

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.)
	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.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1963, n° 4 (oct.-déc.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1963

Collation	1 vol. (p. [165]-247) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	96
Cote	INDNAT (65)
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/redirect?INDNAT.65

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.

L'INDUSTRIE NATIONALE

S. E. I. N.
Bibliothèque

*Comptes rendus et Conférences
de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale*

*Publiés avec le concours
du Centre National de la Recherche Scientifique*



Revue trimestrielle
1963 - N° 4 (*Spécial*)

Création d'un Grand Prix
Centenaire d'Hérault
Prix et Médailles de la Société

N° 4 : OCTOBRE - DÉCEMBRE 1963

SOMMAIRE

PRIX ET MEDAILLES

Grande Médaille annuelle

- I — Condition d'attribution et liste des lauréats depuis la fondation p. 101
- II — Centenaire d'Hérault (1863-1914), lauréat de la Grande Médaille p. 103
- III — Attribution de la Grande Médaille au titre de 1962, à M. G.-F. GROSSHANS p. 113

Grand Prix Lamy

- I — Conditions d'attribution et liste des lauréats depuis la fondation p. 117
- II — Remise du Grand Prix Lamy à la Société Fives Lille-Cail p. 119
- III — Prix et Médailles attribués au titre de l'année 1962 p. 131

CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

- I — Tour d'horizon sur la propulsion spatiale, par M. J.J. BARRE p. 137
- II — Le Centre d'études et de Recherches de la Société Fives Lille-Cail, par M. R. RETALI p. 157

INDEX, TABLE, RÉPERTOIRE QUINQUENNAL 1959-1963

(Voir les résumés des articles en page 3 de couverture)

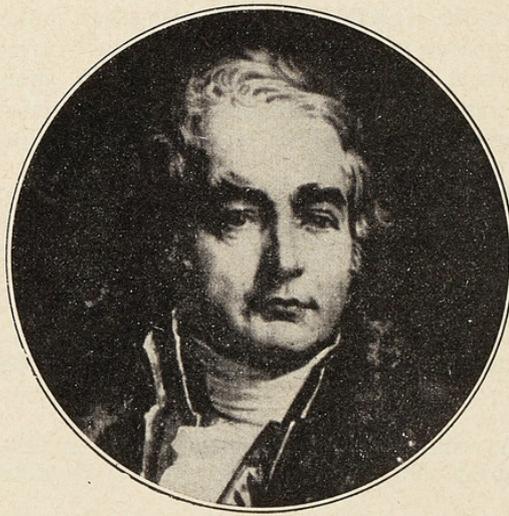
Publication sous la direction de M. Jean LECOMTE, Membre de l'Institut, Président, avec le concours du Secrétariat de la Société.

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.

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

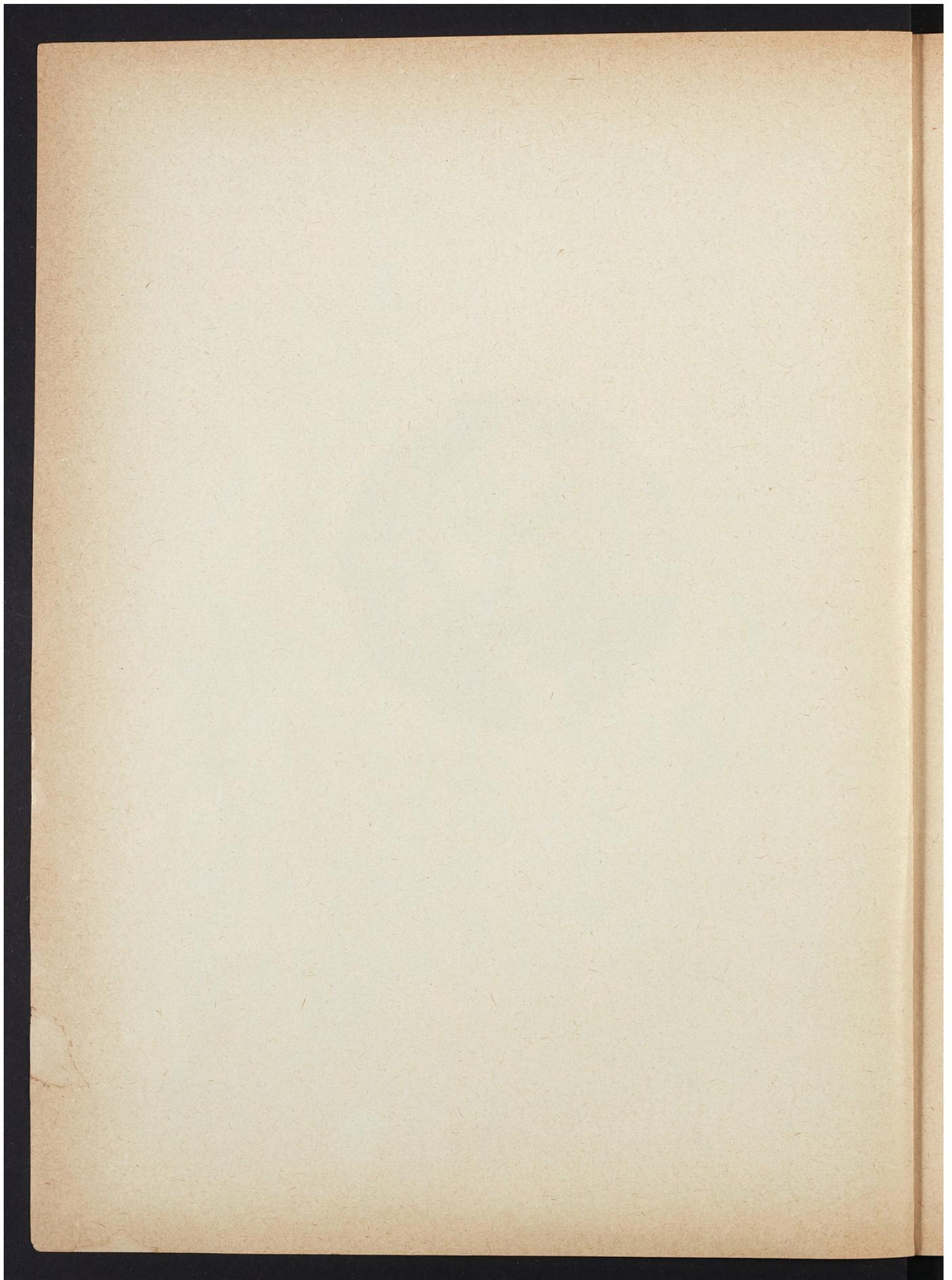
Le n° : 7,50 F.

C. C. P. Paris n° 618-48



CHAPTAL

PREMIER PRÉSIDENT
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
(1801 - 1832)



La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, fondée en l'an X par Napoléon Bonaparte, Premier Consul, et J.-A. Chaptal, Premier Président, assistés de Berthollet, Brongniart, Delessert, Fourcroy, Grégoire, Guyton de Morveau, Kellermann, Lafayette, Laplace, Monge, Montgolfier, Parmentier, Portalis, Prony, Siéyès, Vauquelin, et de nombreux autres savants, ingénieurs, hommes d'Etat, pour l'amélioration de toutes les branches de l'Industrie française, a poursuivi son action pendant tout le 19^e siècle sous la présidence de Thénard, J.B. Dumas, Becquerel et de leurs successeurs.

Les plus grands noms de la Science et de l'Industrie françaises ont figuré parmi ses membres et ses lauréats. On la voit encourager tour à tour : Jacquard, Pasteur, Charles Tellier, Beau de Rochas.

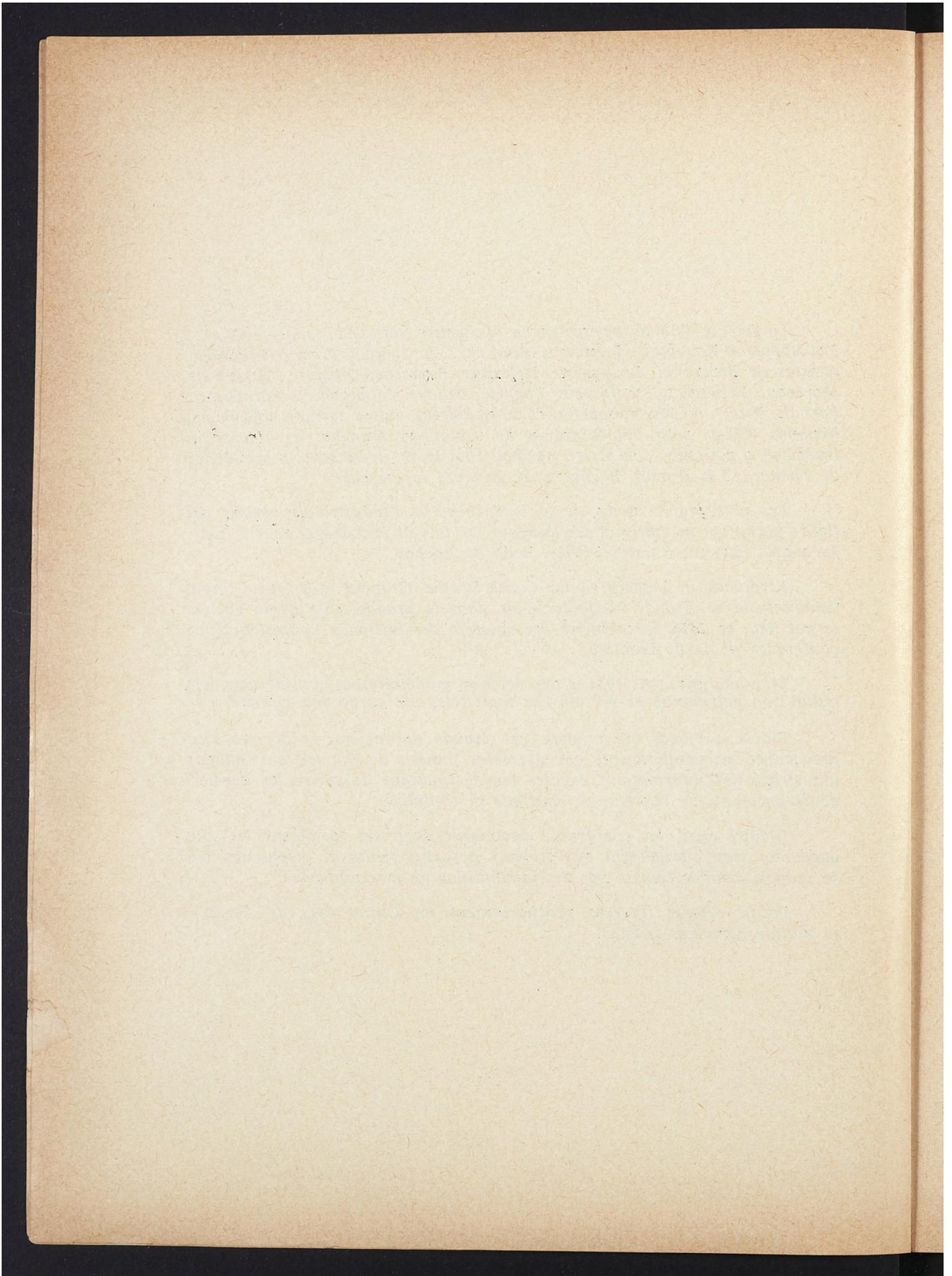
Ferdinand de Lesseps, Sainte-Claire Deville, Gramme, d'Arsonval furent titulaires de sa Grande Médaille. C'est dans la grande salle de la Société qu'eut lieu, en 1895, la première présentation du cinéma à l'occasion d'une conférence de Louis Lumière.

Bien qu'à partir de 1914 la dépréciation monétaire eût considérablement réduit son patrimoine et ses moyens matériels, elle garda son activité.

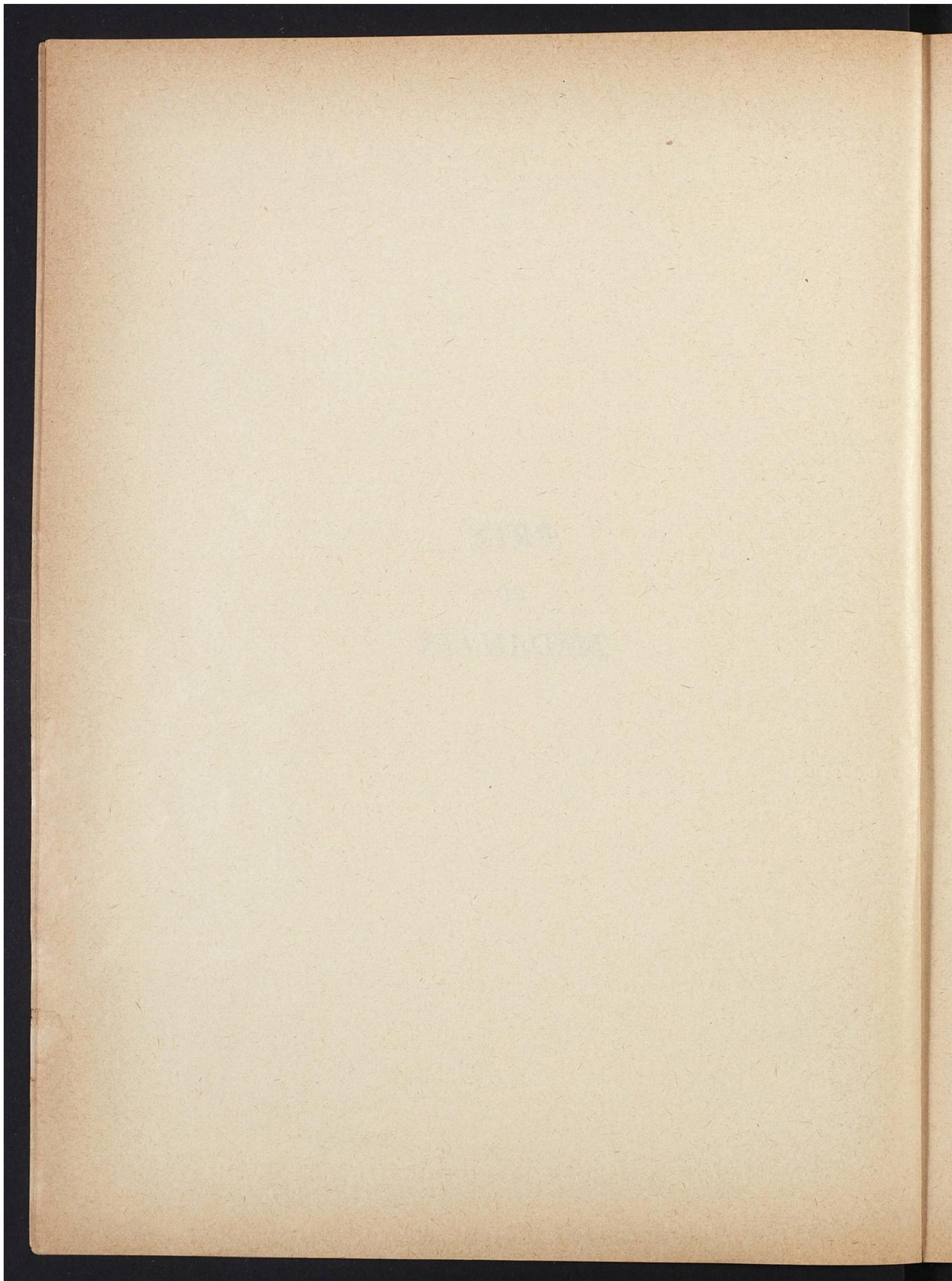
Fidèle à l'idéal qui animait ces grands devanciers, la Société s'est préoccupée particulièrement ces dernières années de donner aux milieux industriels des informations exactes leur permettant de suivre les derniers développements de l'activité scientifique et technique.

D'autre part, en conformité également avec ses traditions les plus anciennes d'encouragement aux travaux des chercheurs et inventeurs, elle se propose d'aider ceux-ci par des attributions de prix nouveaux.

Parmi ceux-ci figurera prochainement un Grand Prix de 10.000 F (1 million d'anciens francs).



PRIX
et
MÉDAILLES

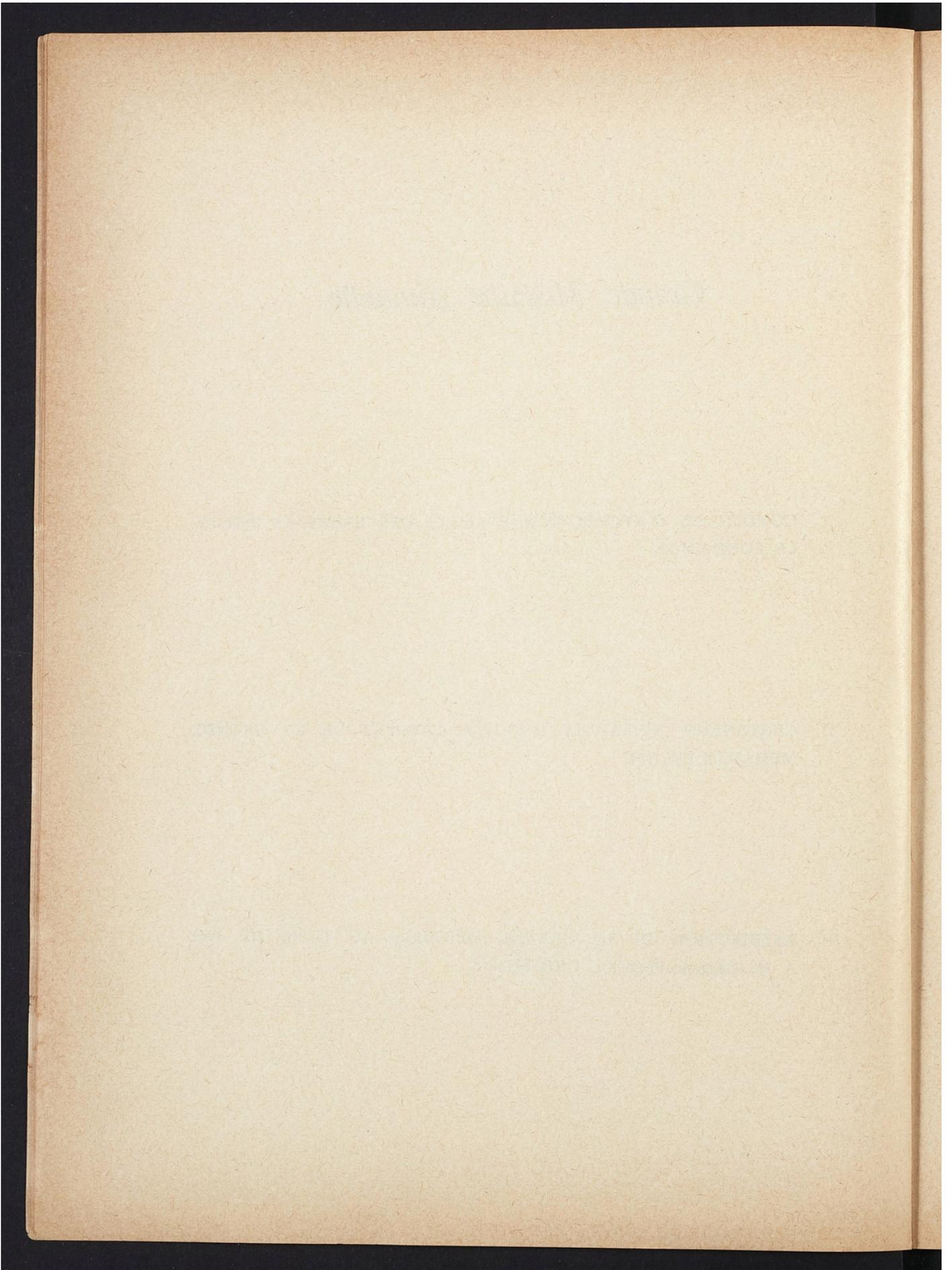


Grande Médaille Annuelle

I - CONDITIONS D'ATTRIBUTION ET LISTE DES LAURÉATS DEPUIS
LA FONDATION.

II - CENTENAIRE D'HÉROULT (1863-1914), LAURÉAT DE LA GRANDE
MÉDAILLE EN 1904.

III - ATTRIBUTION DE LA GRANDE MÉDAILLE AU TITRE DE 1962
A M. GEORGES-FRÉDÉRIC GROSSHANS.



*I - Conditions d'attribution et liste des Lauréats
depuis sa fondation*

La Société décerne chaque année, sur la proposition de l'un des six comités de son Conseil, une médaille d'or, portant l'effigie de l'un des plus grands hommes qui ont illustré les arts ou les sciences, aux auteurs français ou étrangers, des travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française, pendant le cours des six années précédentes.

