la surchauffe, de l'agitation et de la vitesse de refroidissement sur le nombre de germes cristallins et par là même sur la structure des alliages lors de la solidification.

Henry Le Chatelier est, en plus, le véritable initiateur de la méthode qui consiste à déterminer la nature et la structure d'un alliage, par l'étude précise de l'ensemble de ses propriétés et le créateur des analyses dilatométriques et résistométriques.

Ce grand savant avait la conscience profonde de l'impérieuse nécessité d'appareils de mesures appropriés à chaque cas. Il savait que l'on ne peut utilement raisonner sur l'importance d'un facteur qu'à condition d'être à même d'en mesurer les variations de façon précise.

Il nous apparaît, dès lors, sous un autre aspect encore, celui d'un grand créateur d'appareils d'observation et de mesures, faisant ainsi preuve de dons particuliers, qui ne sont qu'assez rarement l'apanage des pionniers de la science.

L'exemple le plus fameux est celui de son couple thermoélectrique.

Au cours de son étude des dissociations à haute température, il sent le besoin de

pouvoir mesurer les températures élevées, sans se contenter d'une appréciation empirique; il a ce trait d'audace de reprendre le principe du couple de Becquerel, dont la condamnation par la grande autorité d'autrefois en matière de mesures, le physicien Regnault, avait consacré l'échec; au prix d'une méthode expérimentale et d'une logique impeccables, il met au point le couple platine-platine rhodié universellement encore adopté de nos jours, soit plus de soixante ans après sa découverte.

Il s'attaque ensuite à la mesure de températures plus élevées où le couple n'est plus utilisable et met au point le pyromètre optique, qui a rendu, lui aussi, de très grands services.

Quand il s'adonne à l'étude des métaux, il cherche très vite à la doter d'instruments d'observation et de mesure, il crée ainsi successivement son microscope pour l'examen des sections polies et le banc de photographie, puis le galvanomètre double Saladin Le Châtelier, enfin son dilatomètre, tous appareils qui, certes, ont été perfectionnés par la suite, mais qui ont constitué l'équipement de base des laboratoires de métallurgie.

Il fait preuve d'ailleurs, dans la conception et la simplification de ces appareils, d'une très grande ingéniosité, comme s'il était un constructeur né.

Enfin, il ne dédaigne pas, bien au contraire, de se pencher sur tous les détails technologiques, dans le souci de permettre à quiconque d'utiliser aisément les appareils.

Particulièrement instructive est son étude parfaite et minutieuse de la confection des éprouvettes destinées à l'examen microscopique : découpage, préparation des matières à polir, disques de polissage, etc.... Ne va-t-il pas jusqu'à calculer le prix de revient d'une opération, dans le désir de convaincre les métallurgistes qu'ils peuvent se livrer à des études micrographiques à peu de frais.

On retrouve ces préoccupations techno-

logiques à de nombreuses reprises dans son œuvre, ne fût-ce que dans ses notes sur la manière de procéder à la trempe des aciers; n'est-ce point une attitude surprenante de la part d'un savant de cette classe?

Je viens d'essayer, en une classification quelque peu artificielle, comme toutes les classifications, de vous faire percevoir les aspects très divers de l'œuvre d'Henry Le Châtelier.

Une telle diversité est-elle le fruit du hasard, des circonstances? Certes, non; elle résulte de la discipline rigoureuse qu'il s'est imposée et qui réalise l'unité d'une œuvre d'une complexité étonnante au premier abord. Une phrase entre bien d'autres nous donne la raison de cette discipline : « la fusion de la théorie et de la pratique doit aujourd'hui être la préoccupation dominante de tous ceux qui s'intéressent aux progrès de la science et de l'industrie ». Quel que soit le sujet qu'il ait abordé, il a jugé nécessaire d'être en mesure de le dominer entièrement et, pour ce faire, d'en connaître tous les angles, tous les aspects, de la théorie pure aux mesures et à la technologie. N'a-t-il pas dit, avec sa vigueur de langage coutumière : « l'habitude de regarder les choses par un seul côté est bien la caractéristique de l'esprit faux ». C'est à ce souci profondément ancré chez lui que tiennent la profondeur et la fécondité exceptionnelles de son œuvre, que ce soit en métallurgie ou dans les industries du chauffage, des liants hydrauliques ou de la silice. Il avait, aurait dit Péguy, le souci de « l'ouvrage bien faite » et, en grand artisan de chez nous, car ses qualités sont bien de « chez nous », il ne voulait négliger aucun détail, convaincu que ne sont belles et durables que les œuvres dont tous les détails ont été laborieusement et patiemment étudiés.