Ces grandes médailles sont distribuées dans l'ordre suivant :

	Médailles
Arts physiques	Ampère.
Arts mécaniques	Prony.
Arts chimiques	Lavoisier.
Constructions et Beaux-Arts	Jean Goujon.
Agriculture	Thenard.
Arts économiques	Chaptal.

Elles ont été décernées :

En 1868, pour le commerce, à M. F. de Lesseps; — en 1870, pour la chimie, à M. H. Sainte-Claire Deville; — en 1872, pour l'agriculture, à M. Boussingault; — en 1873, pour la physique et les arts économiques, à Sir Charles Wheatstone; — en 1875, pour le commerce, à M. Jacques Siegfried; — en 1876, pour les arts mécaniques, à M. H. Giffard; — en 1877, pour les arts chimiques, à M. Walter Weldon; — en 1880, pour l'architecture et les beaux-arts, à M. Ch. Garnier, architecte; — en 1882, pour les arts économiques, à M. Gaston Planté; — en 1883, pour le commerce, à la Chambre de Commerce de Paris; — en 1884, pour les arts mécaniques, à M. Joseph Farcot; — en 1885, pour la chimie, à M. Michel Perret; — en 1886, pour les beaux-arts, à M. Barbedienne; — en 1887, pour l'agriculture, à M. Gaston Bazille; — en 1888, pour les arts économiques, à M. Emile Baudot. — en 1889, pour le commerce, à la Société

de Géographie Commerciale de Paris; — en 1890, pour les arts mécaniques, à M. Pierre-André Frey; — en 1890 (hors tour), pour les arts économiques, à M. Gramme; — en 1891, pour les arts chimiques, à M. Solvay; — en 1892, pour les constructions et beaux-arts, à M. Froment-Meurice; — en 1893, pour l'agriculture, à M. Lecouteux; — en 1894, pour les arts économiques, à Lord Kelvin; — en 1895, pour le commerce, au Comité de l'Afrique française; — en 1896, pour les arts mécaniques, à M. Kreutzberger; — en 1897, pour les arts chimiques, à M. Osmond; — en 1898, pour les beaux-arts, à M. Paul Mame; — en 1899, pour l'agriculture, à M. Jolly; — en 1900, pour les arts économiques, à M. André Potier; — en 1901, à la Chambre de Commerce de Lyon, pour la mission lyonnaise en Chine; — en 1902, pour les arts mécaniques, à M. Steinlen; — en 1904, pour les arts chimiques, à M. Hérault, pour ses travaux d'électro-metallurgie, et, pour les constructions et beaux-arts, à M. Arnodin, pour ses ponts transbordeurs; — en 1905, à M. Thomas, pour l'agriculture; — en 1906, à M. le Docteur d'Arsonval, pour ses travaux d'électricité; — en 1907, à la Société Industrielle de Mulhouse, pour le commerce; — en 1908, à M. de Glehn, pour les arts mécaniques; — en 1909, à M. le comte de Chardonnet, pour les arts chimiques; — en 1910, à M. Bertrand de Fontviolant, pour les constructions et beaux-arts; — en 1911, à MM. Vilmorin-Andrieux et C^o, pour l'agriculture; — en 1912, à M. Paul Janet, pour les arts économiques; — en 1913, à la Société industrielle de l'Est, pour le commerce; — en 1914, à M. Pierre Arbel, pour les arts mécaniques; — en 1915, à M. Th. Schloessing, pour les arts chimiques; — en 1916, à M. Lucien Magne, pour les constructions et beaux-Arts; — en 1917, à M. Méline, pour l'agriculture; — en 1918, à

M. Georges Claude, pour les arts économiques; — en 1919, au Général Lyautey, pour le commerce; — en 1920, à M. Charles Frémont, pour les arts économiques; — en 1921, à M. Vieille, pour les arts chimiques; — en 1922, à M. Jules Bled, pour les constructions et beaux-arts; — en 1923, à M. Emile Prudhomme, pour l'agriculture; — en 1924, à MM. Prache et Bouillon, pour les arts économiques; — en 1925, à la Ligue des Sociétés de la Croix-Rouge, pour le Commerce; — en 1926, à MM. de Dion et Bouton, pour les arts mécaniques; — en 1927, à la C^{ie} Alais, Froges et Camargue, pour les arts chimiques; — en 1928, à M. Paul Séjourné, pour les constructions et beaux-arts; — en 1929, à M. Paul Marchal, pour l'agriculture; — en 1930, à M. Louis Bréguet, pour les arts économiques (constructions aéronautiques); — en 1931, à l'Institut prophylactique, pour le commerce (lutte antisyphilitique); — en 1932, à M. Pierre Chevenard, pour la mécanique (dilatomètres); — en 1933, à la Société industrielle de Reims (œuvre accomplie pendant un siècle); — en 1933, à la Société d'Electrochimie et d'Electrometallurgie, pour les arts chimiques (fabrications électroniques et électrometallurgiques); — en 1934, à M. René Lalique, pour les constructions et beaux-arts (œuvre artistique); — en 1935, à M. Ferdinand Vallette, pour les arts économiques (essence synthétique); — en 1936, à M. Albert Demolon, pour l'agriculture (agronomie, science du sol); — en 1937, à M. Emile Romanet, pour le commerce (allocations familiales); — en 1938, à M. Pierre Clerget, pour la mécanique (moteurs d'aviation à combustible lourd); — en 1939, à M. G. Bachalard, pour les arts chimiques (oléum, synthèses industrielles); — en 1940, à M. Eugène Freyssinet, pour les constructions et beaux-arts (conceptions nouvelles du béton armé); — en 1941, à M. F. Bœuf, pour l'agriculture (génétique et applications à l'agriculture); — en 1942, à M. Y. Ricard, pour les arts économiques

(physique); — en 1943, à la Société industrielle du Nord, pour le commerce (contribution aux progrès industriels); — en 1944, à M. E. Jouguet (à titre posthume), pour les arts mécaniques (mécanique et enseignement); — en 1945, à M. Charles Dufraisse, pour les arts chimiques (corps antioxygènes); — en 1946, à M. Ernest Mercier, pour les constructions et beaux-arts (industries électrique, pétrolière et mécanique); — en 1947, à la Station de Recherches Viticoles d'Epernay (Maison Moët et Chandon, pour l'agriculture (progrès viticoles); — en 1948, à M. J.A. Grégoire, pour les arts économiques (Transports : ind. automobile); — en 1949, au chemin de fer Métropolitain, pour les arts mécaniques (Cinquantenaire); en 1950, à M. Robert Bureau, pour les arts physiques (radio-électricité); — en 1951, à M. Albert Portevin, pour les arts chimiques (ensemble de son œuvre); — en 1952, à M. André Coyne, pour les constructions et beaux-arts (construction de barrages); — en 1953, à M. Paul Boudy, pour l'agriculture (développement de la sylviculture au Maroc); — en 1954, à M. André Siegfried, pour les arts économiques (ensemble de son œuvre); — en 1955, à M. Francis Perrin, pour les arts physiques (ensemble de son œuvre); — en 1956, à la Société Nationale des Constructions Aéronautiques du Sud-Est (Sud-Aviation) en la personne de M. l'Ingénieur en Chef Paul Satre pour la réalisation de la « Caravelle »; — en 1957, à M. Léon Velluz, pour les arts chimiques (ensemble de son œuvre); — en 1958, à M. Henri Prost, pour les constructions et beaux-arts (ensemble de son œuvre); — en 1959, au Museum National d'Histoire Naturelle, pour l'agriculture; — en 1960, pour le Conseil, à la Chambre de Commerce et d'industrie du Havre (réalisation du pont de Tancarville); — en 1961, pour les arts physiques, à M. Maurice Ponte (ensemble de son œuvre); en 1962, pour les arts mécaniques, à M. Georges-Frédéric Grosshans (réalisation des moteurs MGO).

II

CENTENAIRE D'HÉROULT (1863-1914) ⁽¹⁾

*Rappel historique de l'attribution, en 1904,
de la Grande Médaille à Paul Héroult*

(EXTRAIT DU BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE DE JANVIER 1905).

SÉANCE GÉNÉRALE DU 23 DÉCEMBRE 1904

Présidence de M. H. LE CHATELIER,
Président de la Société.

Le fauteuil de la Présidence est occupé par
M. H. LE CHATELIER, président de la Société.
A ses côtés siègent MM. LUMIÈRE, ARNODIN
et M. COLLIGNON, secrétaire de la Société.

M. le Président ouvre la séance par le
discours suivant :

(Extrait du discours de M. H. LE CHATE-
LIER) :

.....

... Je m'aperçois, en discutant toutes ces
questions si importantes pour notre Société,

que je me suis laissé aller à dépasser les
limites accordées à votre Président et j'ai
retardé la lecture des rapports très intéres-
sants que vous allez entendre sur quelques
inventions des plus remarquables

Nous sommes très heureux de les sanc-
tionner en accordant quelques-unes de nos
plus hautes récompenses aux frères LUMIÈRE
de Lyon qui ont créé l'industrie photogra-
phique française; à M. ARNODIN dont les
transporteurs aériens peuvent être admirés
dans un grand nombre de ports français et
étrangers; à M. HÉROULT, le créateur de
l'électro-métallurgie de l'aluminium et de
l'acier.

(1) Nous tenons à signaler que le Professeur Georges CHAUDRON, Membre de l'Institut, ancien
Président de la Société, a fait, en novembre dernier, une conférence sur Paul Héroult à
l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen.
D'autre part, on pourra se reporter au compte rendu de la séance de remise du Grand
Prix Lamy à la Compagnie Péchiney (Rapporteur : M. C.J. GIGNOUX, Membre de l'Institut,
au nom du Comité des Arts Economiques) publié dans le n° 3 - 1955 de l'Industrie Nationale.

(SUITE DE L'EXTRAIT DU BULLETIN
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE DE JANVIER 1905)

Rapport présenté au nom du **Comité des Arts Chimiques**, pour l'attribution à M. HÉROULT, de la Grande Médaille Lavoisier, par M. Baclé, membre du Conseil.

Le Comité des Arts chimiques a mission cette année de vous soumettre ses propositions pour l'attribution de l'une des plus hautes récompenses que vous ayez à décerner : celle de la médaille Lavoisier, laquelle est réservée, d'après votre règlement, aux auteurs français ou étrangers dont les travaux ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'Industrie française. En vous demandant de vouloir bien ratifier son choix, j'ai l'honneur de vous présenter, en son nom, le rapport exposant les titres de M. Paul Héroult, le lauréat qu'il a désigné.

La métallurgie du fer et de l'acier a subi au cours de ces trente dernières années des modifications profondes qui ont eu leur répercussion marquée sur l'industrie tout entière, et, déjà à plusieurs reprises, nous avons eu l'occasion de signaler à votre attention les noms des principaux artisans auxquels nous devons les progrès ainsi réalisés.

C'est ainsi qu'en 1897, pour l'attribution de cette même médaille Lavoisier, notre Comité désignait à votre choix le nom de M. Osmond dont les belles recherches ont ouvert à la métallurgie de l'acier une voie nouvelle, en lui permettant en même temps de scruter la constitution intime du métal qu'elle élabore.

Aujourd'hui, l'électricité entre en scène, elle paraît appelée à provoquer dans la métallurgie générale des transformations plus profondes encore. Par l'emploi des courants de grandes intensités, elle permet désormais d'obtenir des températures restées irréalisables auparavant

et grâce auxquelles elle peut maintenant préparer l'aluminium, par exemple, dans des conditions particulièrement économiques; obtenir même des alliages inconnus jusque-là, et aborder à son tour, pour la modifier encore, la fabrication de l'acier.

C'est donc bien une métallurgie nouvelle qui fait son apparition dans l'industrie. M. Héroult a joué un rôle particulièrement important parmi ceux qui l'ont créée, et son nom se trouvait ainsi immédiatement désigné pour la symboliser; le premier, en effet, il a réussi à préparer l'aluminium par la voie électrique; il a créé un type de four, universellement adopté aujourd'hui, pour l'application des courants électriques, il a réalisé enfin la préparation d'un grand nombre de produits nouveaux, ainsi que celle d'alliages métalliques exempts de carbone; et il aborde aujourd'hui la métallurgie du fer en préparant les aciers doux épurés.

M. Héroult (Paul-Louis-Toussaint), né à Thury-Harcourt (Calvados) le 10 avril 1863, fit ses études classiques en se préparant aux grandes écoles techniques, et il suivit même les cours de l'école préparatoire à l'École supérieure des Mines; mais des événements de famille l'empêchèrent de poursuivre ses études. L'état précaire de la santé de son père l'obligea, à son retour du volontariat en 1884, à entrer directement dans l'industrie, sans avoir pu conquérir le diplôme de l'école; il poursuivit alors avec une énergie nouvelle les études qu'il avait commencées déjà pour la préparation électrique de l'aluminium, et après de nombreuses tenta-

tives infructueuses, sur lesquelles nous ne pouvons pas insister ici, il reconnut d'abord l'impossibilité d'obtenir ce métal

1) Aluminium pur et alliage

M. Héroult fit breveter en 1886 le procédé de préparation de l'aluminium par voie électrolytique, qui devait transformer complètement la métallurgie de ce métal.

Alors, en effet, celui-ci se fabriquait exclusivement, comme on sait, par le procédé dû à Sainte-Claire Deville, lequel comportait essentiellement l'emploi du sodium métallique appliqué à la réduction du chlorure double d'aluminium et de sodium ; mais c'était là, du reste, un procédé évidemment fort coûteux, puisqu'il exigeait la préparation préalable de deux produits d'obtention fort difficile, comme le sodium et le chlorure double. Aussi, la fabrication industrielle de l'aluminium restait-elle fort limitée, et le prix de ce métal dépassait 100 francs le kilog.

Au moment où M. Héroult entreprit ses recherches, les connaissances que nous possédions sur l'électrolyse ignée étaient encore bien rudimentaires, et tout était à créer.

Il fallait, en effet, découvrir l'électrolyte convenable, trouver en même temps le moyen de le régénérer d'une façon continue, maintenant la conductibilité constante, et déterminer à cet effet la nature de l'anode, en donnant au courant les caractéristiques les plus convenables, etc.

Ajoutons encore que les composés halogènes de l'aluminium ne sont pas conducteurs de l'électricité quand ils sont purs, et c'est là, du reste, la difficulté devant laquelle s'arrêtèrent les premiers

par précipitation dans une solution aqueuse, et il arriva graduellement à l'idée de l'électrolyse par fusion ignée.

expérimentateurs, comme Bunsen et Sainte-Claire Deville.

Une observation particulièrement sagace mit M. Héroult sur la voie de la solution cherchée.

Opérant sur un bain de cryolithe fondue, il remarqua que le courant passait bien, et que l'anode en charbon se trouvait attaquée lorsque la cryolithe était impure ; il en conclut immédiatement qu'il se produisait dans le bain une décomposition interne donnant un dégagement d'oxygène, et il se trouva amené ainsi à ajouter de l'alumine dans le bain.

Il eut la satisfaction de voir qu'elle s'y dissolvait facilement en donnant en outre au bain une conductibilité qu'il n'avait pas. Dès lors, il disposait d'un électrolyte permettant d'obtenir directement des culots d'aluminium fondu, et le brevet du 23 avril 1886 revendiqué effectivement l'électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolithe en fusion. Un second brevet, en date du 15 avril 1887, vint compléter celui-ci en appliquant la même méthode d'électrolyse à la préparation des alliages d'aluminium. Ces deux brevets contiennent la substance du procédé encore universellement appliqué aujourd'hui à la préparation de l'aluminium et de ses alliages, et les seuls perfectionnements dont il a été l'objet, depuis lors, portent sur des questions de détail et sur les tours de main que révèle la pratique journalière.

En réduisant le prix de ce métal dans des proportions inespérées, le procédé

Héroult a donné à cette industrie le développement merveilleux auquel nous assistons aujourd'hui.

Nous voyons, en effet, qu'en 1890 le prix de l'aluminium-métal, préparé dans les usines de Neuhausen, d'après les procédés de M. Héroult, était déjà ramené à 35 francs le kilog., mais il subit presque aussitôt des réductions rapides et importantes.

En 1892, il était abaissé à 6 francs le kil., en 1897 à 3 fr. 10, en 1901 à 2 fr. 50, et la production présentait de son côté un développement plus rapide encore.

En 1892, elle atteignait en effet, d'après les statistiques, 487 030 kilos, dont 237 395

pour les usines établies en Suisse et 75 000 pour la France. En 1902, cette production était déjà 18 fois plus forte, car elle atteignait, en effet 8 112 000 kilos, dont 2 500 000 pour la Suisse et 1 700 000 pour la France.

En tenant compte des industries annexes qui se rattachent à la métallurgie de l'aluminium, comme celles qui ont pour but la préparation de l'alumine, des électrodes en charbon, etc. On peut dire qu'aujourd'hui l'élaboration de ce métal n'occupe pas moins de 5 000 à 6 000 ouvriers, et l'outillage dont les producteurs disposent actuellement leur permettrait, sans difficulté, de doubler et même de tripler rapidement la fabrication totale, s'il était nécessaire.

2) Four électrique

En même temps qu'il créait ainsi le procédé de préparation de l'aluminium par l'électrolyse, M. Héroult réalisait en outre l'appareil qui devait devenir l'engin essentiel de la métallurgie électrique et qui devait servir, non seulement à la préparation de l'aluminium, mais même aussi à l'obtention de la plupart des alliages par voie d'électrolyse ignée.

Le four breveté le 8 décembre 1887, et qui est connu aujourd'hui sous le nom de four de Frogès, ou four d'Héroult, peut être considéré, nous dit M. Minet, comme le premier four électrique véritablement industriel; il présente, en effet, une installation particulièrement robuste, avec des dispositions heureuses, qui en font un véritable appareil métallurgique, capable de supporter, sans interruption, des campagnes de plusieurs semaines.

En principe ce four comporte une forte caisse métallique dont les parois inté-

rieures sont revêtues de charbons agglomérés servant de cathode et qui est pourvue en outre d'un trou de coulée destiné à permettre un travail continu comme dans le cas du cubilot.

L'électrode positive est formée d'une grosse tige de charbon de 30 à 40 centimètres de diamètre, elle est suspendue à une potence, par l'intermédiaire d'une pince à serrage appropriée, assurant le contact pour l'arrivée du courant. Cette électrode est mobile, et, sous l'action d'un mécanisme spécial qu'on peut même rendre automatique, elle peut s'abaisser ou se relever à volonté, de façon à permettre le réglage de l'arc obtenu, suivant la résistance que présente le bain au passage du courant.

Ajoutons, du reste, que l'appareil peut fonctionner également bien avec des courants alternatifs, comme avec des courants continus.

Les dispositions de ce four sont, ainsi que nous le disions, l'aboutissement de longues expériences poursuivies toujours avec le souci exclusif des besoins de la pratique ; aussi, ce four a-t-il pu être appliqué, sans modifications essentielles, dans les Usines de Froges et de la Praz, à la préparation par voie électrique d'un

grand nombre d'alliages métalliques : tels sont par exemple, le bronze d'aluminium, le ferro-aluminium, le corindon artificiel, le carbure de calcium, le ferro-chrome, le ferro-silicium, le ferro-tungstène, etc. On peut dire, en un mot, que cet appareil convient particulièrement bien pour opérer la réduction et la fusion des minerais réfractaires.

3) Métaux doux.

Dans les débuts de la fabrication des alliages métalliques au four électrique, on obtenait toujours des produits tenant une proportion élevée de carbone due à la présence même des électrodes, et comme c'était là ensuite une difficulté pour l'application de la plupart de ces alliages dans la métallurgie, il était d'autant plus intéressant de trouver le moyen de se mettre à l'abri de cette influence des électrodes, et de réussir à préparer également par la voie électrique des métaux à faible teneur en carbure, dits métaux doux.

Sur les indications de M. Ch. Combes, M. Héroult s'attacha à l'étude de cette question, et dès 1899, il créa un type de four particulièrement bien approprié à cette fabrication.

Ce four est constitué avec des matières réfractaires, non conductrices, restant par conséquent en dehors de l'action du courant; celui-ci est amené par deux électrodes en charbon suspendues au-dessus du bain métallique en fusion, de façon à éviter tout contact direct. Les électrodes affleurent seulement, en effet, la surface du bain de laitier surnageant au-dessus de celui des alliages ; le courant qui fournit la température nécessaire pour maintenir le métal en fusion est transmis par

l'intermédiaire des laitiers fondus. Toutefois, les électrodes ne peuvent pas être attaquées par le bain ; sous l'influence de la tension élevée du courant, l'arc jaillit en effet au bas de l'électrode en traversant le laitier, de façon à éviter tout contact. On peut vérifier à chaque instant l'existence de deux arcs au moyen de deux voltmètres placés en dérivation entre la cuve et les électrodes. On peut aussi commander le mouvement de descente des électrodes au moyen de régulateurs appropriés. Chacun de ces voltmètres commande l'électrode correspondante, et permet ainsi de maintenir, toujours constante, la tension de régime. Grâce à cette disposition qui fait l'objet du brevet du 19 mars 1900, on réussit à écarter complètement toute influence des électrodes sur la composition du bain. D'autre part, en dosant exactement le carbone de réduction provenant des matières employées, on peut fixer à volonté la teneur résultante, et obtenir, par exemple, des ferro-chrome ne renfermant pas plus de 1 à 4 % de carbone, et qui, à ce titre, sont principalement appréciés dans la métallurgie. On pourrait même descendre encore à des teneurs plus basses en ajoutant de l'oxyde de chrome pour assurer l'affinage.

Les recherches bibliographiques ulté-

rieures ont montré, il est vrai, que cette disposition des électrodes dans le four n'est pas absolument nouvelle ; cepen-

dant l'application qui en a été faite par M. Héroult conserve tout son caractère de nouveauté.

4) Fonte et acier

Disposant ainsi d'une méthode de préparation des alliages en métal doux, non saturés de carbone, M. Héroult essaya, à son tour, d'aborder la fabrication de la fonte et de l'acier, et il poursuivit à ce sujet de nombreuses expériences dont la Compagnie de Froges n'hésita pas à supporter les dépenses, si bien que les procédés de métallurgie électrique du fer, auxquels ses recherches vinrent aboutir, sont généralement aussi désignés aujourd'hui sous les noms de Froges et de M. Héroult, pour rappeler ainsi la part qui revient aux deux collaborateurs, dans les résultats obtenus.

M. Héroult se proposa d'abord de tirer un parti plus complet de la combustion du carbone servant à la réduction des minerais, dans la préparation de la fonte, et il s'attacha à cet effet à transformer complètement tout le combustible en acide carbonique, en utilisant dans l'appareil lui-même les hautes températures ainsi obtenues, de façon que le courant électrique n'ait à fournir qu'un simple appoint.

Cette idée ingénieuse est réalisée dans le four économiseur faisant l'objet du brevet du 13 novembre 1900, lequel est disposé de façon que les matières à traiter soient échauffées par les chaleurs perdues, elles se trouvent ainsi déjà portées à une haute température, au moment où elles viennent se mélanger avec le charbon réducteur, en pénétrant dans le creuset électrique, où s'effectue la réaction.

Ce creuset est d'ailleurs percé de deux trous de coulée différents, servant l'un à l'écoulement des laitiers, et l'autre à ce-

lui de la fonte produite, ce qui permet ainsi d'assurer la continuité du travail.

Dans un autre dispositif faisant l'objet du brevet du 12 février 1902, M. Héroult fait tomber le coke employé dans une colonne verticale disposée directement au-dessus du creuset, tandis que les matières à traiter sont amenées par une trémie latérale, où elles sont échauffées par le gaz de combustion, et il utilise la colonne de coke elle-même, pour en faire l'une des deux électrodes d'aménée du courant, l'autre étant toujours formée par la cuve en charbon du creuset ; il constitue ainsi ce qu'il appelle le four électrique à électrodes coulantes, permettant effectivement de réduire beaucoup la dépense des électrodes habituelles.

Pour l'affinage de la fonte, M. Héroult a imaginé, d'autre part, un four oscillant spécial, faisant l'objet de son brevet du 1^{er} février 1901, lequel reproduit, en principe, les traits caractéristiques de la cornue Bessemer, et peut servir, d'ailleurs, pour la mise en application de ce procédé de préparation de l'acier, même avec des fontes de toute nature.

Lorsqu'on opère, en effet, sur des fontes quelconques, ne renfermant ni phosphore, ni silicium, la chaleur nécessaire à la réaction est fournie par le courant électrique arrivant par deux électrodes verticales, en charbon, disposées dans des conditions analogues à celles que nous avons indiquées précédemment. Ces électrodes sont suspendues à une double potence à laquelle elles sont rattachées par des colliers de serrage appropriés. Elles

peuvent d'ailleurs se déplacer verticalement où la cuve est basculée pour la trouver complètement dégagées au moment où la cuve est basculée pour la coulée du métal.

Ce four peut recevoir, d'ailleurs, les applications les plus variées, il permet, en effet, d'affiner et d'épurer la fonte, et même de recarburer le métal, car il est possible de modifier, suivant les besoins, la composition de l'atmosphère du bain métallique, en la rendant, à volonté, oxydante ou réductrice.

Dans de pareilles conditions, il devient possible d'obtenir des aciers dont la teneur en carbone soit fixée rigoureusement à l'avance. M. Héroult a même imaginé, à cet effet, de constituer de toutes pièces un carbure de fer physique ou artificiel, à teneur élevée en carbone dénommé par lui *carburite*, qu'il incorpore dans le bain, suivant des proportions déterminées à l'avance. Ce produit présente d'ailleurs une densité suffisante, pour traverser la couche de laitier, lorsqu'il est projeté dans le bain métallique, et il entre ainsi en contact avec le métal fondu qui le dissout intégralement.

D'après la description donnée au brevet du 25 avril 1902, on prépare la carburite en mélangeant, à parties égales, des limailles ou copeaux de fer, fonte ou acier, avec du charbon de pureté convenable ; et ajoutant, s'il est nécessaire, la quantité voulue d'un agglomérant approprié, comme le brai par exemple. Le tout est pressé et bien cuit, de façon à former des blocs bien denses et solides, pouvant être chauffés avant l'introduction dans le bain, et traverser la couche de laitier sans se briser.

Poursuivant enfin ses études sur la préparation électrique de l'acier, M. Héroult est arrivé à constituer une méthode de traitement, particulièrement intéressante, en ce qu'elle peut s'appliquer aux fontes courantes, tenant des proportions élevées de soufre et de phosphore, et les épurer d'une façon complète, de manière à en

tirer des aciers fins, pouvant rivaliser avec ceux qu'on obtient au creuset.

Cette méthode nouvelle qui est appelée à un grand avenir, si elle donne effectivement, au point de vue économique, les résultats revendiqués, consiste essentiellement à scinder en deux parties bien distinctes les opérations diverses que comportent l'affinage de la fonte et la transformation en acier.

Les premières opérations qui sont toutes par réactions oxydantes sont effectuées dans un four métallurgique habituel chauffé dans les conditions ordinaires, sans l'intervention du courant ; mais l'opération finale qui a pour but de ramener au point le métal suroxydé, provenant du traitement antérieur, est seule effectuée au four électrique, ce qui ramène ainsi au strict minimum la dépense correspondante.

Si on opère par exemple au Bessemer basique, ou même au four à sole pour le traitement des fontes phosphoreuses, on s'attache intentionnellement à pousser dans cet appareil l'oxydation à un degré beaucoup plus avancé qu'on ne le fait dans le traitement ordinaire, de façon à pouvoir éliminer toutes les impuretés contenues dans la fonte traitée, et on obtient, ainsi effectivement, un métal dont la teneur, en matières étrangères, peut être réduite à de simples traces. Au sortir du four, le métal liquide est versé dans le creuset électrique, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une poche et il y subit la dernière partie du traitement, résultant de la désoxydation dans une atmosphère réductrice, avec l'addition des corps étrangers qu'il peut être utile d'y incorporer, tels que manganèse, silicium, nickel, tungstène, vanadium, molybdène, aluminium, etc.

En même temps, le courant électrique entretient dans le creuset la température nécessaire pour maintenir le métal en fusion, et permet de le couler dans des conditions satisfaisantes.

Finalement, on obtient ainsi un métal tout à fait exempt d'impuretés, comme nous le disions plus haut, et, en fait, la teneur en phosphore se trouve ainsi ramenée à des valeurs comprises entre 5 et 15 cent-millièmes, tandis que le traitement habituel des fontes phosphoreuses ne permet généralement pas de descendre au-dessous de 5 à 3 dix-millièmes.

Quant à la teneur en carbone, elle peut être fixée à volonté, et même précisée à l'avance, comme nous le disions plus haut.

Il en est de même pour la teneur en soufre qui s'abaisse aussi à 1 ou 2 cent-millièmes.

Le métal ainsi obtenu présente d'ailleurs des propriétés mécaniques particulièrement remarquable, permettant de le rapprocher des aciers fins de bonne qualité. Nous reproduisons du reste, dans le tableau ci-contre, les résultats obtenus dans une série d'essais à la traction effectués aux forges de Couzon, sur des éprouvettes détachées d'un lingot ainsi préparé, lesquelles ont été ensuite trempées et recuites, dans les conditions de température indiquées au tableau ci-dessous.

On reconnaîtra, en l'examinant, que les différentes caractéristiques de l'essai à la traction ont présenté des valeurs particulièrement remarquables, suivant les cas considérés.

DÉSIGNATION DE LA PRISE D'ESSAI.	RÉSULTATS OBTENUS.										OBSERVATIONS. CASSURE.	
	DIMENSION de l'éprouvette avant rupture.	SECTION avant rupture.	SECTION après rupture.	LIMITE ÉLASTIQUE.	CHARGE de rupture.			LONGUEUR de la partie considérée.	Allongement p. 100			S. S. S.
					kil.	kil.	kil.		sur 100	sur 200		
1, éprouvette recuite à 900°	13,8	149,6	46	10 000	66,8	100	45	0,31				
2, éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 700°	13,8	149,6	83	11 100	94,5	"	8,5	0,345	B.			
2, éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 700°	13,8	149,6	77	13 500	90	"	9	0,415	Ab.			
3, éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 650°	13,8	149,6	87	13 600	91	"	10	0,43	Ab avec fraise.			
3, éprouvettes trempées à 900° à l'eau froide et recuites à 650°	13,8	149,6	75	12 400	83	"	11	0,43	Ab avec fraise.			
4, éprouvettes trempées à 900° dans l'eau à 65° et ensuite à 500°	13,85	150,5	109	16 800	111	"	9,5	0,31	Ab.	"		
4, éprouvettes trempées à 900° dans l'eau à 65° et recuites à 500°	13,8	149,6	100	17 600	118	"	8	0,30	Ab.	"		

La limite élastique a varié, en effet, de 46 à 100 kilos pendant que la charge de rupture variait parallèlement de 66,8 à 118 kilos, et l'allongement mesuré sur 100 millimètres qui était de 15 % dans le premier cas, atteignait encore 8 % dans le dernier.

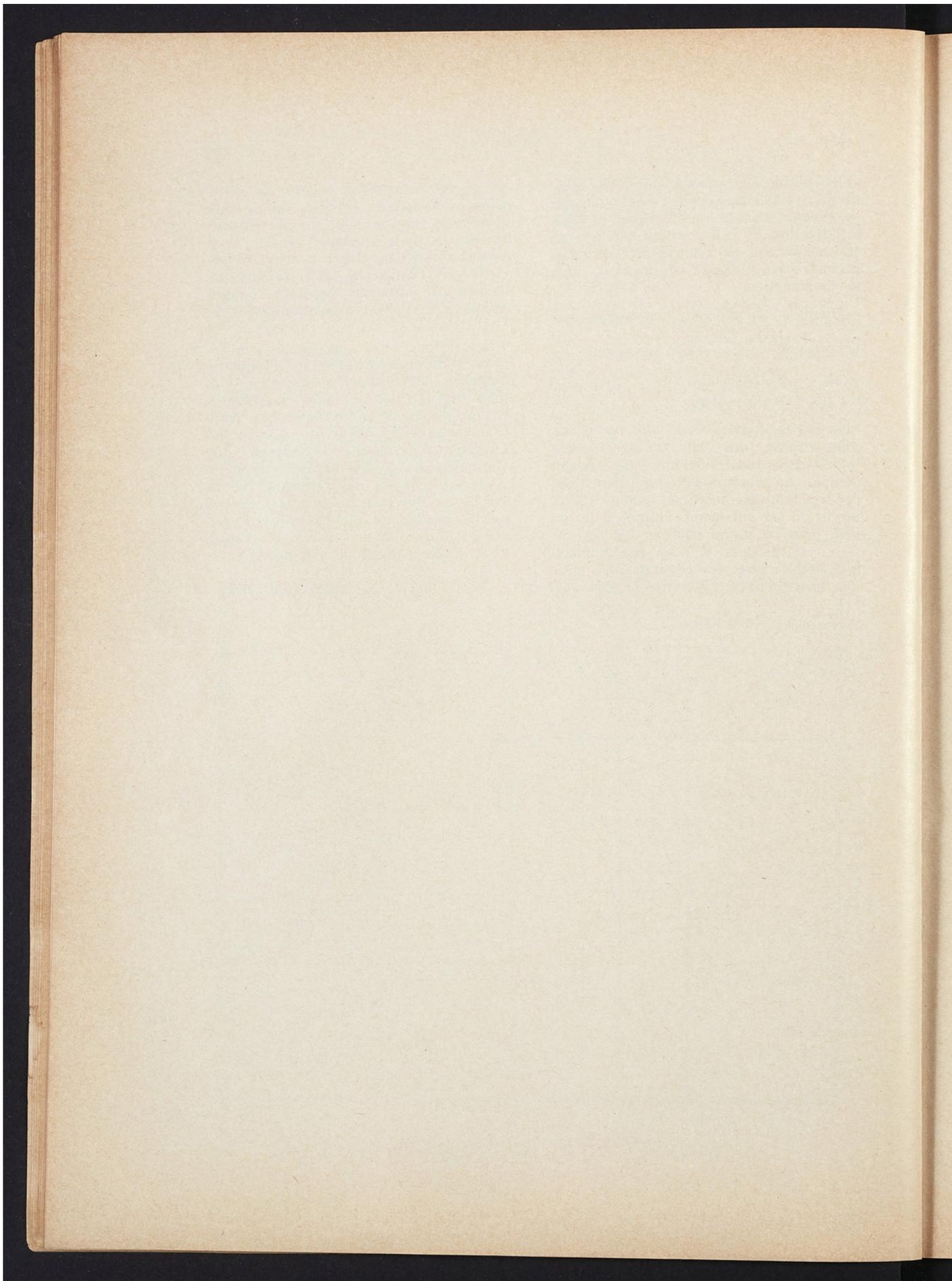
Quant à la striction représentée par l'expression $\frac{s - s'}{s}$ elle a présenté les valeurs respectives de 0,31 et 0,34 dans les deux cas considérés.

Il y a là, comme on le voit par ce rapide exposé, des faits particulièrement intéressants, montrant que dans l'avenir l'emploi du courant électrique peut exercer son influence marquée dans la métallurgie du fer elle-même, comme il le fait déjà pour un grand nombre d'autres métaux, et, dès lors, il n'est pas étonnant que l'importance des résultats déjà obtenus, aussi bien que celle des progrès qu'il

est possible d'entrevoir encore, ait attiré, même à l'étranger, l'attention des Sociétés techniques, sur le nom de M. Héroult qui en a été le principal artisan, et il a reçu effectivement, il y a deux ans environ, de l'Université d'Aix-la-Chapelle, le titre de Docteur ingénieur, *honoris causa*, de la section d'électro-métallurgie.

Il appartenait par conséquent à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale de constater, à son tour, l'intérêt des travaux de notre compatriote, en lui décernant la médaille que votre Comité des Arts chimiques propose de lui attribuer, et nous ne doutons pas que votre décision ne soit accueillie avec faveur par tous les métallurgistes, car ils savent comme nous la grande influence que les travaux de notre lauréat ont exercée et exerceront encore sur les progrès et le développement de leur industrie.

Signé : L. BACLÉ, rapporteur.



III - Attribution de la Grande Médaille annuelle au titre de 1962
à M. Georges Frédéric Grosshans.
Rapport présenté par M. R. Brun,
au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Monsieur Georges Frédéric GROSSHANS hérita de son terroir alsacien le sens profond des réalités et une opiniâtreté à la besogne que tempère, cependant, une intense joie de vivre.

A sa sortie de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Strasbourg, il résolut de ne pas conserver inertes les connaissances acquises et les consacra délibérément, et au demeurant avec une inflexible tenacité, à la cause d'une perspective alors naissante : le moteur Diesel rapide.

Ce qui aurait pu ne constituer qu'un métier se métamorphosa rapidement en une vocation car, avant qu'il eût atteint 30 ans, M. GROSSHANS, Ingénieur au Bureau d'Etudes Moteurs Diesel des usines Renault, avait déjà réalisé sa destinée en étudiant et mettant au point divers types de moteurs, parmi lesquels le fameux 12 cylindres 300 chevaux ; rappelons que ce moteur, simple et robuste, doué cependant de très belles qualités énergétiques, permit entre autres l'essor de l'automobile français au sein du réseau métropolitain et sur de nombreuses voies qui sillonnent le globe.

Malgré cette brillante réussite de jeunesse, M. GROSSHANS, n'en continua pas moins à faire preuve de modestie et de bonté.

En octobre 1941, l'évolution de la situation internationale incita M. GROSSHANS à ne pas négliger plus longtemps les possibilités des prémices d'un renouveau ; par association avec son ami, M. OLLIER, qui avait été, un temps, son compagnon d'études chez Renault, il créa une Société d'Ingénieurs Conseils, assistée

d'un Bureau d'Etudes. Ainsi était, entre autres travaux, étudiée et mise au point la série des moteurs *Poyaud* dont la licence fut cédée à la Société Surgérienne de Constructions Mécaniques, laquelle fut à même d'en assurer la fabrication dès la fin de 1944.

Les relations cultivées, chemin faisant, par la Société GROSSOL, résonances plus spécialement dévolues à M. OLLIER, initiaient la création technique, pensées qu'elles étaient en fonction de celle-ci ; cette action concertante conditionna sans nul doute la parfaite réussite du moteur *Poyaud* qui, depuis près de vingt années, se développe dans tous les domaines où sont requises des puissances de 50 à 600 chevaux.

Sans désespérer, M. GROSSHANS étudie :

- les moteurs rapides *DOG* dont la licence est cédée aux Etablissements IRAT ;
- les moteurs construits par la Société des compteurs et moteurs *ASTER* ;
- et surtout les moteurs *MGO* qui devaient connaître un exceptionnel avenir.

Les caractéristiques fondamentales de cette réalisation, dont l'avisé promoteur fut M. EMMANUELLI, Directeur général de la Société Nationale de Matériel pour la Recherche et l'Exploitation du Pétrole (S.N. MAREP) motivèrent l'intérêt des Administrations de Chemins de fer et de Navigation.

Construit par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, qui dégagait, à ces fins, d'importants moyens, ce type de moteur sûr, brillant et économique

a connu un incomparable rayonnement dans la gamme des puissances de 500 à 1400 chevaux. Les quelques milliers d'exemplaires en service ont démontré la réalité des qualités du moteur Diesel français rapide dans toutes les parties du globe et dans tous les domaines industriels et de transport, depuis le porte-avions jusqu'aux locomotives chiliennes, malgaches et finlandaises, en passant par les pipelines de l'O.T.A.N. et du Sahara.

La Direction des Etudes de Fabrication d'Armement, désireuse de disposer de moteurs Diesel à refroidissement par air analogues aux moteurs allemands construits durant la guerre, chargea Messieurs GROSSHANS et OLLIER de l'étude de tels moteurs. Ceux-ci, après homologation comme moteurs polycarburants, sont maintenant construits par plusieurs Sociétés, dont la Société ALSTHOM en ses usines de Tarbes, tant pour l'Armée que pour la S.N.C.F., les Travaux publics et les Expéditions Polaires entre autres. Des moteurs AGROM destinés aux tracteurs agricoles et forestiers en sont dérivés.

Inlassablement sur la brèche, M. GROSSHANS étudiait pour le compte de la Société Alsacienne, un moteur rapide très puissant : le moteur A.G.O. suralimenté à 3 bars, a développé jusqu'à 250 chevaux par cylindre durant les essais de type effectués en version 12 cylindres sous contrôle international par l'Union des Chemin de fer certains moteurs A.G.O. équipent d'ailleurs déjà des groupes électrogènes, tels ceux de NIAMEY.

Si cette exceptionnelle réussite a été, nous l'avons dit, en quelque sorte induite par l'heureuse association de deux techniciens aux vertus complémentaires, il est clair que la constance dont les utilisateurs,

venus d'horizons divers, ont fait preuve à l'égard des réalisations évoquées, a été motivée par un certain nombre de leurs qualités spécifiques qui sont le fait de M. GROSSHANS.

L'adoption de l'injection directe à turbulence dans le piston, si elle requiert des ajustements empiriques d'injecteur (lesquels furent, au demeurant, menés à bien) permet, en revanche, l'obtention d'excellentes consommations spécifiques sur une très large gamme de fonctionnement tout en s'accommodant de l'emploi de combustibles liquides et gazeux tout venants et en minorant l'importance des installations de refroidissement.