C'est ainsi que les maîtres ciselent les chefs-d'œuvre, ces chefs-d'œuvre que les élèves admirent et s'efforcent modestement d'imiter. Aussi fut-il un maître, un grand maître, très écouté et très vénéré.

INDEX POUR 1951 DES AUTEURS DE CONFÉRENCES

I

CONFÉRENCES PUBLIÉES

MM.		Pages.
CAQUOT (A.). — Hommage à la mémoire de M. Louis Pineau		34
DEVILLERS (L.). — Cinquante ans d'évolution dans la technique des transports souterrains.		1
DUMANOIS (P.). — L'œuvre de Louis Pineau		35
GUINIER (Ph.). — L'avenir de la Forêt française		87
JACQUÉ (M. L.). — Le pétrole, matière première des industries chimiques.		51
NICOLAU (P.). — L'interchangeabilité, technique-clé de la production		69
PERRIN (R.). — L'œuvre d'Henry Le Chatelier		85

II

CONFÉRENCE AYANT FAIT L'OBJET DE COMPTE RENDU

	Page.
M. DUPOUY (G.). — Le Microscope électronique. Applications en métallographie et à l'étude des états de surface	18

TABLE DES MATIÈRES

(Année 1951)

1°

Articles, Conférences et Mémoires.

	Pages.
CINQUANTE ANS D'ÉVOLUTION DANS LA TECHNIQUE DES TRANSPORTS SOUTERRAINS, par M. Louis Devillers	1
HOMMAGE A LA MÉMOIRE DE M. LOUIS PINEAU. Allocution de M. Albert Caquot.	34
L'ŒUVRE DE LOUIS PINEAU, par M. l'Ingénieur Général Dumanois.	35
LE PÉTROLE, MATIÈRE PREMIÈRE DES INDUSTRIES CHIMIQUES, par M. L. Jacqué.	51
L'INTERCHANGEABILITÉ, TECHNIQUE-CLÉ DE LA PRODUCTION, par M. P. Nicolau	69
L'ŒUVRE D'HENRI LE CHATELIER, par M. René Perrin	85

2°

Comptes Rendus des Séances publiques de la Société d'Encouragement.

Séances des 1 ^{er} , 15 et 29 juin 1950 (<i>Conf. Dupouy, Trillat, Devillers</i>)	18 à 20
Séance du 9 novembre 1950 (<i>Allocution de M. J. Fieuz</i>)	49

3°

Divers.

Assemblée Générale du 1 ^{er} juin 1950.	23
Liste des Récompenses décernées pour l'année 1949	28
Liste des Conférences organisées par la Société d'Encouragement du 24 janvier 1946 au 1 ^{er} juillet 1950.	40
Index	88

Le Président de la Société, Directeur Gérant : A. CAQUOT.

D. P. n° 10803.

Imprimé en France chez BRODARD ET TAUPIN, Coulommiers-Paris. — 3-1952.

C^{ie} DE FIVES-LILLE

POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ET ENTREPRISES

Société Anonyme au capital de Un Milliard de Francs

7, Rue Montalivet, PARIS (8^e).

Tél. : ANJ. 22-01 et 32-40.