L'embiellage en V du type bielle-bielle à coupe bissectrice breveté par M. GROSSHANS facilite l'obtention d'un moteur court dont le vigoureux vilebrequin peut être largement équilibré pour le plus grand soulagement de coussinets par ailleurs généreusement dimensionnés.

Enfin, M. GROSSHANS ne perdit jamais le souci de n'autoriser que les usinages strictement indispensables, étant entendu que ceux-ci seraient de la plus haute des qualités que permettent d'obtenir les machines outils classiques de grande précision.

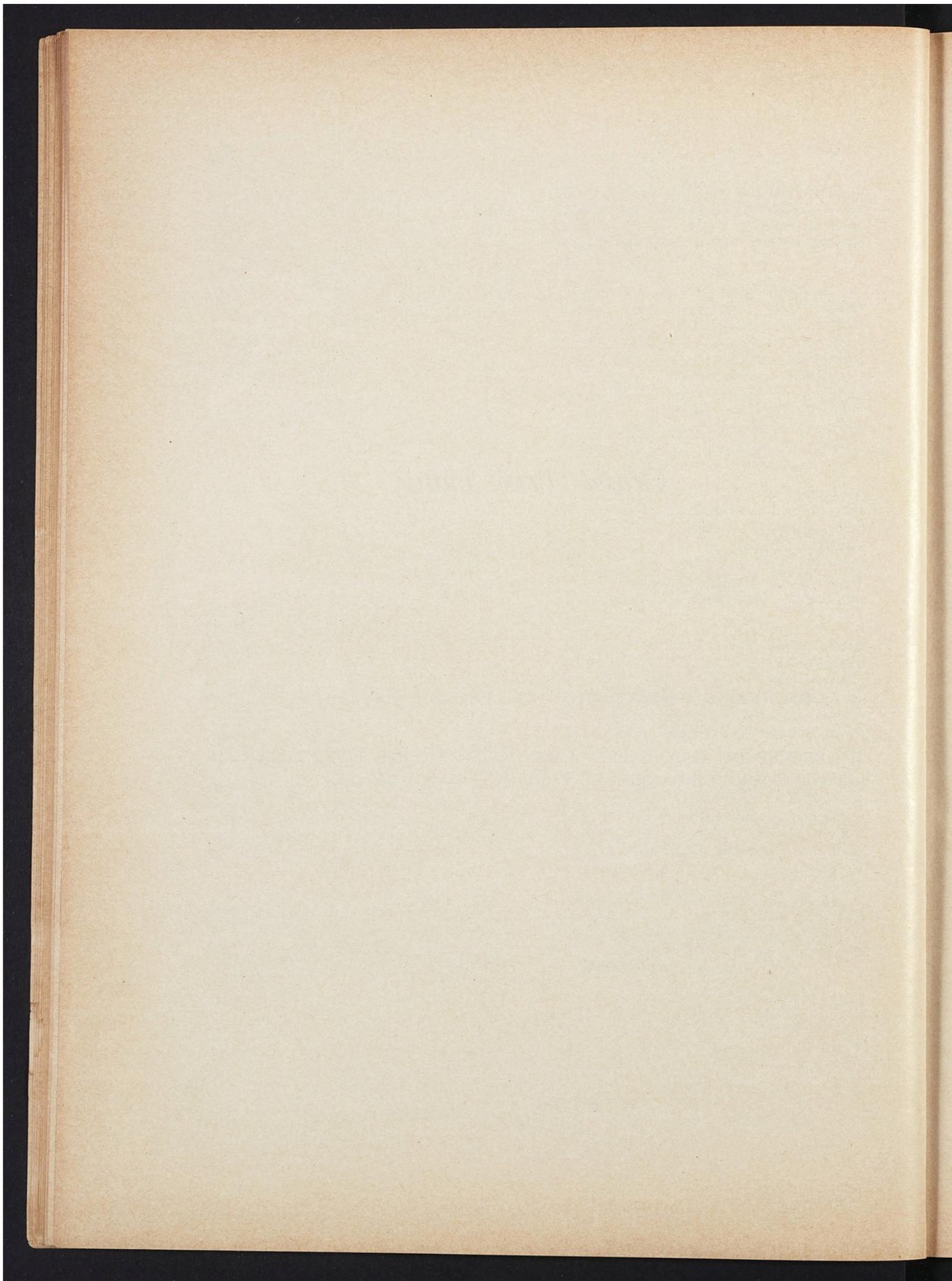
Cet harmonieux faisceau d'exceptionnelles qualités techniques et humaines, habilita l'industrie française à accéder à la place que lui avait réservée Rudolf Diesel, cet ingénieur allemand de culture française.

Il est licite d'être frappé de ce que le promoteur de ce renouveau, né à l'ombre de la Cathédrale de Strasbourg, a rencontré à Mulhouse les hommes qui lui offrirent la possibilité de s'épanouir.

Grand Prix Lamy

I - CONDITIONS D'ATTRIBUTION ET LISTE DES LAURÉATS.

II - REMISE DU GRAND PRIX LAMY A LA SOCIÉTÉ FIVES LILLE-CAIL
AU COURS DE LA SÉANCE PUBLIQUE DU 6 JUIN 1963.



*I - Conditions d'attribution et liste des lauréats
depuis la fondation.*

Le Grand Prix Lamy doit être décerné à une firme ou entreprise ayant puissamment contribué au développement d'une région et au bon renom de l'industrie française dans le Monde.

Ce prix (médaille) a été attribué successivement :

- aux Etablissements Motte-Bossut, de Roubaix.
- à la Société Bernard-Moteurs.
- à la Compagnie des Compteurs et Matériel d'usines à gaz;
- à la Société Alsacienne de Constructions mécaniques;
- aux Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, de Grenoble;
- à l'Office du Niger;
- à la Société de Prospection électrique;
- aux Automobiles et Entreprises Peugeot;

à la Compagnie Générale d'électro-céramique;

à la Compagnie Nationale du Rhône;

conjointement aux Ateliers et Chantiers de la Loire et aux Chantiers et Ateliers de Saint-Nazaire-Penhoët;

à la Compagnie Pechiney;

à la Société Métallurgique d'Imphy;

à USINOR;

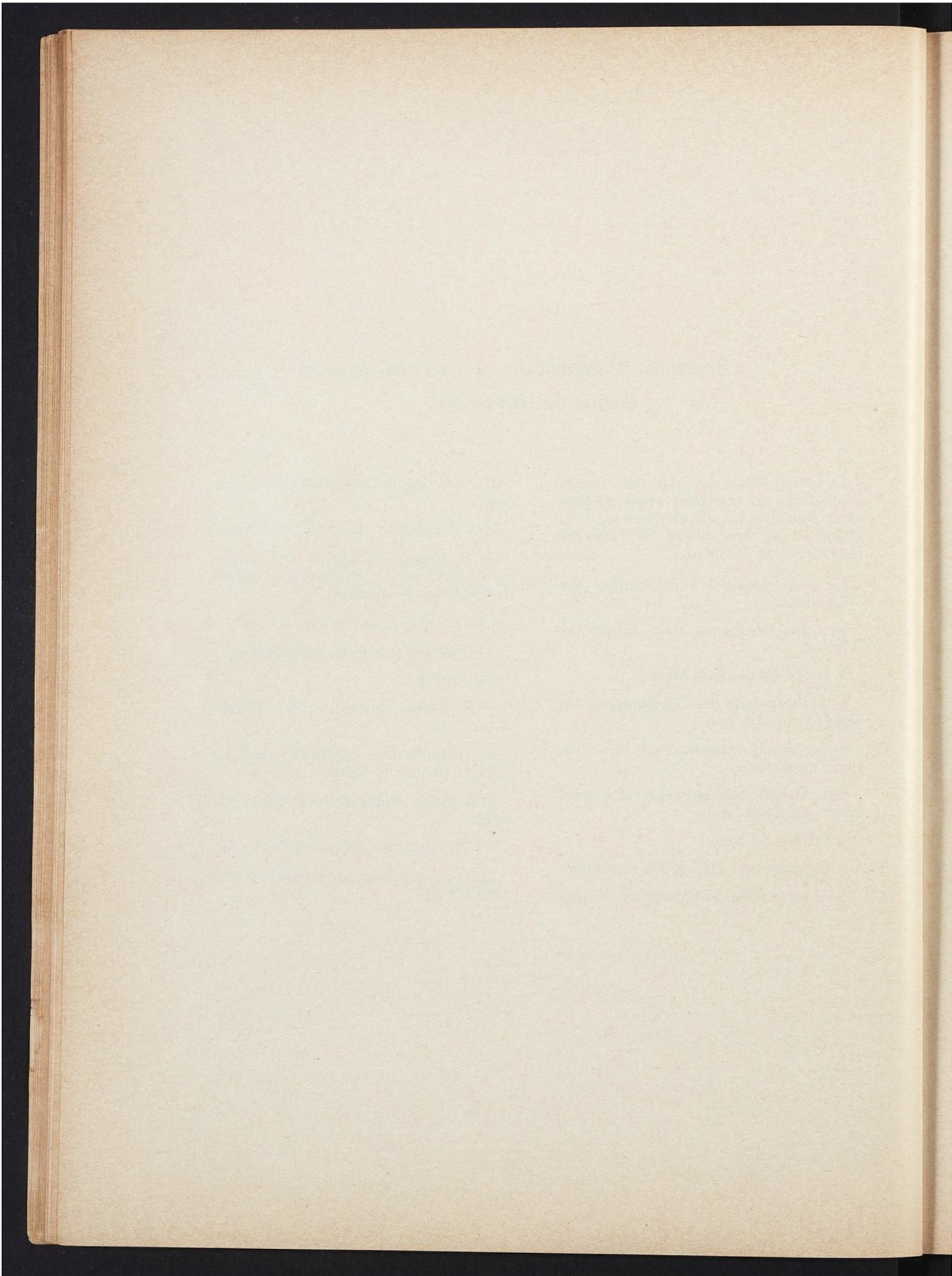
à la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine;

aux Manufactures des Glaces de Saint-Gobain, Chauny et Cirey;

à la Régie Nationale des Usines Renault;

à la Compagnie Générale d'Electricité.

Dernière attribution : la Société FIVES LILLE-CAIL.



*II - Remise du Grand Prix Lamy à la Société Fives Lille-Cail
au cours de la Séance Publique du 6 Juin 1963*

M. Jean LECOMTE, Président de la Société d'Encouragement, rappelle les conditions d'attribution du Grand Prix Lamy et la très haute renommée des firmes qui l'ont obtenu.

Il salue la Grande Entreprise aujourd'hui lauréate dont les rapporteurs vont retracer l'histoire si attachante.

I

Rapport de M. René SOULET,

Vice-Président de la Société d'Encouragement, Membre du Comité d'Agriculture.

Messieurs,

Les titres de la Société Fives Lille-Cail à se voir décerner la plus haute récompense de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale sont à la fois très anciens et très actuels.

Ces titres concernent aussi bien les industries mécaniques que les industries agricoles. M. de Leiris vous parlera tout à l'heure des réalisations sur le plan industrie.

Quant à moi, si pour vous exposer le rôle essentiel de cette firme dans l'industrie sucrière, je prends la parole au nom du Co-

mité d'agriculture de la Société d'encouragement, c'est que la mort nous prive d'autres voix qui eussent été bien plus autorisées que la mienne. Permettez-moi de leur rendre hommage en évoquant leur mémoire : Louis Tardy, père du Crédit Agricole en France; Louis Le Grand, apôtre du rapprochement agriculture-industrie; Philibert Guinier, de l'Académie des Sciences; Armand Blanc, ancien directeur général du Génie rural. Le plus qualifié eût été M. Nottin, mon ancien professeur de Technologie à l'Institut agronomique; nous ne pouvons que déplorer son état de santé qui ne lui permet pratiquement plus de participer aux travaux de notre Société.

I. DEROSNE et CAIL.

Dès la naissance de l'industrie sucrière en France, nous voyons apparaître le nom de Cail et nous constatons ainsi que Fives Lille-Cail est le plus ancien constructeur de matériel de sucrerie du monde.

Vous savez que le sucre était connu dès l'Antiquité mais sous forme de sucre de canne; il n'a été extrait de la betterave qu'après 1806 pour pallier les conséquences du blocus continental institué par Napoléon I^{er} qui provoqua ainsi une émulation entre les savants, les agriculteurs et les fabricants.

La culture de la canne fut transportée par les Arabes du Nord de l'Afrique dans le Sud de l'Espagne, où elle est encore très florissante. Après la découverte de l'Amérique à la fin du XV^e siècle, elle se répandit dans les Antilles.

Le procédé d'extraction est très simple : Les cannes sont broyées entre les cylindres d'un moulin et le jus sucré (ou vesou) est conduit vers des chaudières successives, où s'effectuent progressivement une clarification (ou défécation) grâce à un peu de chaux et une concentration du jus jusqu'à cristallisation.

C'est le grand chimiste Louis-Charles Derosne (1780-1846) qui, après des recherches avec Parmentier pour extraire le sucre et l'alcool de la pomme de terre, découvre des procédés pour blanchir le sucre brut ainsi que l'application du charbon pour purifier les sirops de sucre.

En 1808, il prend un brevet pour le raffinage et l'épuration du sucre à froid.

En 1812, une note sur l'emploi du charbon dans la fabrication du sucre de betterave est présentée à notre Société d'Encouragement. Cette même année 1812 est le point de départ de la Société Cail.

Pour construire des appareils de distillation et du matériel de sucrerie (telle la machine à râper les betteraves de Pichon et Moyeux), Derosne fonde au pied de la colline de Chaillot un atelier de chaudronnerie.

Derosne s'associe avec Cellier-Blumenthal, inventeur d'appareils de distillation des vins et jus de betterave basés sur le principe de la continuité.

Ces appareils obtiennent en 1816 la médaille d'Or de la Société d'Encouragement. Ils sont ensuite améliorés par Derosne. C'est ainsi qu'on a retrouvé un écrit à la main de Derosne daté du 23 septembre 1817 et demandant pour son associé un brevet qui fut accordé le 12 janvier 1818.

Vers 1820, l'association de Cellier-Blumenthal et de Derosne prend fin, le premier livrant en Belgique des appareils destinés aux grains et aux matières pâteuses, le second se réservant la France et s'attachant plus particulièrement à la distillation des liquides : vins et jus de betteraves.

Derosne améliore sans cesse les matériels : en 1821, il fait consacrer, par un brevet, l'alternance des plateaux convexes et concaves dans les colonnes à distiller. D'autres brevets améliorent encore les dispositions antérieures.

Pour mettre en œuvre ces améliorations, Derosne engage en 1822, dans son atelier de Chaillot, un chaudronnier exceptionnel qui vient de terminer son tour de France : il s'agit de Jean-François Cail. Celui-ci gravit rapidement les échelons : contremaître, chef d'atelier, directeur associé en 1836. Derosne invente, Cail réalise. L'un continue à collectionner des brevets chimiques, l'autre prend des brevets mécaniques.

La Société « Charles Derosne et Jean-François Cail » perfectionne si bien ses appareils de distillation d'alcool et de fabrication de sucre de betterave qu'ils se vendent dans l'Europe entière.

C'est à ce moment qu'elle s'oriente aussi vers l'équipement des sucreries de canne. Des équipes de la Société vont installer des usines de fabrication dans les Antilles françaises, à Cuba et à l'île Bourbon. Les méthodes nouvelles de traitement des cannes contribuent à la prospérité des fabricants et des planteurs.

1840-1845 est la grande période de l'expansion industrielle, de la création des réseaux de chemins de fer et la Société étend ses fabrications dans des domaines qui vous seront exposés tout à l'heure.

Pour les agrandir, les ateliers de Chaillot sont transférés à Passy, puis dans la plaine de Grenelle; des succursales sont fondées notamment à Denain pour les grosses pièces de forge, à Bruxelles et jusqu'à Amsterdam qui se spécialisera dans les appareils traitant les cannes à sucre. Outre-Mer, des ateliers sont installés pour l'entretien et la réparation sur place des appareils servant aux usines de fabrication de sucre.

En 1846, Derosne meurt et Cail devient seul propriétaire des usines de Paris.

Lors de la Révolution de 1848, Louis Blanc choisit ces usines pour y expérimenter les célèbres « ateliers nationaux », dont les résultats furent décevants, comme l'on sait.

Après une courte éclipse, l'activité de Cail reprend : il fonde la Société J.F. Cail et C^{ie} en 1850, et fait breveter un appareil pouvant

aller au quintuple effet (en pratique, la sucrerie d'alors ne dépasse pas le triple effet).

Je soulignerai qu'à cette époque Cail attire l'attention des agriculteurs sur les machines agricoles en en démontrant l'utilité dans le domaine des Plants en Charente et surtout dans celui de la Briche en Indre-et-Loire, où une colonie de jeunes de 14 à 20 ans condamnés pour des fautes légères apprend le métier d'ouvrier agricole.

Cette activité, plus spécifiquement agricole, n'entrave en rien la continuation du progrès industriel jalonné par les étapes suivantes :

— 1852, installation à Flavy-le-Martel d'un appareil à double effet, ancêtre des appareils d'évaporation.

— 1853, établissement à Douai d'un atelier auxiliaire pour la construction de matériels de sucrerie et de distillerie.

— 1855 à 1860, installation de double carbonatation, de cuite en grains, d'appareils d'évaporation.

II. COEXISTENCE CAIL ET FIVES-LILLE.

a) 1861-1870.

En 1861, la Société Parent, Schaken, Caillet et C^{ie} se fonde et installe des ateliers de construction mécanique et de chaudronnerie d'abord à Fives près de Lille, puis à Givors.

Cette Société prend en 1865 le nom de « C^{ie} de Fives-Lille ».

Dès 1866, des contacts entre la Société Cail et la Société de Fives-Lille aboutissent à des réalisations en participation mais sans fusion des deux sociétés.

Après les années d'efforts, 1867 est une année où chacun recueille les honneurs : visite triomphale de Napoléon III aux usines

de Fives et nombreuses récompenses, notamment pour les alambics Cail, décernées à l'occasion de l'Exposition universelle.

Avant 1870, l'usine de Fives, toute orientée vers l'industrie lourde n'a guère construit que deux appareillages pour distilleries agricoles.

Quand survient la guerre, les entreprises de construction mécanique se consacrent à l'armement : Fives-Lille sort des fusils et des obus; Cail sort des canons et matériels militaires divers. Cail contribue également à l'alimentation de la capitale assiégée en construisant 300 petits moulins.

Les émeutes de la Commune paralysent l'activité industrielle de Cail, qui se retire à la campagne, laissant à un collaborateur,

Joseph Lemesle — permettez-moi de signaler qu'il s'agit de mon grand-père — le soin de veiller sur ses ateliers de Grenelle et ceux-ci sont sauvegardés, non sans peine.

Cail meurt le jour même où l'armée de Versailles entre dans Paris.

Dans le domaine qui nous intéresse nous allons voir un développement parallèle de Cail et de Fives Lille qui dès 1889 puis en 1904, 1909 et 1954 envisagent de fusionner. Cette fusion est finalement réalisée le 26 juin 1958.

b) *Cail de 1870 à 1958.*

De 1870 à 1958, Fives Lille et Cail poursuivent chacun de leur côté la construction d'appareils dans le domaine de l'industrie agricole.

Nous étudierons, d'abord, la Société Cail pendant cette période de coexistence qui commence d'ailleurs assez mal pour elle jusqu'au moment où en 1882 la Société ancienne est dissoute et remplacée par la « Société anonyme des anciens Etablissements Cail » dont les agences arrivent à se développer dans les pays danubiens, en Argentine, au Mexique et jusqu'en Chine.

Pour les sucreries, raffineries et distilleries, tant de betteraves que de cannes, sont construits des appareils de diffusion continue, des centrifugeuses à grande vitesse, des machines pour le moulage automatique du sucre, des moulins à plusieurs cylindres et des défibreuses pour les cannes.

Jusqu'à présent nous n'avons eu à parler que de l'industrie sucrière. En 1890, nous voyons la Société Cail aborder d'autres industries agricoles : — celle de la bière, en sortant des turbines à purifier et aérer le moût de bière selon le système Axel-Berg et Joergensen, — celle de la conservation des viandes avec des appareils frigorifiques Linde.

Vers 1893, les travaux pour les sucreries ralentissent par suite de l'évolution de la si-

tuation économique et financière en Amérique du Sud. Des usines ferment, notamment celle de Grenelle; par contre celles de Douai et Denain s'agrandissent.

En 1898, la Société se transforme en « Société Française de constructions mécaniques », dont le Président est Louis Le Chatelier.

Douai se spécialise dans la construction d'appareils de sucrerie, de raffinerie et de réfrigération.

Signalons qu'en 1904, la Société sort des appareils de malterie pneumatique pour l'usine de Maisons-Alfort.

En 1900, des accords sont passés pour la création d'une Compagnie Générale de sucrerie.

En 1905, les anciens Etablissements Cail concentrent tous leurs moyens de production à Denain.

Et c'est là, en 1912 qu'a lieu la grandiose commémoration du centenaire à laquelle a activement participé M. Bertin, le Président d'alors de la Société d'Encouragement qui a fortement souligné que notre Société, parmi toutes les industries de la France, avait distingué celle du sucre comme la plus digne de tous les efforts et il ajoutait — je cite : « Ainsi s'explique la passion avec laquelle la Société d'Encouragement mit au service des premières sucreries indigènes tout le crédit que lui avait donné le prestige de ses fondateurs ».

Tous ces beaux efforts sont arrêtés par la guerre de 1914, où dès les premiers mois, l'armée Von Klück occupe l'usine de Denain. Outillage, approvisionnements et matériels fabriqués sont emmenés en Allemagne. En 1918, l'usine de Denain est délivrée, elle se reconstruit en 1920 et reprend son activité.

L'ancienne Société Cail, de même que Fives-Lille, participent à la reconstruction de la plupart des sucreries détruites par la guerre.

Pour Cail, notons l'installation complète de la sucrerie Santerre et de Sainte-Emilie en Picardie; la reconstitution intégrale de la sucrerie d'Artres dans le Nord.

Hors d'Europe, les premières livraisons importantes faites après l'armistice ont concerné cinq ensembles très complets de moulins à cannes de grosse puissance munis de leurs moteurs à vapeur.

C'est ainsi qu'un moulin géant de 19 cylindres a été construit pour Ledesma en Argentine où l'installation complète de la sucrerie a été réalisée.

Arrivent la guerre de 1939 et la mobilisation qui prend 33 % des effectifs de la Société de construction mécanique.

En mai 1940, l'usine de Denain doit être évacuée; en août 1945 après les bombardements, la Libération permet de réparer les dégâts; la reprise du travail a lieu le 4 septembre.

En octobre 1955, la Société transfère son siège social et sa direction administrative à Paris et nous en arrivons à la fusion du 26 juin 1958.

c) *Fives Lille de 1870 à 1958.*

Retraçons maintenant, entre 1870 et 1958, l'activité de Fives-Lille dans la branche de sucrerie. Ce développement est tout de suite très rapide.

Dès 1870 commence l'installation de trois sucreries de betteraves dont celle de la Médaille d'Or à Orlowetz en Russie et de deux sucreries de cannes dont celle de Malaga en Espagne.

En outre, quatre moulins et vingt chaudières sont réalisés pour la sucrerie de Mas-sarah-el-Sainmalout en Egypte.

Rien qu'entre 1870 et 1880, la Société Fives-Lille sort trente-deux moulins à cannes et poursuit l'étude d'appareils améliorant l'extraction dans les sucreries de cannes.

Elle crée un matériel de diffusion tout spécial pouvant s'appliquer au traitement de la canne soit avant soit après le broyage.

Améliorant l'outillage d'extraction, les fabricants diminuent leur prix de revient et sont ainsi en mesure de faire face à la concurrence, notamment sur le marché mondial, les exportations portant sur les pays les plus divers : l'Angleterre, l'Espagne, Cuba, l'Ile Maurice, Porto-Rico, les Philippines, Saint-Domingue, la Russie, l'Italie, le Mexique, l'Egypte, le Brésil, le Pérou, le Chili, l'Argentine, Java et le Japon.

La Société ne s'est pas contentée de fabriquer du matériel de sucrerie, mais elle a, aussi, pris des participations dans les industries de fabrication de sucre. C'est ainsi qu'en 1900 on note la création de la « Société anonyme des anciennes sucreries de la Compagnie Fives-Lille » qui apporte ses trois sucreries d'Abbeville, Coulommiers et Neuilly-Saint-Front; ladite société fusionne en 1904 avec les raffineries et sucreries Say.

En 1908, Fives-Lille fait des réalisations très importantes :

— au Portugal : installation d'une importante raffinerie avec livraison de moulins perfectionnés à 9 cylindres.

— En Espagne et Bulgarie : deux sucreries de betteraves capables de traiter 600 tonnes par 24 heures.

— En Argentine, raffinerie produisant 100 tonnes de sucre raffiné par 24 heures.

— Au Brésil, en Angola, à Cuba (moulin à 11 cylindres pour la sucrerie de Jobado).

La guerre 1914-1918 apporte ses ruines.

Dès 1919, l'usine de Fives-Lille agrandie et modernisée reprend ses fabrications habituelles et, de même que l'ancienne société Cail, elle participe très activement à la reconstruction de la majorité des sucreries détruites par la guerre. C'est ainsi qu'elle remet en état les fabriques de Marle, Montcornet, Attigny-Vouziers, Courrières, Trézennes et construit des sucreries nouvelles à Guignicourt, Bucy-le-Long.

En 1921, sont mis au point les procédés relatifs à l'extraction du sucre des mélasses par régénération de la baryte.

Vers 1927 Fives-Lille installe pour la Société de sucrerie du Santerre une usine

centrale à Dompierre avec des râperies ; dans le capital de cette Société, Fives-Lille prend une participation très importante, nouvelle preuve de son activité dans le secteur agricole.

De 1920 à 1940, Fives Lille continue ses réalisations spectaculaires, dans le monde entier, notamment en 1937, la Société construit en Argentine un moulin permettant de traiter 5.000 tonnes de canne à sucre par jour, gardant dans ce domaine, le record du monde pendant 20 ans.

Durement atteintes dès 1940 puis à nouveau en 1944, les usines de Fives et de Givors se relèvent de leurs ruines.

En 1955 un accord intervient avec les raffineries et sucreries Say qui prennent une participation importante dans la sucrerie centrale du Santerre dont l'usine de Dompierre continue à être le laboratoire de recherches et d'essais industriels de la Compagnie de Fives Lille.

De 1940 à 1958 sont créées de nombreuses sucreries et distilleries de cannes avec des moulins de plusieurs cylindres, des appareils de diffusion continue qui sont les plus gros appareils construits au monde (le tube de la diffusion pèse, à lui seul, 205 tonnes et mesure 36 mètres de long), et des appareils d'évaporation.

Dans le domaine de la sucrerie de betteraves, la compagnie a construit également les deux plus grandes diffusions continues capables de traiter 3.500 tonnes de betteraves

par 24 heures ; elles sont installées aux sucreries de Roy et Bucy-le-Long.

Les recherches se sont également poursuivies dans le domaine de l'amélioration de la marche et d'une automatisation toujours plus grande du fonctionnement des installations. Ainsi furent mis au point il y a quelques années un système de filtre épaisseur et de filtre continu sous vide pour la purification des jus de première carbonation en sucreries de betteraves, rendant cette opération automatique et continue.

Plus récemment, ont été conçues et réalisées desessoreuses centrifuges à commande électronique entièrement automatiques qui permettent, à production égale, de réduire des 3/4 la main-d'œuvre nécessaire à leur fonctionnement.

Tous ces appareils, qui relèvent d'une technique très évoluée, ont fait l'objet de commandes même de la part de pays fortement industrialisés tels que : l'Italie, la Belgique, la Suède et l'U.R.S.S.

Fives Lille a, de plus, accordé des licences de fabrication de ses matériels dans divers pays étrangers (Brésil, Espagne, Italie, Inde).

En ce qui concerne les installations complètes, la Société est à peu près le seul constructeur mondial à exécuter entièrement le matériel de celles-ci dans ses propres ateliers. Depuis 1946 et jusqu'au 1^{er} janvier 1959, ont été réalisées 22 sucreries complètes dont les trois quarts environ pour l'étranger.

III. FIVES LILLE-CAIL

Cette fusion a permis que les inventions de chacun des fondateurs soient complétées par des perfectionnements ou des créations, fruits du travail des Services d'Etudes et de Recherches dont le rôle apparaît de plus en plus essentiel, qui dispose d'une calculatrice électronique permettant dans un minimum de temps la comparaison de nombreuses solutions et par suite un choix plus éclairé.

Les travaux entrepris dans cette dernière période portent principalement sur des réalisations d'industrie lourde qui vous seront décrites par M. de Leiris.

Dans le domaine qui nous concerne, nous signalons :

— en 1960 la construction d'un atelier de broyage de cannes à Ledesma, en Argentine,

avec les plus grands moulins du monde, la batterie de six moulins ayant actuellement une capacité de broyage de 6.000 à 7.000 tonnes par jour.

— des fournitures à trois très grandes sucreries russes pouvant traiter chacune 5.000 tonnes de betteraves par jour et produisant du sucre blanc avec traitement des sous-produits. La Société Fives-Lille Cail, chef de file, assure les études et la fabrication des matériels correspondants (dont le poids total dépassera 25.000 tonnes) conjointement et solidairement avec d'autres Etablissements. La mise en service de ces sucreries est prévue pour le cours de la présente année.

Les ingénieurs et techniciens de Fives-Lille Cail travaillent sans cesse à améliorer le rendement des installations de sucrerie par le choix des appareils et des schémas de fabrication. Parallèlement, leurs travaux sont aiguillés vers la création de matériels nouveaux, continus ou automatiques, qui tout en améliorant la qualité du travail, permettent de résoudre au minimum les frais d'exploitation et d'entretien.

Parmi les nouveaux types d'appareils méritant d'être signalés, nous retiendrons « le centrifuge automatique à grand débit » qui est le plus gros centrifuge à sucre de ce genre réalisé à ce jour et permet d'atteindre une production record avec un minimum d'appareils.

Le premier appareil réalisé de ce type est actuellement en fonctionnement à la Sucrerie de Bucy-le-Long pour le traitement des masses-cuites de premier jet, et des essais sont poursuivis pour le travail des bas-produits.

Fives-Lille Cail est une des rares firmes au monde capable de produire dans ses ateliers l'ensemble des équipements nécessaires à une sucrerie moderne de cannes ou de betteraves, que ce soit :

— les charpentes métalliques des bâtiments,

— ou les divers appareils : — de fabrication (diffusion — une des plus puissantes

diffusions du monde est à Bucy-le-Long, moulins épurateurs et clarificateurs de jus, filtres, chaudières, centrifuges) — et de maintenance (grues, transporteurs).

— et enfin les générateurs d'énergie à vapeur ou électriques (ainsi les turboalternateurs).

En 150 années au service de l'industrie sucrière, les Etablissements Fives-Lille Cail ont dans le monde entier :

— livré plus de 500 moulins de cannes,

— équipé plus de 600 sucreries,

— construit de nombreuses sucreries complètes, trente et une rien que depuis 1946 (12 de cannes et 19 de betteraves).

Outre la mise au point du centrifuge automatique dont nous venons de parler, les travaux du Centre de Recherches et d'Etudes ont permis à la Société d'obtenir récemment un Brevet pour un procédé de filtration entièrement continu des jus de première carbonatation.

C'est grâce à l'action de ce Centre que Fives-Lille Cail peut conserver sa position technique privilégiée en face de l'évolution constante et rapide de l'industrie moderne.

Les recherches poursuivies par la Société ne se sont pas limitées à l'activité proprement industrielle.

Des essais de culture ont été tentés dans certains pays en voie de développement, notamment vers 1931 pour la betterave à sucre sur les hauts plateaux, près d'Alger.

Les échantillons prélevés sur les cultures expérimentales, qu'il s'agisse, selon les régions, de betteraves ou de cannes, sont communiqués au laboratoire pour étudier les possibilités de traitement.

Les recherches agronomiques ont également porté sur des problèmes d'irrigation, de voirie, de participation à la mise en valeur de zones incultes.

Laissant à M. de Leiris le soin de parler des autres titres plus prestigieux encore de la Société Fives-Lille Cail, je conclus que dans le domaine essentiel de la production

sucrière mondiale, cette Société a largement mérité la haute récompense qui lui est décernée, récompense qui honore à la fois celui qui la donne et celui qui la reçoit.

Juin 1963.

R. SOULET.

II

Rapport de M. l'Ingénieur Général DE LEIRIS

Président du Comité des Arts Mécaniques de la Société d'Encouragement.

Messieurs,

Au nom du Comité d'Agriculture, M. Soulet, Vice-Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, vient de nous présenter de manière pleinement convaincante les titres que, dans le domaine des industries agricoles, et singulièrement celui de la production du sucre, la Société Fives-Lille-Cail s'est acquis à la plus haute récompense de notre Société, le Grand Prix Lamy.

Mais si brillants et solides que soient ces titres, vouloir les isoler de l'ensemble de l'activité de la Société serait absolument artificiel, car ils s'inscrivent parmi toute une gamme de réalisations plus intéressantes les unes que les autres et qui couvrent en fait le gros matériel d'équipement nécessaire à la plupart des industries, qu'elles soient ou non agricoles.

Aussi le Comité des Arts Mécaniques a-t-il été heureux de joindre sa voix à celle du Comité d'Agriculture en faveur de la Société Fives-Lille-Cail, de sorte que son Président a maintenant, au nom de ce Comité, l'agréable devoir de vous entretenir des réalisations de Fives-Lille-Cail sans rapport avec l'agriculture.

S'il me fallait pourtant, pour chaque sorte de matériel, refaire une présentation historique aussi complète que celle qu'a magistralement esquissée M. Soulet pour la sucrerie, la séance que nous tenons en ce moment même n'y suffirait certainement pas. Souffrez donc que, tenant pour suffisant ce que M. Soulet vous a déjà dit, chemin faisant, de l'histoire et des moyens présents de la Société, je me borne à vous donner un rapide aperçu de ses fabrications actuelles, à la fois dans leur diversité et dans leur puissance, sans prétendre bien entendu les énumérer toutes sans omission aucune.

Certaines de ces fabrications sont relativement nouvelles pour Fives-Lille-Cail, et pourtant déjà marquées par d'enviables succès. Ainsi les récents efforts de la Société pour développer les matériels utilisés dans l'industrie du papier : tambours écorceurs, défibreurs, lessiveurs, diffuseurs, etc. lui ont valu dès 1956 la commande de l'ensemble de la papeterie de Bang-Pa-In en Thaïlande, prévue pour une production journalière de 40 tonnes de cellulose et de 60 tonnes de pâte à papier.

Ces fabrications nouvelles n'éclipsent cependant pas les plus anciennes. Mais le maintien de celles-ci suppose toujours une évolution plus ou moins profonde, et à l'occasion une véritable révolution. Par exemple,

si, depuis 100 ans, Fives-Lille-Cail a construit plus de 8 000 locomotives, qu'y a-t-il de commun, à part le fait de rouler sur des rails, entre la première de ces machines, à vapeur bien entendu, et les locomotives modernes électriques des séries B 9 400 ou 26 000, ou diesel-électriques ? De la même manière, une autre fabrication traditionnelle de la Société, celle des matériels sidérurgiques et métallurgiques, avec tous leurs dispositifs accessoires, équipement de cokeries, engins de manutention lourds spécialisés, etc., doit impérativement suivre les rapides progrès qui caractérisent actuellement cette branche de la production : à ce prix, Fives-Lille-Cail obtient sa part des fournitures destinées aussi bien aux usines françaises, comme le complexe sidérurgique de Dunkerque, qu'aux usines étrangères dont la construction est assurée par notre pays, tels les centres sidérurgiques de Chimbote au Pérou et de Paz del Rio en Colombie.

L'évolution des besoins est cependant parfois telle qu'une société unique, même disposant d'une expérience aussi étendue et de moyens aussi puissants que Fives-Lille-Cail, ne peut plus à elle seule la dominer : elle doit alors rechercher la collaboration avec d'autres. C'est ce que n'a pas manqué de faire Fives-Lille-Cail en créant en 1959, avec les Chantiers de l'Atlantique, la Société Fives-Penhoët, dont l'activité, d'abord limitée aux grosses chaudières, s'étend actuellement aussi aux centrales thermiques et nucléaires, aux usines de produits chimiques et d'engrais et aux raffineries de pétrole, tous domaines où, auparavant, les fondateurs de Fives-Lille-Cail avaient mis à leur actif de beaux succès, comme l'entreprise générale de la première raffinerie de pétrole de Finlande, à Naantali, mise en service en 1958.

Mais il est d'autres activités, conservées en propre par Fives-Lille-Cail, et dans lesquelles cette Société demeure un spécialiste incontesté. Ainsi les 4 000 ponts, ferroviaires ou routiers, construits depuis 100 ans par Fives-Lille-Cail, dans quatre parties du monde, justifiaient pleinement que lui fût confiée en 1953, à Brest, la construction du pont levant sur la Penfeld, ouvrage le plus important d'Europe dans cette catégorie, et, un peu plus tard, à Tancarville, une large participation à celle du pont suspendu le plus grand d'Europe continentale.

Plus spécifique encore peut-être apparaissent les réalisations de Fives-Lille-Cail en matière de cimenterie et de traitement des minéraux. Du fait de l'importance de ces réalisations, la Société est aujourd'hui considérée comme l'un des principaux fournisseurs mondiaux de l'industrie du ciment. Depuis 1954, elle a notamment construit huit cimenteries complètes, dont quatre en Turquie, deux en Irak, une au Brésil et une en U.R.S.S., et livré neuf fours rotatifs à ciment de plus de 1 200 tonnes par jour, dont les six plus puissants du monde, le record étant représenté par les deux fours de 2 500 tonnes par jour de la cimenterie russe d'Atchinsk.

J'arrêterai sur cette indication une énumération qui, à la longue, ne laisserait pas de devenir fastidieuse. N'est-elle pas au surplus dès maintenant largement suffisante pour démontrer de manière incontestable combien la Société Fives-Lille-Cail est en tous points digne d'une récompense que notre Société réserve à une entreprise ayant « puissamment contribué au bon renom de « l'industrie française dans le monde ».

Juin 1963.

H. DE LEIRIS.

III

Remise de la Médaille

En recevant la médaille du Grand Prix Lamy, M. Jacques THIBAULT, Président de la Société Fives Lille-Cail, exprime la gratitude de la Société lauréate :

Nous sommes heureux de voir ainsi reconnus les services que notre Société rend depuis si longtemps à l'économie nationale et la renommée qui est la sienne dans le monde entier.

Cette récompense vient certainement à point nommé.

Après la guerre, le Président de la Société et ses collaborateurs se trouvèrent devant un problème difficile dont ils triomphèrent rapidement grâce à un effort énergique dans deux directions :

Nous nous sommes trouvés, mes collaborateurs et moi, devant un problème difficile dont nous avons triomphé assez rapidement grâce à un effort énergique dans deux directions. Nous nous sommes efforcés de rendre, au point de vue technique, à la Société le haut standing qui avait été le sien et c'est pourquoi nous avons, en particulier,

Certes, les deux Sociétés réunies dans Fives-Lille-Cail ont derrière elles un long passé et un passé brillant. Nous avons fêté récemment le Centenaire de l'une et le Cent-Cinquantième de l'autre et, à cette occasion, rappelé les travaux remarquables qu'elles ont exécutés dans le monde entier.

créé un Centre de Recherches et d'Etudes de Prototypes, confié à M. Retali qui va avoir l'honneur de vous exposer les travaux exécutés sous son impulsion.

Notre second objectif a été l'amélioration de la productivité, domaine dans lequel nous avons obtenu des résultats spectaculaires.

Pourquoi faut-il,

poursuit le Président THIBAUT, que la satisfaction que nous ressentons, légitimement je crois, soit assombrie par l'amertume que nous causent certaines mesures prises récemment par les Pouvoirs Publics et qui témoignent d'une méconnaissance totale des nécessités de nos industries. J'ai été très frappé de retrouver dans le rapport remarquable établi en 1951 par votre Compagnie, pour son 150^e anniversaire, un paragraphe qui décrit une situation, hélas bien regrettable.

C'est d'ailleurs avec regret qu'il nous faut constater sur le plan général, qu'alors que nos grandes nations concurrentes considèrent leurs industries comme des organismes précieux, dont la propriété et la pérennité

doivent être obligatoirement assurées, dans l'intérêt même du Trésor, il n'en est pas de même dans notre pays, où elles ne bénéficient guère d'un préjugé favorable.

Ces lignes gardent toute leur actualité. Je suis bien obligé de déplorer qu'à travers tous les changements de Gouvernements l'industrie lourde française, en particulier l'industrie d'équipement, rencontre la même incompréhension.