R. C. Seine 75 707.

•
INSTALLATIONS COMPLÈTES
DE SUCRERIES, RAFFINERIES, DISTILLERIES
MATÉRIELS POUR RAFFINERIES DE PÉTROLE
•

LOCOMOTIVES DE RÉSEAUX ET DE MANŒUVRE
•

CENTRALES THERMIQUES ET HYDRAULIQUES
CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES A GRANDE VAPORISATION
MATÉRIEL ÉLECTRIQUE DE TOUTES PUISSANCES
•

PONTS ET CHARPENTES MÉTALLIQUES
MATÉRIELS DE TRAVAUX PUBLICS
ROULEAUX-COMPRESSEURS - COMPRESSEURS D'AIR
MATÉRIELS DE BROYAGE, CONCASSAGE, CRIBLAGE
USINES A CIMENT, A CHAUX, A PLÂTRE
•

BAIGNOL & FARJON

CRAYONS
PLUMES
P. PLUMES
P. MINES
GOMMES
PUNAISES

GILBERT & BLANZY-POURE

468

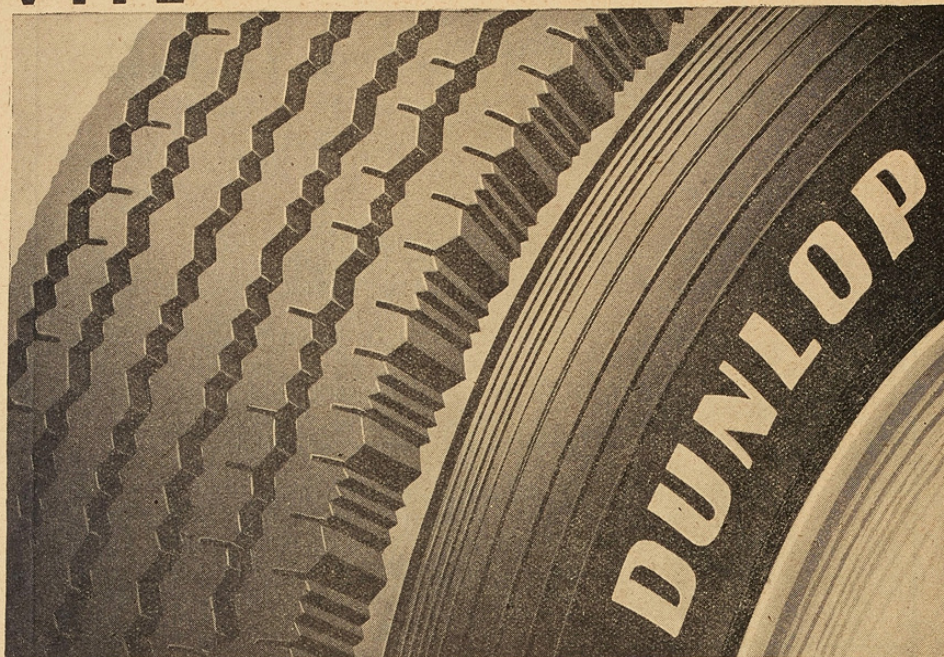
B. — 4

POUR ALLER

VITE

POUR ALLER

LOIN



DUNLOP 64 RUE DE LISBONNE PARIS — Usines : MONTLUÇON, LE BOURGET, MANTES-GASSICOURT

Compagnie Générale de GEOPHYSIQUE

Application des procédés tellurique,
électriques, sismiques, gravimétrique
aux recherches pétrolières, minières,
travaux de Génie Civil.