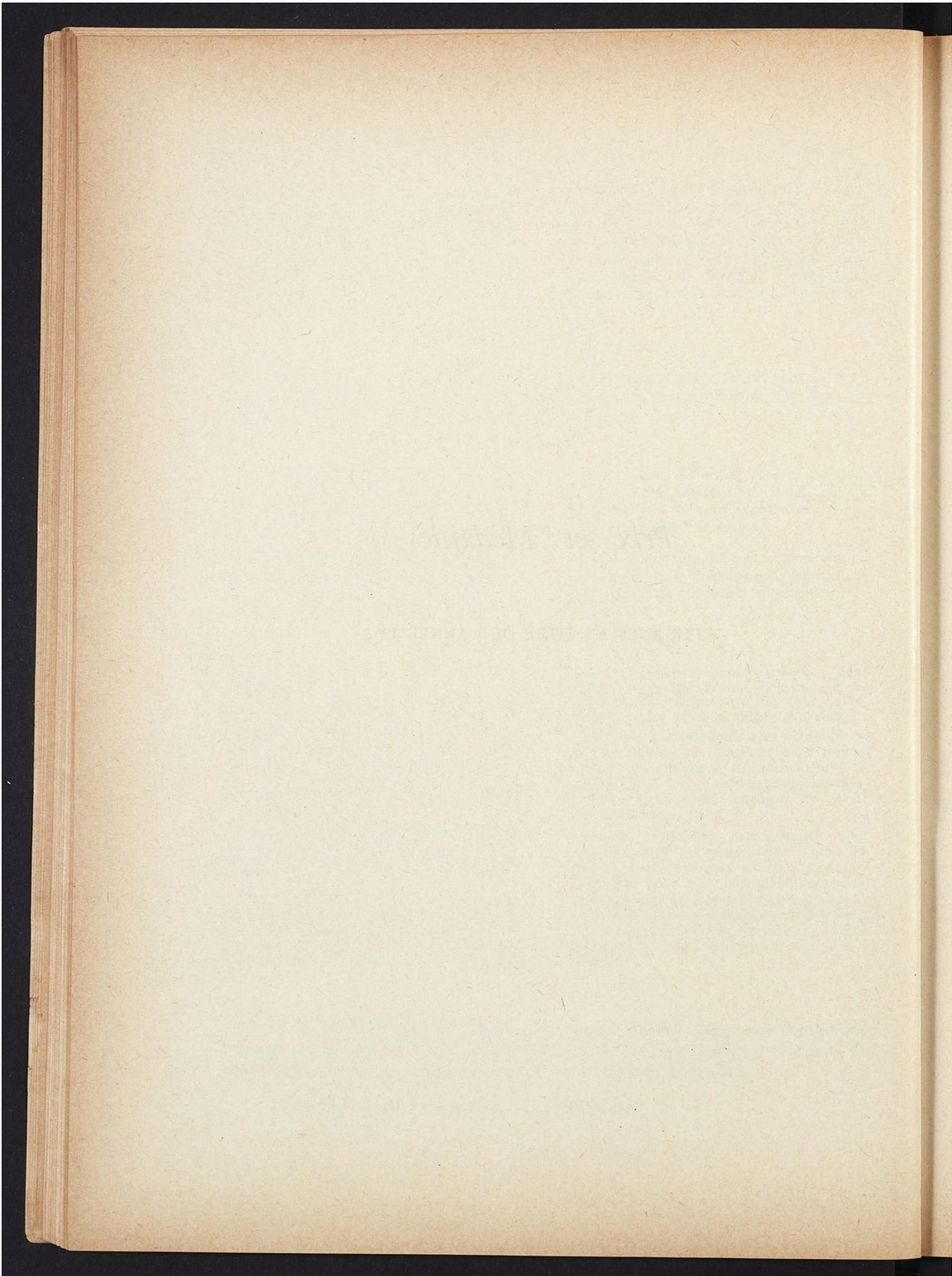
Ceci ne suffira pas, naturellement, pour nous décourager et nous sommes bien décidés à poursuivre nos efforts. Le témoignage que vous avez bien voulu nous décerner est venu au moment le plus favorable. Il sera pour nous un stimulant inappréciable. C'est pourquoi, au nom de tous mes collaborateurs, je vous dis encore une fois : MERCI.

A la suite de cette allocution, M. Roger RETALI, Directeur Technique Adjoint de la Société FIVES LILLE-CAIL prononce une conférence sur « Le centre d'études et de recherches de la Société Fives Lille-Cail ».

(Voir plus loin le texte de cette conférence).

Prix et Médailles

ATTRIBUÉS AU TITRE DE L'ANNÉE 1962



*Prix et Médailles attribués par la Société d'Encouragement
pour l'année 1962*

La Grande Médaille de la Société d'Encouragement est attribuée à M. Georges-Frédéric GROSSHANS pour ses réalisations de moteurs, et en particulier les moteurs MGO, sur rapport de M. BRUN, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Le Grand Prix Lamy est attribué à la Société FIVES LILLE-CAIL, pour l'ensemble de ses activités et notamment pour son rôle dans la création et l'expansion de l'industrie sucrière française, sur rapport de M. R. SOULET, Vice-Président de la Société d'Encouragement, au nom du Comité d'Agriculture, et de M. l'Ingénieur Général DE LEIRIS, Président du Comité des Arts Mécaniques.

La Grande Médaille Exceptionnelle des Activités d'Enseignement est attribuée à M. Gaston JULIA, Membre de l'Institut, qui a apporté un concours précieux à l'Industrie en assurant pendant de longues années la formation des Ingénieurs, sur rapport de M. Jean LECOMTE, Membre de l'Institut, au nom du Conseil de la Société.

La Médaille Louis Pineau est attribuée à M. André MARTIN, pour sa longue carrière de Pétrolier, en particulier à la tête de la Compagnie de Recherches et d'Exploitation des Pétroles du Sahara, sur rapport de M. l'Ingénieur Général DUMANOIS, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Grande Médaille Michel Perret est attribuée à M. Pierre ANGÉNIEUX, pour l'implantation, dans la Loire, d'une usine de matériel optique qui s'est remarquablement développée grâce à la qualité de ses fabrications, sur rapport de M. ARNULF, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Médaille René Oppenheim est attribuée à M. Pierre JACQUINOT, pour l'ensemble de sa carrière scientifique, sur rapport de M. LÉAUTÉ, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

II. — *Médailles et prix spéciaux*

La Médaille Farcot est attribuée à M. André AUDIGÉ, pour ses mémoires présentés à l'Association Technique et Aéronautique, concernant notamment ses travaux sur les « ruptures fragiles », et d'autre part, sur la « protection contre l'incendie », sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Giffard est attribuée à M. Henri DAGALLIER, pour son œuvre comme animateur, et ses brillantes réalisations techniques aux Etablissements NEYRPIIC, en particulier dans les domaines des turbines, des vannes métalliques de l'expérimentation physique et des calculatrices électroniques, sur rapport de M. Chapouthier, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Toussaint est attribuée à M. Jean BERTIN, pour ses nombreuses réalisations et en particulier son aéroglisseur, sur rapport de M. l'Inspecteur Général Beau, au nom du Comité des Arts Economiques.

Le Prix Melsens est attribué à M. Jean UEBERSFELD, pour l'ensemble de son œuvre de physicien, sur rapport de M. Decaux, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Prix Galitzine est attribué à M. Pierre HAYMANN, pour ses travaux divers, notamment sur le Mécanisme de l'action des faisceaux d'ions sur la matière et particulièrement sur les métaux, sur rapport de M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Médaille Bourdon est attribuée à M. André HUOT, pour ses travaux au sein de la Maison Desgrange et Huot, dans le domaine de la mécanique aéronautique des appareils de précision, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Médaille Gaumont est attribuée à M. André GIRARD, pour ses réalisations d'appareils au service des techniques de l'infra-rouge, sur rapport de M. Arnulf, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Prix Elphège Baude est attribué à M. Nicolas ESQUILLAN, pour les grands ouvrages étudiés et réalisés par les Entreprises Boussiron sous sa direction, sur rapport de M. Fougerolle, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

III. — Médailles d'Or

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Jacques YVON, pour l'ensemble de sa carrière, sur rapport de M. Léauté, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Henri VOLKRINGER qui, après ses travaux originaux dans les domaines de la spectroscopie, a pris en charge le très important service des Inventions et de la Recherche Appliquée au C.N.R.S., sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Jean-Pierre WOLFF, notamment pour ses travaux sur le Contrôle des Corps Gras (techniques spectrophotométrique et chromatographique), sur rapport de M. Champetier, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Henri LION, pour ses Activités Sociales, et notamment son rôle essentiel dans la création du régime de Retraite des Cadres, sur rapport de M. Wolff, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Paul BONNET, « Reliure d'Art », sur rapport de M. Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

IV. — Médailles de Vermeil

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M^{me} MORIN, née DEVAUX, spécialiste de la réalisation des pièces optiques indispensables aux travaux de recherches physiques, sur rapport de M. Lucas, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Claude SELLA, pour ses travaux en Microscopie et Diffraction électroniques, sur rapport de M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Claude DEFROMONT, pour ses travaux comme Chef de l'Atelier Expérimental de l'Institut des Corps Gras, sur rapport de M. Champetier, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Serge MOUILLE, pour ses réalisations artistiques dans le domaine du luminaire, sur rapport de M. Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Une médaille de Vermeil est attribuée à M. Jacques GOUDEMAN, « Esthétique Industrielle », pour ses travaux d'Esthétique Industrielle, sur rapport de M. Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

V. — Médailles d'Argent

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Raymond SAVALLE, ancien collaborateur des Etablissements Esnault-Pelterie, pionnier de l'aviation, puis de l'aéronautique, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Barré, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Jean MARTIN, qui, après une longue carrière dans l'Industrie automobile et aéronautique, s'est spécialisé principalement dans le domaine de l'ultra-violet lointain, sur rapport de M. Vodar, du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Vladimir GAVREAU, auteur de nombreuses inventions (tels que sirène hydropneumatique, moteurs ultrasons, appareils de mesures de fréquences), sur rapport de M. Canac, au nom du Comité des Arts Physiques.

VI. — Médailles de Bronze

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Robert LEVAVASSEUR, auteur d'appareils d'émission de sons et d'ultra-sons, sur rapport de M. Canac, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Gilbert CORSAIN, pour ses travaux d'acoustique, sur rapport de M. Canac, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Daniel QUENONNE, pour ses travaux à l'atelier de Mécanique au Laboratoire de Recherches Physiques de la Sorbonne, sur rapport de M. Lucas, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Ramon GOMEZ, pour son rôle comme électro-mécanicien au Laboratoire Optique de l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie, sur rapport de M. Lucas, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Lucien CHUIT, pour son rôle dans la conception et la mise au point des différents prototypes d'appareils nécessaires au Laboratoire de Bellevue, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de bronze est attribuée à M. KORCHIA, pour les qualités de praticien émérite dont il a fait preuve au service des Constructions et Armes Navales d'Algérie, sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

VII. — Prix et médailles décernés au titre social

Prix Fourcade

Le Prix Fourcade est décerné à M. Hervé MARTIN, qui totalise quarante-neuf ans de service aux Etablissements Kuhlmann.

Médaille des ouvriers et contremaîtres

Ancienneté

MM. AMBLARD (Ets J.J. Carnaud et Forges de Basse-Indre); BLANC, Aoustin (Chantiers de l'Atlantique); FERRIER (Ciments Lafarge); FERRIÈRE (Sté E.V.R.); PANIGOT, DUFLLOT, DUHAMEL (Ets Kuhlmann); ADAM, LEJEUNE (S.N.C.F.); HERVÉ (Ets Desmarais Frères).

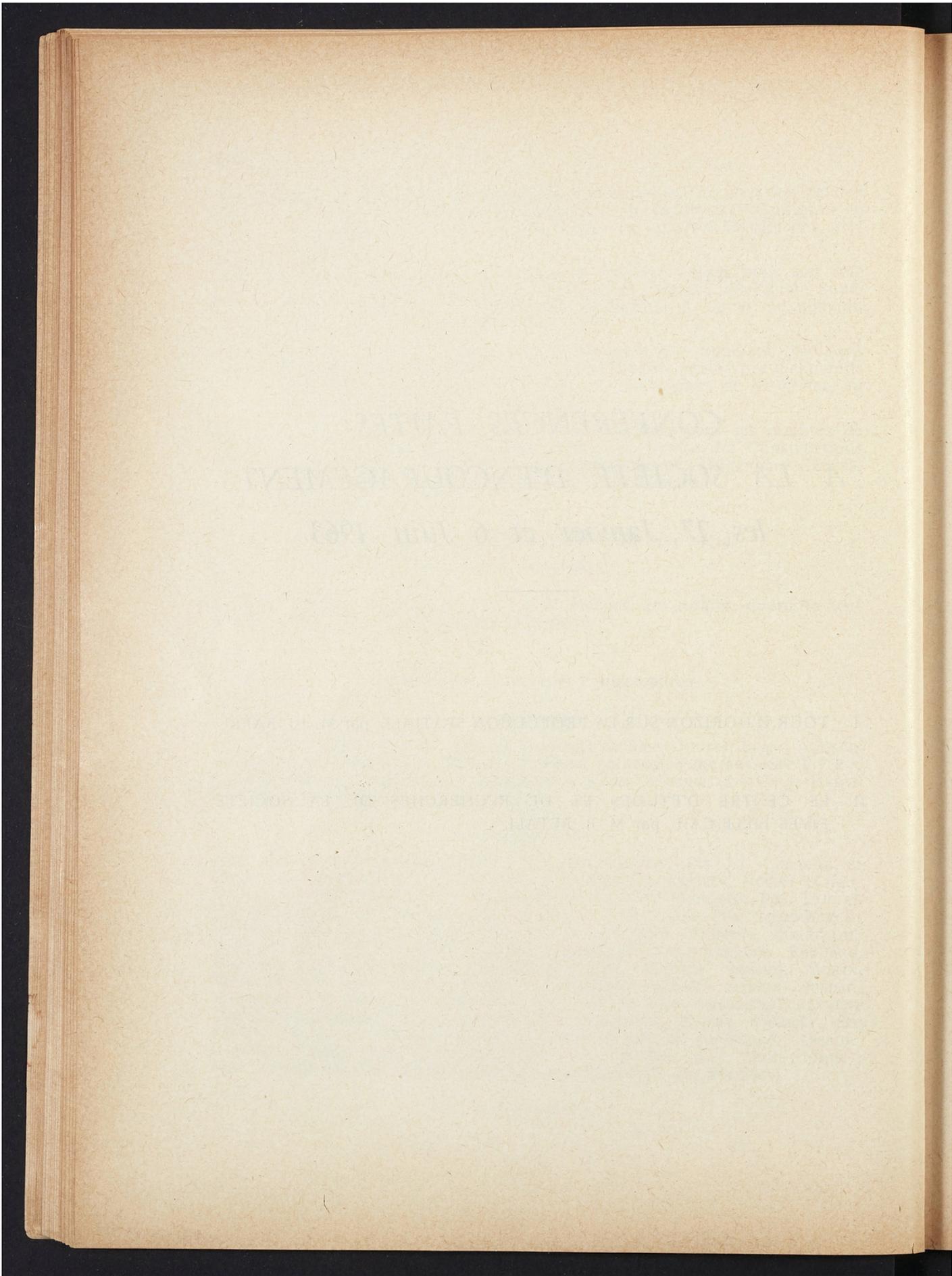
Titres mixtes

MM. TINLOT, SCLAFFER, FÉNÉON, PIZARRO, LANDAIS (Ets J.J. Carnaud et Forges de Basse-Indre); FIECHTER, MOULET, GUENEZAN, LETILLY, NOURY (Chantiers de l'Atlantique); TEYSSIER (Forges et Aciéries de Meudon); BOS, DUPIRE (Ets Kuhlmann); M^{me} DUBRULLE (Sté La Loïse); MM. LIZANA (Sté Nobel-Bozel); JOHNSON, ABRAMOF, PINÇON (Ets Panhard et Levassor); FLAMENT, BOURGEOIS, MATHIAN (Cie Pechiney-Saint-Gobain); DESGRANDCHAMPS, BARBIER, EDOUARD, ASSEMAN, DUCLOYER, DAMIANI, POMMIER, PAULET, GUÉRIN, RENARD, MORIN, ROUALDÈS (S.N.C.F.); THOMAS, CHERBLANC (Sté Etoile Sociale); GARCIN, GOEDAR, ANDERMAN (Sté Nouvelle de Roulements); CANTOS (Sté Vallourec); FLAMENT (Sté Esso-Standard); PARINAUD (Mobil-Oil Française); BIGARE, VANOEST (Sté Purfina Française); MÉNARD, GOUIRAN (Cie Française de Raffinage); LESEUR, CANCARZ, MORES (Cie de Shell-Berre); M^{me} LAMBERT (Cie Shell-Chimie); MM. PONTONNIER (Cie Total); GAZEL (Union Industrielle des Pétroles).

CONFÉRENCES FAITES
A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
les 17 Janvier et 6 Juin 1963

I - TOUR D'HORIZON SUR LA PROPULSION SPATIALE, par M. J.J. BARRÉ.

II - LE CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES DE LA SOCIÉTÉ
FIVES LILLE-CAIL, par M. R. RETALI.



Tour d'Horizon
sur la propulsion spatiale ⁽¹⁾

par M. JEAN-JACQUES BARRÉ,
Ingénieur Militaire Général des Fabrications d'Armement
(Cadre de réserve).

INTRODUCTION

Le 18 octobre 1956, le Professeur H. MOUREU prononçait ici même une conférence magistrale sur les « Problèmes d'actualité dans le Domaine des Fusées ».

Tout ce qu'a exposé l'éminent conférencier est toujours valable, ce qui va nous permettre d'alléger considérablement notre propos sur l'Autopropulsion propélogique. Cette dernière sera donc limitée à quelques brefs rappels et à une rapide mise à jour des progrès réalisés au cours de ces six dernières années.

Dès octobre 1957 une fusée russe lançait déjà le premier « Sputnik » sur une orbite circumterrestre avec le succès sensationnel que l'on sait. Ceci se passait quelques jours avant la mort de R. ESNAULT-PELTERIE, mon Maître ès-Astronautique, qui avait précisément assisté à la conférence du Professeur MOUREU. Avant de mourir, il a pu avoir l'amère satisfaction d'apprendre la réalisation du rêve de sa vie et la consécration de ses formules prophétiques.

L'AUTOPROPULSION

Principe

Commençons donc par quelques rappels rapides sur l'autopropulsion en général et donnons-en tout d'abord la définition.

Absolument indépendante du milieu ambiant, la poussée qui assure la propulsion d'un Astronef prend appui sur une partie

(1) Conférence faite le 17 janvier 1963 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

de la propre masse de ce dernier, partie sacrifiée progressivement et rejetée du bord à grande vitesse dans la direction opposée à la poussée recherchée.

Un engin autopropulsé doit donc contenir au départ *une réserve de masse éjectable* et la *réserve d'énergie correspondante* pour en assurer l'éjection à la plus grande vitesse possible.

L'habitude a été prise de désigner ce processus par le terme « propulsion par réaction ». Cette appellation est regrettable car tous les propulseurs méritent ce vocable depuis les pieds et les sabots jusqu'à l'hélice en passant par la rame et la roue; c'est en effet la réaction de l'action qu'ils exercent sur le sol, le fluide, la route ou le rail qui assure la propulsion de l'être ou de l'engin. Il n'y a guère que les aérostats, les bateaux à voile, les remorques et les funiculaires qui soient actionnés par l'action directe de l'effort développé. Bien mieux, la fusée elle-même fait exception puisqu'elle est propulsée directement par la pression que les gaz exercent sur sa paroi, le jet d'échappement n'étant dû en définitive qu'au rebondissement des molécules gazeuses sur les parois internes de l'engin : la poussée est due à ce que la force F de la figure 1 n'est pas équilibrée par une force égale du fait du trou ménagé dans la paroi en regard.



FIG. 1. — Principe de l'autopropulsion.

En définitive et *grosso modo*, c'est précisément le manque de réaction à l'orifice d'échappement qui crée la poussée.

Rappel des formules fondamentales (fig. 2).

$$M \cdot dV = -W \cdot dM$$

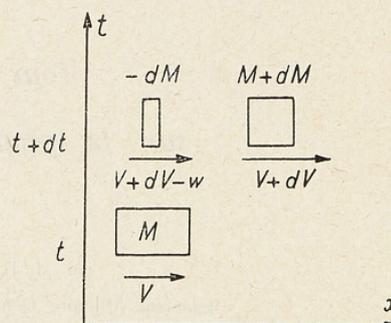


FIG. 2. — Etablissement de la formule fondamentale.

- M étant la masse actuelle de l'Astronef;
- $dM (< 0)$, étant la variation de M pendant le temps dt ;
- V étant la vitesse actuelle de l'Astronef dans le système de référence adopté;
- dV étant la variation de V pendant dt ; le théorème des quantités de mouvement et des impulsions donne la relation :

$$M \cdot dV = -w \cdot dM \quad (1)$$

Désignant par N le rapport $\frac{M_0}{M_1}$ de

la masse initiale à la masse finale, il vient, en intégrant (1),

$$DV = w \cdot \log_e N. \quad (2)$$

Divisant par dt les 2 membres de (1), on écrit la nouvelle relation :

$$M \cdot \gamma = F = \mu w, \quad (3)$$

γ étant l'accélération de l'engin, F la poussée et μ le débit-masse.

DV est appelée « vitesse caractéristique » ou « impulsion unitaire » qu'il ne faut pas confondre avec « l'impulsion spécifique » des Américains qui est le quotient de la poussée par le débit-poids et qui s'exprime en secondes :

$$i_s = \frac{F}{9,81\mu} = \frac{w}{9,81}$$

Par ailleurs, la conservation de l'énergie donne :

$$\rho P = \frac{1}{2} \mu w^2 = P_j$$

ρ Rendement de l'éjecteur, P puissance dépensée à bord, P_j puissance du jet, ce qui s'écrit

$$\rho P = \frac{1}{2} F.w. \quad (5)$$

C'est la formule fondamentale de la Propulsion non propergolique. A noter que si $w \rightarrow C$ ($C =$ vitesse de la lumière)

$$\rho P \rightarrow F.C \text{ (et non vers } \frac{1}{2} F.C)$$

Classification des différents modes d'autopropulsion :

Ces modalités de l'autopropulsion peuvent se ranger en trois catégories, à savoir :

- autopropulsion à masse éjectable active (ou « propergolique »)
- autopropulsion à masse éjectable inerte (ou « non propergolique »)
- autopropulsion mixte procédant des deux catégories ci-dessus. (Nous ne parlerons pas aujourd'hui de cette dernière).

La première catégorie se limite pratiquement à l'autopropulsion propergolique classique, la masse éjectable étant constituée par un « propergol », c'est-à-dire un mélange autocombustible susceptible de se transformer en gaz porté à haute pression et à une très haute température, gaz qui s'accélère par détente

dans une tuyère convenablement profilée. L'on peut dire que ce dispositif procède par « self éjection ». C'est la fusée proprement dite.

Les débits de masse et d'énergie sont rigoureusement proportionnels de sorte que, pour obtenir le maximum d'impulsion d'une masse éjectable donnée, il convient de fonctionner en permanence à la vitesse d'éjection maximale que peut développer le « propergol » considéré, sous la pression maximale que peut supporter le propulseur.

La deuxième catégorie nécessite, en sus de la réserve de masse éjectable, une source d'énergie pour activer cette masse initialement inerte.

Une analogie mécanique commode permet de comparer cette catégorie à la précédente en assimilant la matière active à une multitude de ressorts à boudin, bandés comme des « diables dans une boîte », et qu'il suffit de libérer successivement pour développer la poussée. La matière inerte pourrait alors être assimilée à ces mêmes ressorts, mais détendus, de sorte qu'avant de les éjecter, il faut les bander par les moyens du bord.

Dans la suite, cette matière éjectable inerte sera dénommée « propulsif ».

Par rapport au précédent, ce processus présente les avantages suivants :

— 1° du point de vue « Astronautique », possibilités de ravitaillement pour le retour considérablement accrues, les chances de trouver un propulsif inerte sur un astre inconnu étant bien plus grandes que celles d'y trouver un combustible et un carburant;

— 2° du point de vue « impulsion unitaire », relèvement considérable de la limite supérieure des vitesses d'éjection, une très grande énergie pouvant être concentrée sur une masse donnée alors que, dans un propergol, le rapport de l'énergie à la masse est strictement déterminé.

En contre-partie et du fait des conversions d'énergie, le poids-mort du propulseur est bien plus élevé; il est de l'ordre

du kg/kW alors que dans un V_2 il s'abaissait à quelques 3 g/kW. Il convient toutefois d'excepter les propulseurs fissiothermiques dont les puissances massiques sont du même ordre que celles des fusées à propergols.

Il en résulte que cette deuxième catégorie convient aux propulseurs de croisière, de faible poussée, et de longue durée de fonctionnement, les propulseurs de la première catégorie étant réservés au décollage, pour forcer la barrière de potentiel du champ gravifique en développant de fortes poussées, mais pendant quelques minutes seulement en raison de leur débit-masse très élevé.

Contrairement à la première catégorie, l'autopropulsion à masse éjectable inerte englobe un très grand nombre de variantes concevables (sinon éprouvées).

Cette catégorie peut en effet se subdiviser, d'une part d'après les techniques mises en œuvre pour l'éjection :

- détente thermodynamiques,
- accélération électrique,
- émission de particules ou de photons,

et, d'autre part, d'après la nature de la source ergogène, source qui peut d'ailleurs se trouver soit à bord, soit à l'extérieur de l'engin.

Commencant par les sources de bord, l'on peut éliminer *a priori* les sources de très faibles puissances massiques : accumulateurs mécaniques statiques (ressorts) ou cinétique (volants), accumulateurs pneumatiques et accumulateurs électriques.

Seront exclus également les sources non

encore réalisées : fusion nucléaire et antiparticules.

- Restent les sources de bord ci-après :
- réactions chimiques exothermiques;
 - piles à combustion froide;
 - réactions de fission;
 - radioactivité artificielle.

Les deux premières relèvent de l'autopropulsion mixte qui ne sera pas abordée ce soir; nous ne retiendrons donc ici que les deux dernières sources.

Quant aux sources d'énergie externes, nous n'envisagerons que les deux suivantes :

- transmission électromagnétique de l'énergie;
- rayonnement solaire.

Comme on le voit, les combinaisons possibles entre sources d'énergie et modes d'éjection permettent d'imaginer un nombre considérable de types possibles d'autopropulseurs.

Dans la suite de l'exposé d'aujourd'hui, nous nous limiterons aux types de propulseurs non propergoliques suivants :

- fissiothermiques
- radiothermiques
- héliothermiques
- plasmathermiques
- électrostatiques
- Magnéto - plasma - dynamiques (M.P.D.).

Mais auparavant, il convient de dire quelques mots sur les progrès réalisés en autopropulsion propergolique depuis la Conférence du Professeur MOUREU.

AUTOPROPULSION PROPERGOLIQUE

Les progrès réalisés en autopropulsion propergolique depuis la Conférence du Professeur MOUREU, si spectaculaires qu'ils soient, sont surtout d'ordre technologique : évolution, mais non révolution comme on va le constater :

- tout d'abord accroissement considérable des poussées unitaires (Saturne : 680 tonnes en 8 propulseurs);
- accroissement du choix des propergols, mais pas de progrès sensationnels dans leurs performances.

Par contre : revalorisation de l'hydrogène qui avait été très décrié du fait de sa trop grande légèreté, 0,07. Une formule de cotation trop particulière nous avait de plus abusé. Cette revalorisation de l'hydrogène s'est d'ailleurs considérablement renforcée depuis l'apparition de réservoirs extra-minces, si minces qu'il faut les « gonfler » pendant les transports et manipulations; cette amélioration a abaissé considérablement l'indice constructif.

Quant aux difficultés de conservation, elles provenaient de la présence dans l'hydrogène liquide d'une phase « ortho-hydrogène » à spins parallèles; cette phase se transforme spontanément en « para-hydrogène » à spins antiparallèles, avec un important dégagement de chaleur (170 kcal/kg, alors que la chaleur latente de vaporisation est de 107 kcal/kg). Le meilleur calorifuge ne pouvait rien contre ce dégagement de chaleur interne. Mais les Laboratoires du National Bureau of Standards ont mis au point un catalyseur qui permet de fabriquer du « para-hydrogène » pur. Il devient alors facile de calorifuger efficacement les réservoirs; dans un article paru le 6 juillet 1959 dans *Missiles and Rockets*, il est signalé que LINDE a mis au point un calorifuge, le Si-4, qui serait 25 fois plus efficace que le vide; sa densité serait de l'ordre de 130 kg/m³. La perte annuelle d'hydrogène par évaporation n'excéderait pas 2 à 3 %. De ce côté, il n'y a donc plus de problème.

Restent les risques de formation de « gaz tonnant », risques dus à la nécessité d'évacuer à l'extérieur l'hydrogène vaporisé dans la citerne, puis dans les réservoirs pendant leur remplissage et l'entretien du plein jusqu'au départ.

Dans une citerne bien calorifugée, le dégagement d'hydrogène serait sans doute assez réduit pour qu'on puisse le brûler dans un brûleur catalytique pratique et peu encombrant.

Mais un tel brûleur ne pourrait « étaler » l'abondante vaporisation qui se produit dans les réservoirs de l'engin avant le départ; il faudrait alors canaliser ces vapeurs vers une « torchère » analogue à celle des raffineries de produits pétroliers, une certaine quantité de carbure d'hydrogène étant injectée dans le brûleur pour rendre la flamme visible.

Ce dernier inconvénient de l'hydrogène peut donc être également pallié. Les progrès les plus importants concernent les propulseurs à poudre : blocs réalisés par moulage avec âme, en étoile (fig. 3), assurant une surface d'émission quasi-constante avec, de plus, l'avantage de contribuer à la résistance des parois de la chambre à poudre et surtout d'assurer leur calorifugeage jusqu'à la fin de combustion.



FIG. 3. — Bloc de poudre en étoile.

Ils peuvent ainsi réaliser des rapports de masse considérables (15 et davantage), mais leur impulsion spécifique (vitesse d'éjection) reste inférieure à celle des meilleurs propergols liquides (1).

Enfin l'on a vu apparaître récemment des tuyères à corps central (fig. 4), plus

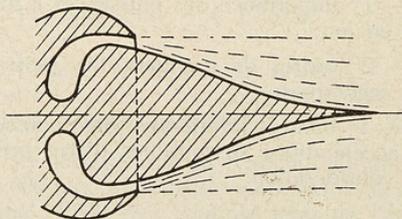


FIG. 4. — « Plug Nozzle »
(Tuyère-Quenouille)

(1) Les « radicaux - libres » n'ont pas encore confirmé leurs promesses mais l'apparition de nouveaux supra-conducteurs à seuil magnétique élevé doit permettre l'obtention de champs assez intenses pour orienter ces radicaux et assurer ainsi leur conservation sans risque de recombinaison prématurée.

compactes et plus légères que les Venturi classiques, ce qui favorise la gouverne par orientation de la tuyère; ces tuyères sont en outre auto-adaptables à la pression ambiante, la poussée développée étant toujours maximale.

En fait, les progrès les plus marquants de l'Astronautique ne concernent pas la propulsion mais bien plutôt l'électronique : guidage précis, télémètres, télévision, etc. et, aussi l'aérothermie qui a permis de récupérer astronefs et astronautes.

IV. — DEUXIÈME CATÉGORIE AUTOPROPULSION A PROPULSIF

Cette catégorie d'autopropulsion permet théoriquement de réaliser des vitesses d'éjection considérables, pouvant même atteindre la vitesse de la lumière (éjection photonique), et ne nécessite, par conséquent, que des rapports de masse remarquablement petits.

Cette possibilité est cependant sévèrement limitée par la faible puissance massique des sources, et, surtout, des convertisseurs d'énergie, la vitesse d'éjection devant alors être réduite pour permettre de maintenir la poussée à une valeur suffisante, ceci sous peine d'éterniser les durées de trajet. De telles réductions de vitesse d'éjection peuvent être également imposées par les conditions d'optimisation de telle ou telle caractéristique de la mission impartie à l'astronef considéré.

Nous sommes ainsi conduits à examiner les trois points suivants :

- 1° importance des puissances à mettre en jeu;
- 2° ordres de grandeur des puissances massiques;
- 3° limites inférieures des poussées et accélérations susceptibles d'être prises en considération.

1°) Importance des puissances à mettre en jeu.

Elle découle de la formule rappelée tout à l'heure :

$$P_j = \varrho P = \frac{1}{2} \cdot F \cdot w$$

ce qui correspond à une puissance de jet égale à 5 kw par décanewton (soit, environ, 1 kg-poids) de poussée et par km/s de vitesse d'éjection.

Pour une poussée de 1.000 daN (soit 1 tonne) et 10 km/s de w la puissance à mettre en jeu est alors égale à 50.000 kw.

Ceci condamne à peu près la propulsion photonique, car pour une poussée de 1 da N avec une vitesse de $3 \cdot 10^8$ km/s il faudrait mettre en jeu $1,5 \cdot 10^6$ kw, soit 1.500 Mw.

ϱ ne pouvant être égal à l'unité, il serait bien difficile d'évacuer les calories perdues.

2°) Ordre de grandeur des puissances massiques.

Définissons d'abord la « puissance massique »: c'est le rapport de la puissance du propulseur à la masse M_p , M_p désignant la masse totale du propulseur et de la source, P étant la puissance de cette dernière, ϱ désignant le rendement global du propulseur, la puissance massique peut s'écrire :

$$\frac{P_j}{M_p} = \varrho \cdot \frac{P}{M_p} = \frac{1}{2} \cdot \frac{F \cdot w}{M_p} \quad (5)$$

Comme on sait, les autopropulseurs propergoliques ont des puissances massiques considérables, ce qui justifie pleinement la clairvoyance d'ESNAULT-PELTERIE intitulant sa conférence de 1912 : « Sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs ».

C'est ainsi que dans le V_2 , pour un poids à sec approximatif de 900 kilogrammes, le propulseur, c'est-à-dire l'ensemble de la tuyère et des turbo-pompes développait 250.000 kilowatts, soit donc une puissance massique de l'ordre de 380 kW/kg. Les engins modernes, plus évolués, accusent des puissances massiques notablement plus grandes.

Par contre, les autopropulseurs à propulsif inerte présentent, en général, des devis-masse bien plus défavorables. En effet, pour la plupart, il faut convertir, puis transférer au propulsif, l'énergie provenant de la source ergogène. Or, la conversion de l'énergie thermique en énergie électrique, ou de l'énergie électrique en une autre énergie électrique de caractéristiques différentes (continue, alternative, de haut ou bas voltage, de haute ou basse fréquence), nécessite des appareillages très lourds, atteignant bien difficilement le kW/kg.

Toutefois, pour les autopropulseurs à éjection thermique, l'appareillage peut se réduire à un échangeur assurant le transfert de la chaleur au propulsif. Un tel échangeur peut transférer une dizaine de kilowatts par kilogramme et même davantage.

Et même si la source ergogène est un réacteur nucléaire, l'échangeur peut s'y trouver intégré et n'ajoute pratiquement rien au poids du réacteur qui, lui, peut développer 1 ou 2 MW par kilogramme. Du point de vue de la puissance massique, l'autopropulseur fissio-thermique est donc compétitif avec les autopropulseurs propergoliques.

Les piles électrochimiques à gaz sont, à l'heure actuelle, nettement moins favorables, leur puissance massique étant de l'ordre de 5 kW/kg.

Par contre, les radio-éléments peuvent développer des puissances massiques très élevées, mais les puissances elle-mêmes restent faibles.

Quant aux propulseurs solaires, leurs puissances massiques restent de l'ordre du kW/kg.

3°) Limites inférieures des poussées et accélérations susceptibles d'être prises en considération.

L'on se limitera aux missions suivantes :

- voyage terre-lune et retour (avec ou sans accostage);
- traversée interplanétaire.

Partant toujours de la formule fondamentale :

$$P_j = \frac{1}{2} M \gamma \cdot w$$

$$\text{il vient : } \gamma = 2 \frac{P_j}{M \cdot w}$$

Or, en propulsion électrique à grande vitesse d'éjection

$$\frac{P}{M_p} \leq 10^3 \text{ W/kg;}$$

donc $\frac{P}{M} \leq 10^3 \text{ W/kg}$ soit 500 W/kg, au mieux.

Pour une vitesse w de 50 km/s, il vient :

$$\gamma \leq 10^3 / 5 \cdot 10^4 = \frac{2}{50} \text{ ou } 4 \text{ cm/s}^2$$

Pratiquement : $\gamma \leq 1 \text{ cm/s}^2$

Voyage terre-lune et retour. — Pour cette mission, le propulseur de croisière pourrait avoir deux rôles à jouer :

a) passage de la vitesse orbitale de 8.000 m/s à la vitesse parabolique de quelque 11.000 m/s (compte tenu de l'attraction lunaire);

b) réduction de la durée du parcours.

Une accélération de 1 cm^2/s accroîtrait la vitesse de l'astronef de 864 m/s en 24 heures; il faudrait donc près de 3,5 jours pour passer de l'orbite circulaire à l'orbite de transfert.

Pour un voyage circumlunaire, sans accostage, voyage qui demanderait 5 à 6 jours, l'installation d'un propulseur de croisière pour ce changement d'orbite ne serait pas justifiée.

Quant à la réduction de la durée du trajet, cette installation ne serait guère plus justifiée : en effet, la vitesse moyenne d'un astronef mû par propergols avoisinerait 1.400 m/s pour un aller et retour de 6 jours; l'accélération supplémentaire de $1 \text{ cm}^2/\text{s}$ réduirait la durée du périple à 4,5 jours, ce qui ne présenterait pas un très grand intérêt.

Par contre, pour un voyage aller et retour avec accostage sur la lune, la solution propergolique arrive à la limite de ses possibilités et il serait intéressant cette fois de sacrifier 3,5 jours pour passer de l'orbite de transfert à la vitesse d'accostage sur la lune, l'économie de propulsif étant plus importante.

Supposons par exemple que la puissance massique du propulseur de croisière soit de 1.000 W/kg et que ce propulseur, générateur compris, pèse le quart de la masse à vide M_1 de l'étage considéré, supposons encore qu'après mise sur orbite circulaire le rapport de masse résiduel de cet étage soit encore égal à 2, au début de la propulsion électrique, la masse de l'étage serait donc égale à $2 M_1$.

Il vient alors, en unités internationales :

$$P = 10^3 \cdot \frac{M_1}{4} = \frac{1}{2} 2 M_1 10^{-2} w, \text{ d'où :}$$

$$w = 25.000 \text{ m/s.}$$

Pour passer de 8.000 à 11.000 m/s, le rapport de masse nécessaire serait de 1,13; avec un propulseur propergolique de 3.000 m/s de vitesse d'éjection, il aurait fallu un rapport de masse de 2,7 (nombre e).

De plus, l'engin s'allégeant, il est à noter que l'accélération croîtra si l'on conserve la puissance constante, soit que la vitesse d'éjection croisse, soit que le débit-masse augmente. Il en résulterait donc un gain de temps sur les 3,5 jours prévus mais il serait faible.

Traversée interplanétaire. — Dans ce cas, une accélération dix fois plus faible, donc égale à 10^{-3} m/s^2 , pourrait encore justifier l'installation d'un propulseur de croisière, sinon pour passer de l'orbite circulaire à l'orbite parabolique (ce qui exigerait 35 jours), du moins pour abrégé notablement la durée de parcours qui se chiffre par centaines de millions de kilomètres, soit par centaines de gigamètres.

Ainsi, pour un astre distant de 200 gigamètres (distance comptée le long de la trajectoire de l'astronef), le demi-parcours aller durerait 10^7 secondes, soit environ 4 mois. Avec une accélération de 10^{-3} m/s^2 , la durée de ce demi-parcours serait réduite à $7,3 \cdot 10^6 \text{ s}$, soit à peu près à trois mois.

Cette très faible accélération permettrait donc de gagner 4 mois sur 16 pour l'aller et retour, ce qui justifierait pleinement la présence à bord d'un propulseur de croisière.

Les traversées interstellaires n'étant pas à envisager pour un proche avenir, il semble que cette accélération de 1 mm/s^2 constitue le minimum minimorum en deçà duquel il serait déraisonnable de recourir à un propulseur de croisière.

Ces généralités sur l'Autopropulsion non propergolique étant terminées, l'on va passer maintenant en revue les quelques propulseurs-types que nous avons désignés précédemment.

PROPULSEURS THERMIQUES,
NON PROPERGOLIQUES

Ces propulseurs peuvent surclasser les propulseurs propergoliques, mais ne peuvent guère engendrer de vitesses d'éjection supérieures à 10 km/s (impulsion spécifique de l'ordre de 1.000 s).

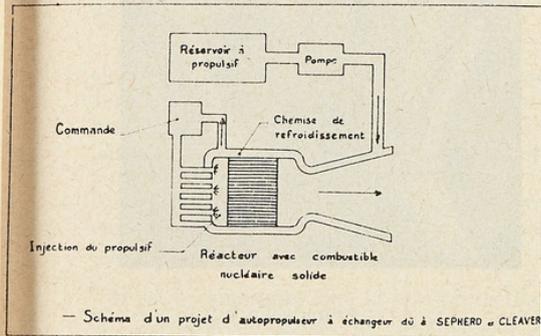


FIG. 5

a) Propulseurs fissio-thermiques (fig. 5).