50, rue Fabert, PARIS (7^e)

Téléphone : INVALIDES 46-24



HUILES, GOUDRONS & DÉRIVÉS

Service Commercial :
10, rue Alfred-de-Vigny
Tél. Wagram 63-21 à 25

S. A. au Capital de 570.000.000 de francs
Siège Social : 10, rue Alfred-de-Vigny
PARIS (8^e)

Usines à Vendin-le-Vieil (P.-de-C.)
Jouy-aux-Arches (Moselle)
Saint-Fons (Rhône)

MATIÈRES PREMIÈRES pour l'Industrie Organique de Synthèse, l'Industrie des Couleurs et Vernis et les Industries diverses

GOUDRONS et dérivés
BRAIS DE HOUILLE
HUILES de houille 1^{er} types
NAPHTALINE brute et pure
ANTHRACÈNE brut et pur
PHÉNOLS et Crésols purs
MÉTACRÉSOL
PARACRÉSOL
FORMOL
MÉTHYLCYCLOHEXANOL

CYCLOHEXANOL
HEXAÉTHYLÈNETETRAAMINE
TRIOXYMÉTHYLÈNE
PHALATES tous types
BENZOLS techniques et purs
LIANTS pour peinture
CARBONILEUM
CRÉSYL
GÉDANTHROL
VERNIS noir et incolore

MATIÈRES PREMIÈRES pour l'Industrie des matières plastiques et MATIÈRES PLASTIQUES

ANHYDRIDE phthalique
FORMOL - PHÉNOL
CRÉSOLS - XYLÉNOLS
PLASTIFIANTS
RÉSINES de coumarone
RÉSINES GÉDÉLITE

RÉSINES Synthétiques
(diverses)
GEDOSOL
(100% phénolique)
GEDOPALS (oléo-solubles)

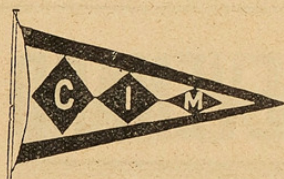
POUDRES A MOULER

" GÉDÉLITE " thermo durcissable

PRODUITS pour l'Industrie Pharmaceutique et la Parfumerie

CHLORURE DE BENZYLE
CHLORURE DE BENZOYLE
ACIDES BENZOÏQUES
BENZOATE DE SOUDE
BENZONAPHTOL

BENZALDÉHYDE
ALCOOL BENZYLIQUE
BENZOATE DE BENZYLE
PEROXYDE DE BENZOYLE
ACÉTATE DE BENZYLE



La C. I. M. assure au Havre la réception des hydrocarbures à destination de la Région Parisienne et plus particulièrement la desserte des Raffineries de la Basse-Seine.

Bassins accessibles aux plus grands navires pétroliers avec stockage disponible prévu à un minimum de 200.000 m³

Distribution assurée dans la Région Parisienne par un dépôt spécialisé à Gennevilliers (40.000 m³)

COMPAGNIE INDUSTRIELLE MARITIME

Concessionnaire du Port Autonome du Havre

36, rue de Liège

PARIS

EUROPE 44-30

29, rue de Berri
• PARIS (VIII^e) •

Tél. : BALzac 16.50

— (8 lignes) —



CITERNA

TRANSPORTS RAPIDES DE COMBUSTIBLES LIQUIDES
==== PAR BATEAUX-CITERNES AUTOMOTEURS

APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES

P. CHEVENARD

- pour l'analyse dilatométrique et thermomagnétique des matériaux;
- pour l'essai mécanique et micromécanique des métaux à froid et à chaud;
Essais de traction, de flexion, de compression, de dureté;
Essais de fluage (Traction-Relaxation) et de rupture;
Essais de torsion alternée;
Étude du frottement interne;
- pour l'étude des réactions chimiques par la méthode de la pesée continue;
- pour la mesure des températures et le réglage thermostatique des fours.



A. D. A. M. E. L.

4-6, Passage Louis-Philippe.

PARIS (11^e)

CHANTIERS NAVALS DE LA PALLICE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE FR. 185.000.000

29, RUE GALILÉE, PARIS 16^e Tél. KLE 81-90

RÉPARATIONS DE NAVIRES

DEUX CALES SÈCHES : 107 ET 176 M.

CONSTRUCTIONS NAVALES

MÉCANIQUE - FORGE - FONDERIE

CHAUDRONNERIE GÉNÉRALE

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CONSTRUCTIONS

BABCOCK & WILCOX

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 259.200.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 48, rue La Boétie, 48

PARIS (8^e) Téléphone : ÉLYSÉES 89-50



U S I N E S :

La Courneuve (Seine)

Cherbourg (Manche)

CHAUDIÈRES à VAPEUR - GROSSE CHAUDRONNERIE
RIVÉE ET SOUDÉE - MATÉRIELS POUR
RAFFINERIES DE PÉTROLE ET SUCRERIES

PROGIL

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 800.000.000 DE FR.

10, QUAI DE SERIN - LYON

77, RUE DE MIROMESNIL - PARIS

PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS

CHLORE-SOUE-EXTRAIT DE JAVEL - CHLORURE DE CHAUX-HYDROGÈNE

SOLVANTS CHLORÉS : MONOCHLOROBENZÈNE - ORTHODICHLOROBENZÈNE - DICHLORÉTHANE - TRICHLORÉTHANE

SOLVANTS HYDROGÉNÉS ET DESHYDROGÉNÉS : TÉTRAHYDRONAPHTALÈNE - DÉCAHYDRONAPHTALÈNE - CYCLOHEXANOL - MÉTHYLCYCLOHEXANOL - DIMÉTHYLCYCLOHEXANOL - CYCLOHEXANONE - MÉTHYLCYCLOHEXANONE

SOLVANT SPÉCIAL : TÉRÉGIL.

PHOSPHATES DE SOUDE : MONO, DI ET TRISODIQUE, ANHYDRES ET CRISTALLISÉS - PYROPHOSPHATES DE SOUDE - MÉTAPHOSPHATES ET POLYPHOSPHATES

PRODUITS CHIMIQUES DIVERS : SULFURE DE CARBONE - SILICATES DE SOUDE - MÉTASILICATES - SILICATE DE POTASSE - SELS DE FUSION POUR FROMAGES - LESSIVES POUR LE LAVAGE DU LINGE - SPÉCIALITÉS "PROGICLAIR" POUR LE NETTOYAGE DE LA VERRERIE, DU MATÉRIEL LAITIER ET DES MÉTAUX - PARADICHLOROBENZÈNE - TÉTRACHLORONAPHTALÈNE - PLASTIFIANTS "PHENOCLORS" - CIRES CHLORÉES - CIRES ET BRAIS CHLORÉS IGNIFUGES - DIELECTIQUES "PYRALÈNES"

SELS MÉTALLIQUES : OXYDE D'ÉTAIN - BICHLORURE D'ÉTAIN - PROTOCHLORURE D'ÉTAIN - CHLORURE DE ZINC - ACÉTATE DE PLOMB

ACIDES ET SELS ORGANIQUES : ACIDE FORMIQUE - ACIDE OXALIQUE - FORMIATE DE SOUDE - TRIFORMIATE D'ALUMINE

PROTECTION DES BOIS ET DES MATIÈRES ORGANIQUES

CRYPTOGILS ET XYLOPHENES POUR LA LUTTE CONTRE L'ÉCHAUFFURE, LES PIQÛRES D'INSECTES, LA MÉRULE ET LE BLEUISSEMENT DES RÉSINEUX

PRODUITS AUXILIAIRES POUR TEXTILE

BLANCHISSAGE INDUSTRIEL - PRÉPARATION - TEINTURE - APPRÊT - MOUILLANTS ET DÉTERSIFS - "GILTEX"

EXTRAITS TANNANTS - TANINS SYNTHÉTIQUES

EXTRAITS TANNANTS VÉGÉTAUX : CHATAIGNIER - CHÊNE - QUEBRACHO - TANINS SYNTHÉTIQUES - "ALBATANS" POUR PETITES PEAUX ET GROS CUIRS - HEMATINES - PRODUITS CHIMIQUES SPÉCIAUX, POUR TANNERIE ET MÉGISSERIE - TITANOR - QUINONE - SOLVANTS POUR DÉGRAISSAGE ET PIGMENTATION - "CRYPTOTAN" (ANTISEPTIQUE - FONGICIDE)

CELLULOSE - PAPETERIE

CELLULOSE DE CHATAIGNIER BLANCHIE - PROCÉDÉ POUR BLANCHIMENT DES FIBRES - PAPIERS D'IMPRESSION ET D'ÉCRITURE

PRODUITS AGRICOLES

INSECTICIDES - ANTICRYPTOGAMIQUES - HERBICIDES

NOTICES SUR DEMANDE

TECHNICIENS SPÉCIALISTES et LABORATOIRES à la disposition de toutes Industries.

LABORATOIRE D'ANALYSES CHIMIQUES & INDUSTRIELLES

MARCEL SAMUEL

Ingénieur-Chimiste E.P.C.I.

23, rue Pixérécourt - PARIS-20^e

TÉLÉPHONE : MÉnilmontant 98-30

ANALYSES - EXPERTISES - RECHERCHES - ÉTUDES
CONTROLES de FABRICATIONS - ÉCHANTILLONNAGES
PEINTURES - PIGMENTS - CORPS GRAS
PRODUITS de DROGUERIES et d'ENTRETIEN
TOUS PRODUITS COMMERCIAUX ET INDUSTRIELS

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
ET DES
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE

ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN

SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DU GÉNÉRAL-FOY - PARIS (8^e)

TÉLÉPHONE : LABORDE 12-75 - 12-76 - 18-40

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM-PARIS

SOCIÉTÉ FRANÇAISE de CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

CAIL

S. A. Capital 576 Millions

Siège Social

14, rue Cambacérès - PARIS (8°)
Téléphone : ANJOU 50-95 — 69-61
Télégrammes : ANCICAIL-PARIS 123

Direction Générale & Usines

à DENAIN (Nord)
Téléphone : N° 6, 7 et 8
Télégrammes : ANCICAIL-DENAIN

INSTALLATIONS COMPLÈTES DE SUCRERIES
DE CANNES ET DE BETTERAVES
LOCOMOTIVES - VOITURES MÉTALLIQUES
MATÉRIEL DE CHAUFFERIES

MOTEURS DIESEL "Licence FRANCO-TOSI"

MATÉRIEL DE CIMENTERIES - MATÉRIEL DE CONCASSAGE
MATÉRIEL MÉTALLURGIQUE - PIÈCES FORGÉES ET MOULÉES

GROSSE CHAUDRONNERIE — MÉCANIQUE GÉNÉRALE

TOLES FINES - TOLES DYNAMOS & TRANSFOS - TOLES GALVANISÉES

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52x52

SPÉCIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

N°s 111, 112 et Crêpé N° 113 extra-rapide

Filtres Durcis n° 128 & Durcis sans cendres n° 114

Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

Toutes Dimensions, pour Filtres-Presses. (Envoi d'échantillons sur demande)

Registre du Comm. de la Seine N° 722.521-2-3

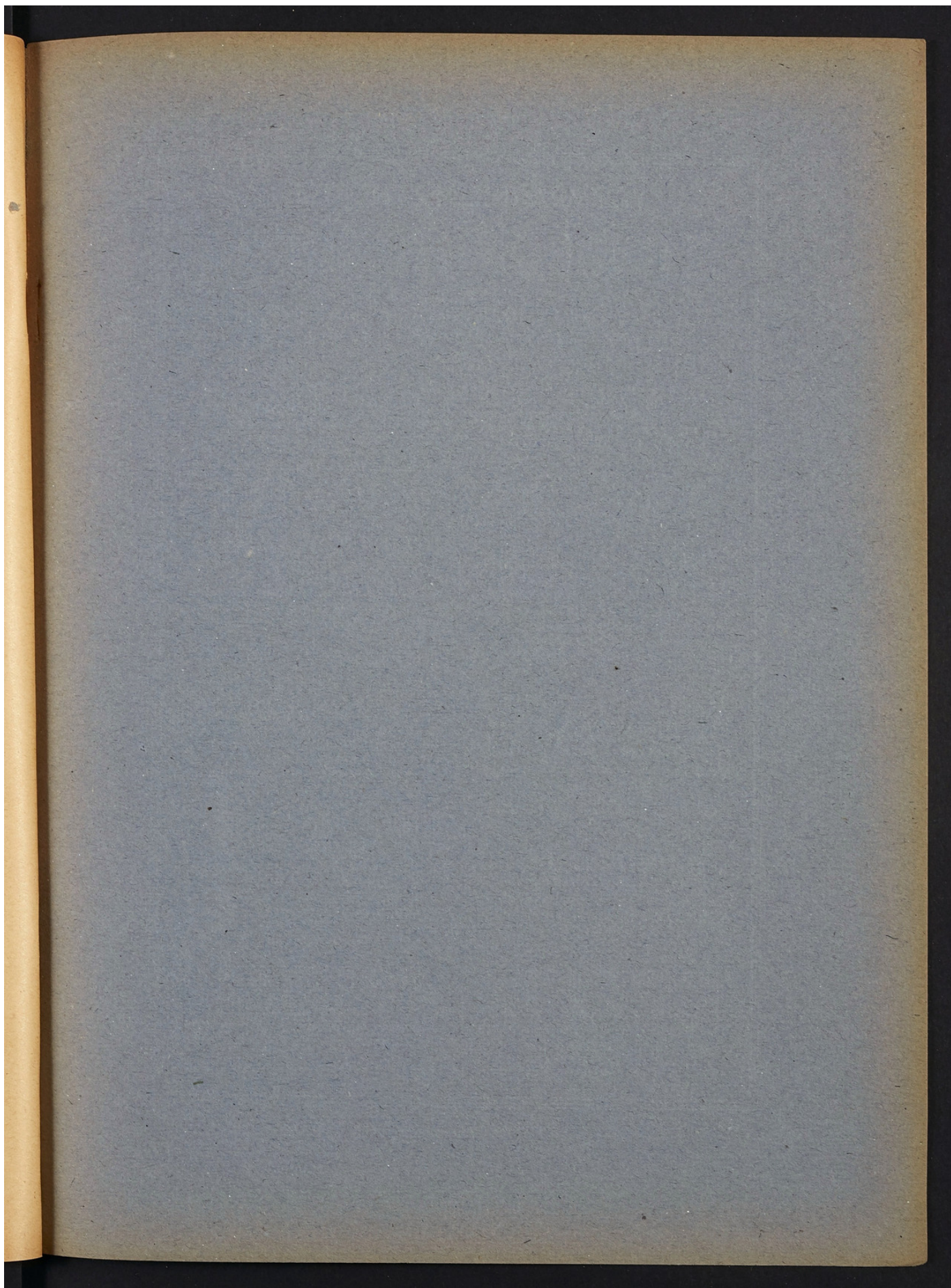
Téléphone : ARCHIVES 03-51

MÉDAILLE D'OR de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Juillet 1918)

18, rue Pavée, PARIS (4°)

Demandez le Catalogue donnant toutes les explications sur les emplois de mes différentes sortes





COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON

Société Anonyme au Capital de 880 millions de Francs

SIEGE SOCIAL : 173, Boulevard Haussmann, PARIS (8°)

R. C. Seine 60.343 - Téléph. : Élysées 83-70 - Télégr. : Elithu-42-Paris

DÉPARTEMENT RADIO-ÉMISSION

RADIODIFFUSION - RADIOCOMMUNICATIONS
TÉLÉVISION TUBES ÉLECTRONIQUES
HAUTE FRÉQUENCE INDUSTRIELLE

Serv. Comm. : 4, r. du Fossé-Blanc, Gennevilliers (Seine)

Tél. : GRÉSILLONS 33-05

Télégr. : ELIHURATEL-GENNEVILLIERS

Usines : 4, rue du Fossé-Blanc, Gennevilliers (Seine)
43, rue de la Concorde, Asnières (Seine)

DÉPARTEMENT RADIO-RÉCEPTION

RÉCEPTEURS DUCRETET-THOMSON
MACHINES PARLANTES - SONORISATION

Services Commerciaux : 173, bld Haussmann, Paris (8°)

Tél. : ÉLYSÉES 19-07 et 14-00

Télégr. : THOMELEC-PARIS

Usine : 37, rue de Vouillé, Paris (15°)

DÉPARTEMENT ÉLECTRO-MÉNAGER

CHAUFFAGE ET CUISINE DOMESTIQUES ET
PROFESSIONNELS - APPAREILS MÉNAGERS
APPAREILLAGE - TUBES ISOLATEURS

Services Commerciaux : 173, bld Haussmann, Paris (8°)

Tél. : ÉLYSÉES 19-07 et 14-00

Télégr. : THOMELEC-PARIS

Usines à Lesquin-lez-Lille (Nord) et à Jarville (M.-et-M.)

DÉPARTEMENT FILS ET CABLES

FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES ISOLÉS

Serv. Comm. et Usine : 78, av. Simon-Bolivar, Paris (19°)

Tél. : NORD 01-33 et 01-37

Télégr. : THOMSCABLE-PARIS

DÉPARTEMENT ÉLECTRO-MÉCANIQUE

MÉCANIQUE MOYENNE DE PRÉCISION
MATÉRIEL ÉLECTRIQUE - MICROFILM

Services Commerciaux : 173, bld Haussmann, Paris (8°)

Tél. : ÉLYSÉES 19-07 et 14-00

Télégr. : THOMELEC-PARIS

Usine : 74, faubourg de Mouësse, Nevers (Nièvre)

LABORATOIRE DE

RECHERCHES EN HYPERFRÉQUENCES

RADAR EN ONDES CENTIMÉTRIQUES
RELAIS HERTZIENS

Serv. Comm. : 4, r. du Fossé-Blanc, Gennevilliers (Seine)

Tél. : GRÉSILLONS 33-05

Télégr. : ELIHURATEL-GENNEVILLIERS

Laboratoire : 37, rue de Vouillé, Paris (15°)

LABORATOIRE THOMSONCOLOR

DÉVELOPPEMENT ET TIRAGE DE FILMS
EN COULEURS

Services Commerciaux : 173, bld Haussmann, Paris (8°)

Tél. : ÉLYSÉES 83-70 - Télégr. : ELIHU-42-PARIS

Laboratoire : 160, Quai de Polangis, Joinville-le-Pont (S.)

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE

APPLICATIONS MÉDICALES INDUSTRIELLES
DES RAYONS X - TUBES DE RADIOLOGIE
TUBES REDRESSEURS - POMPES À VIDE
APPLICATIONS INDUSTRIELLES DU VIDE

Siège Soc. et Serv. Com. : 34, bld de Vaugirard, Paris (15°)

Tél. : SUFFREN 60-04 - Télégr. : RAYONIXAR-PARIS

R. C. Seine 70.761

Usines : 51, rue Lacordaire, Paris (15°)

53, rue Bokanowski Asnières (Seine)

SOCIÉTÉ DES TRÉFILERIES, LAMINOIRS ET FONDERIES DE CHAUNY

CONDUCTEURS en CUIVRE et en ALUMINIUM
LAMINÉS - FILS - CABLES

Siège Soc. et Serv. Comm. : 47, rue La Bruyère, Paris (9°)

Tél. : TRINITÉ 97-10 - Télégr. : FINTREFIF-PARIS

R. C. Seine 189.686

Usine à Chauny (Aisne)

SOCIÉTÉ FRIGECO

RÉFRIGÉRATEURS ÉLECTRIQUES MÉNAGERS
ET COMMERCIAUX

Siège Soc. et Serv. Comm. : 38, av. Kléber, Paris (16°)

Tél. : KLÉBER 75-70 - Télégr. : GÉCOFRI-PARIS

R. C. Seine 246.189 B

Usine : 85, rue du Général-Roguet, Cléchy (Seine)