Ce premier schéma, déjà projeté à la conférence de 1956, est dû à MM. CLEAVER et SHEPHERD. Il se comprend de lui-même : dans un réacteur nucléaire se trouve un échangeur de température où le propulsif s'échauffe sous pression et se détend dans une tuyère (convergente-divergente ou à corps central).

Les problèmes de base concernent :

- le réacteur nucléaire;
- le propulsif;
- le transfert de chaleur;
- le type de détente thermodynamique;
- la protection biologique de l'équipage.

Réacteur nucléaire : fonctionnement à température aussi élevée que possible en vertu de la formule classique :

$$W^2 = \frac{2 \gamma}{\sigma} \cdot \frac{R}{\mathcal{M}} (T_i - T_\sigma)$$

Les températures de combustion atteignant 3.000 à 3.500 °K dans les fusées classiques, l'on conçoit que T_i doivent prendre des valeurs de cet ordre, au moins, pour que ce propulseur ne soit pas surclassé d'emblée par les propulseurs supersoniques.

Mais ces derniers n'ont pas le choix quant aux valeurs de \mathcal{M} et de γ . C'est ainsi qu'en prenant l'hydrogène comme propulsif, \mathcal{M} passe de 18 à 2, ce qui, à mêmes températures, multiplie la vitesse d'éjection par 1,7. Mais porter à 3.000 ou 3.500 °K la température du réacteur est inhabituel; le cœur devenant liquide, voire même gazeux; ceci élimine d'ailleurs les détériorations dues aux changements de phases des cœurs solides; par contre le cœur liquide est sensible à « l'assiette » de l'astronef.

Le régime neutronique joue aussi un grand rôle. Le régime rapide (fonctionnement en bombe contrôlée), permet d'atteindre la puissance maximale et, en outre, d'éviter aux neutrons d'être captés par les matériaux de structure et d'éliminer ainsi les traitements coûteux de purification « nucléaire » que nécessitent les neutrons lents.

Mais par contre, le tonnage du matériau fissile est beaucoup plus grand pour les neutrons rapides que pour les neutrons lents, d'où difficultés financières pour investir dans le réacteur un capital fort élevé.

De plus, le contrôle de la marche du réacteur est plus délicat à assurer, la criticité devant se tenir dans la marge étroite qui sépare la criticité « aux neutrons retardés » de la criticité « aux neutrons prompts ».

Choix du propulsif : \mathcal{N} petit et γ voisin de 1.

Transfert de chaleur :

- convection;
- chauffe intégrale, ce qui nécessite d'opacifier le fluide;
- hyperchauffe.

Le transfert de chaleur par convection nécessite une surface d'échange considérable; c'est ce qui a conduit le Professeur HSUE-SHEN-TSIEN au projet de la figure 6 où l'hydrogène doit filtrer à travers les pores de cônes de graphite imprégné d'Uranium. Bien que dépassée de beaucoup par le récent projet ORION, l'échelle du H.S.T. était quelque peu stupéfiante à l'époque (1949).

Diamètre : 3,75 m

Hauteur : 1,90 m

U naturel : 7 t

H₂ liquide : $\left\{ \begin{array}{l} 601 \text{ t} \\ 1.500 \text{ kg/s} \\ 21,4 \text{ m}^3/\text{s} \end{array} \right.$

Masse initiale : 750 t

Masse finale : 149 t

Poussée : 12.500 sthènes ($\sim 1.250 \text{ t}$ poids)

W : 8.350 m/s

DV : 8.145 m/s

$\theta = 358 \text{ s}$

Modes de détente :

- isentropique;
- isotherme ou simplement réchauffée.

Puissance massique.

L'on peut compter sur des puissances massiques de l'ordre du MW/kg.

Protection biologique de l'équipage. — Cette protection doit être d'autant plus efficace que la durée de l'exposition de l'équipage aux radiations doit être plus longue.

Pour une durée de un ou deux mois, l'organisme humain peut s'accommoder, sans dommage immédiat ou retardé de la dose déjà importante de 1 roentgen par jour pendant un ou deux mois.

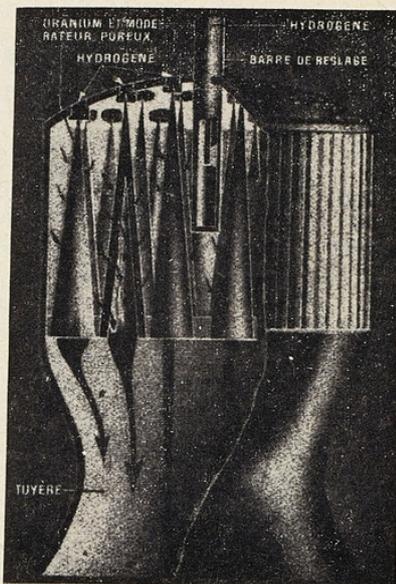


FIG. 6. — Propulseur H.S.T.

Cette protection peut être assurée de plusieurs manières :

- par éloignement de la cabine;
- par blindage du réacteur;
- par blindage de la cabine;
- par une combinaison des solutions ci-dessus.

L'éloignement de la cabine paraît être la solution qui grève le devis-poids au minimum, étant entendu qu'avant le démarrage du réacteur le personnel à terre évacuerait l'aire de départ.

Cette solution par éloignement comporte elle-même plusieurs variantes :

- cabine remorquée à plusieurs centaines de mètres, l'équipage télé-commandant l'astronef remorqueur; les jets de ce dernier devraient diverger suffisamment pour passer assez loin de la cabine;

— cabine poussée par l'astronef à l'aide d'un tube sous pression; la pression nécessaire serait d'ailleurs très faible : pour une cabine de 5 tonnes accélérée à 10 m/s^2 et un tube de poussée de 1 m^2 de section, la pression régnant dans ce dernier serait de l'ordre de 50 pièzes, soit, en gros, $1/2 \text{ atm}$;

— enfin, mais cette solution ne concerne que la propulsion électrique, le S.N.A.P.(1) a proposé de monter le propulseur sur la cabine, cette dernière remorquant le groupe nucléo-électrogène.

Malgré les avantages conférés par l'éloignement, il est à craindre qu'on ne puisse échapper au blindage de cabine, les astronautes n'étant pas seulement menacés par les radiations du réacteur, mais aussi par celles des couches de van Allen et celles, plus inquiétantes encore, qui proviennent des violentes éruptions chromosphériques du soleil.

Il est à remarquer que la non-protection du réacteur obligerait les astronautes à laisser « refroidir » la pile avant de quitter le blindage protecteur de leur cabine.

Comme toujours, c'est l'étude de chaque projet particulier qui conduira au compromis optimal correspondant; mais il faudra toujours se rappeler que les solutions par blindage grèveront la masse utile d'une surcharge de l'ordre de 5 à

10 tonnes, ce qui serait un lourd handicap.

Variante du Professeur MAX-SERRUYS.

— (Fig. 7). Dans cette variante mixte, combustible et comburant sont préchauffés séparément dans le réacteur à la sortie duquel s'effectue la post-combustion du propergol dont la vitesse de sortie est de 20% plus grande que s'il n'y avait pas eu préchauffe. L'avantage de ce dispositif est de ne nécessiter que des réacteurs à température modérée (2.000 à $2.500 \text{ }^\circ\text{K}$ par exemple).

b) *Projet ORION à microbombes.* — Malgré ses outrances, le « projet Orion » patronné par de très grandes firmes américaines, ne saurait être passé sous silence.

Disons de suite que ce projet concerne un astronef de 66.000 tonnes, dont 35.000 tonnes de fret!

Dans une chambre sphérique de 73 mètres de diamètre, l'on compte faire exploser, à cadence régulière, des bombes « A » de faible puissance (tout est relatif !) dont l'onde explosive communique une impulsion à l'astronef tandis que la chaleur dégagée chauffe à très haute température un propulsif qui se transforme d'ailleurs en plasma.

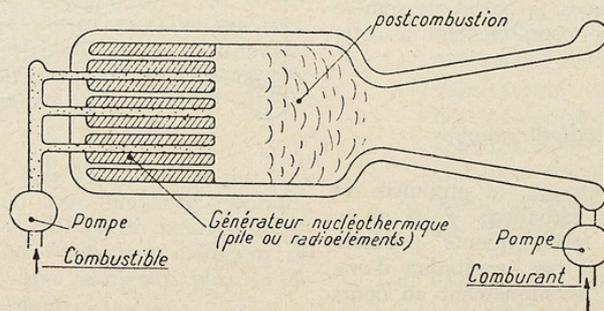


FIG. 7

(1) S.N.A.P. = Space Navigation Auxiliary Power ou, aussi : « System for Nuclear Auxiliary Power ».

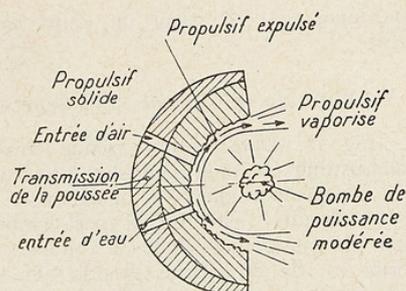


FIG. 8. — A. P. Orion

Au départ, ce propulsif est l'air ambiant, l'appareil fonctionnant comme une sorte de statoréacteur, puis, dans les couches raréfiées, de l'eau et un matelas de propulsif solide qui est expulsé par ablation successive.

Le bilan financier prévu est de 5 milliards de dollars dont 260 millions de dollars pour les bombes propulsives. Le transport de la Terre à la Lune d'une livre de fret reviendrait à 6,7 dollars.

Vis-à-vis de ce bilan, le projet H.S.T. fait pauvre figure - Bien qu'hésitant depuis plusieurs années, la NASA ne semble pas avoir renoncé complètement à cette étude !

c) Propulseurs radiothermiques.

Dans ces propulseurs, le propulsif est chauffé par les radiations α , β ou γ émises par les radioéléments produits dans les piles, soit par irradiation d'une couche-mère, soit spontanément au cours des fissions (cendres radioactives).

Après une irradiation de plusieurs semaines ou de plusieurs mois, le radiergol

n'émet qu'une puissance égale à quelques millièmes du niveau de puissance de la pile, soit théoriquement, quelques millièmes de Kw.

Pratiquement, les difficultés et les dangers de leur mise en œuvre ont limité leur utilisation pratique à quelques watts, comme le S N A P - III par exemple où la chaleur dégagée alimente une batterie de piles thermoélectriques.

Mais il est une source de radiergols très puissants et de longue vie qui commence à être exploitée, à savoir les explosions nucléaires souterraines (Opération U.S.A. GNOME). En automatisant les opérations, les radiergols pourraient être recueillis sans danger et en quelques heures.

La fig. 9 représente un autopropulseur bétathermique à détente « hyperchauffée », c'est-à-dire chauffée par le freinage des particules β dans la veine gazeuse dont la température devient plus grande que celle des parois.

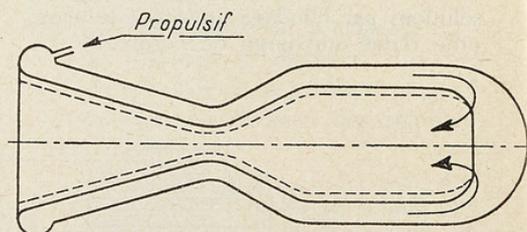


FIG. 9

La fig. 10 représente un autopropulseur gamma-thermique chargé en « tout-venant » de cendres radioactives,

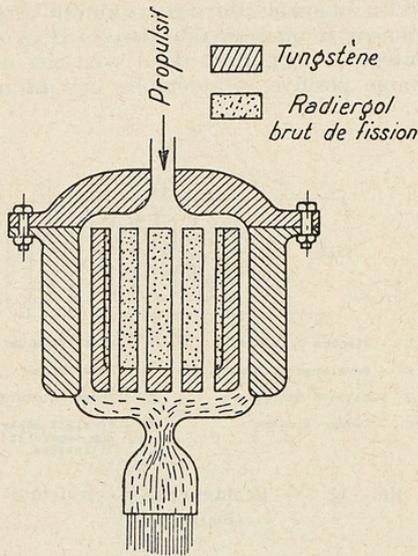


FIG. 10. — A. P. Gammathermique



FIG. 11

d) *Propulseurs héliothermiques.* — Figure 11.

Ces propulseurs, tel le « Sun Flower » U.S. (fig. 11) utilisent un miroir collecteur, la puissance de la radiation solaire étant de $1,4 \text{ Kw/m}^2$ au niveau de la Terre. Ce miroir peut chauffer soit un propulsif (c'est à cette catégorie que se rattache le projet français « PHAËTON » de la S.E.P.R.), soit un fluide de travail pour alimenter un turbogénérateur pour propulsion électrique ou pour alimentation des auxiliaires (à ce type de propulseur se rattachent les MASER et les LASER).

Le propulsif peut être accéléré par voie thermique avec une puissance massique de l'ordre de 1 kW/kg ou par voie électrique, avec un rendement médiocre de la turbine et une beaucoup plus faible puissance massique.

Par rapport au réacteur nucléaire, le collecteur solaire présente, comme il se doit, des avantages et des inconvénients.

Les avantages sont les suivants :

- sécurité biologique assurée sauf à se protéger des couches Van Allen et des flashes solaires;
- sécurité de fonctionnement;
- coût moindre.

Quant aux inconvénients, l'on peut noter :

- encombrement;
- maniement incommode;
- vulnérabilité considérable vis-à-vis des météorites ;
- non fonctionnement à la traversée des zones d'ombres;
- baisse de puissance quand on s'éloigne du soleil.

e) *Propulseurs plasmathermiques.*

Ce propulseur fait la liaison avec les propulseurs électriques; la formation du plasma exige en effet un arc électrique, donc une source électrique à bord.

Chauffé entre 12.000 et 20.000 °K, le propulsif (hydrogène, eau, etc.) se dissocie en hydrogène atomique, oxygène atomique, etc. et est même partiellement ionisé; le plasma reste neutre dans l'ensemble, la charge des électrons compensant celle des ions positifs. (En toute rigueur le « plasma » est un état de la matière totalement dissocié. Il serait plus juste de parler de gaz ionisé et de molécules dissociées).

Les vitesses atteintes dépassent largement les 10.000 m/s. Elles seraient plus grandes encore si la désionisation s'effectuait au cours de la détente, ainsi que la recombinaison qui est lente pour H. Une communication récente signale qu'une trace de méthane (1 %) accélérerait la recombinaison de H en H² au cours de la détente.

f) Propulseurs électriques.

Le problème principal de la propulsion électrique ne réside pas dans l'éjecteur d'ions, de particules électrisées ou de plasma, mais dans la conversion à bord de l'énergie nucléaire en énergie électrique.

Or, actuellement, cette énergie de nature cinétique à l'origine est intégralement transformée en chaleur dans tous les réacteurs nucléaires existants qui ne sont donc que des sources d'énergie thermique qu'il faut transformer ensuite en énergie électrique ou mécanique, à l'aide des convertisseurs convenables. Quand il s'agit en particulier de transformer cette chaleur en énergie électrique, il faut utiliser des convertisseurs très pesants qui grèvent lourdement la puissance massique de la source fissiothermique.

Mais, les fragments des noyaux étant fortement chargés, il n'est pas exclu de voir mettre au point une source électro-gène à fissions qui transformerait directement en énergie électrique la majeure partie de l'énergie cinétique de ces fragments.

Les fragments du noyau primitif abandonnent la quasi-totalité des électrons du cortège et emportent donc avec eux une charge positive considérable. Les disques

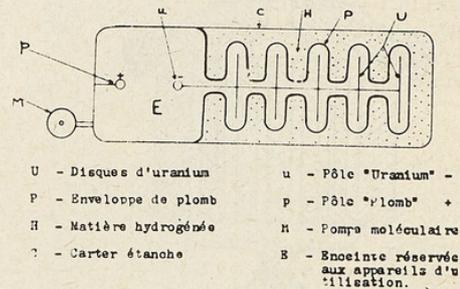


FIG. 12. — Réacteur fissio-électrique (projet)

de U₂₃₅ de quelques microns d'épaisseur laissent s'échapper ces fragments qui sont captés par la cloison de plomb et un fort potentiel s'établit entre disques d'Uranium et cloisons de plomb (1).

Mais, pour éviter les ruptures, il faut écarter les disques U ce qui conduit à des dimensions critiques importantes; il se pose également des problèmes de refroidissement; il n'est cependant pas exclu de voir fonctionner un jour un appareil basé sur un principe analogue.

Les radio-éléments, également, se prêtent eux aussi à la conversion directe, comme le réalisa MOSELEY avant d'être tué aux Dardanelles en 1915 (fig. 13). La figure du haut se rapporte à un élément monocinétique (Po₂₁₀) et celle du bas à un émetteur β de spectre d'énergie continue.

Mais à l'heure actuelle, le groupe turbo-générateur classique est le plus utilisé des convertisseurs thermo-électriques. Un tel groupe pour usage spatial a déjà été réa-

(1) Idée soumise par l'auteur sous toutes réserves.

lisé et expérimenté : c'est le S.N.A.P.-II américain d'une puissance, d'ailleurs très

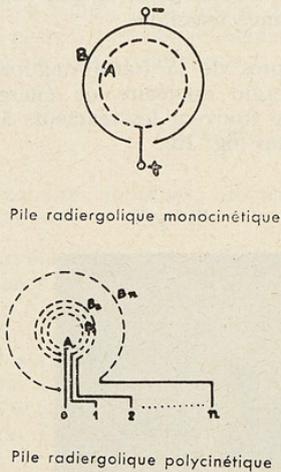


FIG. 13

modeste de 3 kW électriques, la puissance massique n'étant que de 0,008 kW/kg (fig.14).

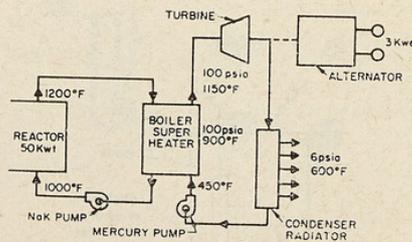


FIG. 14. — SNAP — 2

Ce groupe comporte un échangeur de chaleur, une chaudière, une turbine, un générateur électrodynamique et un radiateur formant condenseur.

Il résulte d'un mémoire très étudié de V.P. KOVACIK et D.P. ROSS que, pour une puissance de 5 kW électrique, la puissance massique atteindrait 0,2 kW/kg et plafonnerait à 0,33 kW/kg pour une puissance supérieure à 1.000 kW.

L'on peut toutefois espérer améliorer cette puissance massique en remplaçant le générateur électrodynamique par un générateur électrostatique à haut potentiel, beaucoup plus léger à puissance égale et susceptible de fonctionner sans effluves dans le vide quasi-absolu qui règne entre les planètes en dehors des couches ionisées et très localisées découvertes par VAN ALLEN aux limites extrêmes de l'atmosphère terrestre et qui doivent exister à proximité de tout astre ayant un champ magnétique.

Mais une autre voie entrouverte tout récemment et dont nous avons parlé au sujet des radicaux libres, permet d'espérer un allègement considérable des génératrices électrodynamiques; en effet, la compagnie américaine bien connue, la "Bel Telephone", vient de mettre au point un alliage niobium-étain supra-conducteur dès 18 °K et dont le champ-seuil dépasserait 200.000 gauss.

Le champ-seuil, rappelons-le, est le champ au-dessus duquel disparaît la supra-conductivité; normalement, il est de l'ordre d'un millier de gauss, ce qui limite les intensités à admettre dans les bobinages et n'avait pas permis, jusqu'ici, d'utiliser industriellement les énormes avantages des supra-conducteurs.

En attendant les développements escomptés de cette découverte, il convient de continuer à explorer les différents processus de conversion.

Après les turbo-générateurs, l'on a également utilisé, pour des fins spéciales, la conversion par couples thermo-électriques dont le rendement peut atteindre 30%. Mais, là aussi, le kW/kg semble encore hors de portée.

Une solution récente qui paraît pleine de promesse est celle du générateur magnéto-plasma-dynamique (M. P. D.). Le fonctionnement se suit sur la figure ci-après (fig. 15) : une chambre de combustion ou un réacteur fissiothermique alimente une tuyère rectangulaire convergente-divergente avec un mélange gazeux porté à haute température et fortement ionisé par la présence de vapeurs alcalines introduites dans ce mélange.

serait donc nécessaire de le faire fonctionner en circuit fermé à travers des récupérateurs de chaleur et des compresseurs qui grèveraient lourdement le devis-poids et le rendement et, par conséquent, la puissance massique.

Plus près de la transformation directe de l'énergie nucléaire en énergie électrique se trouvent les réacteurs à cellules de césium (fig. 16).

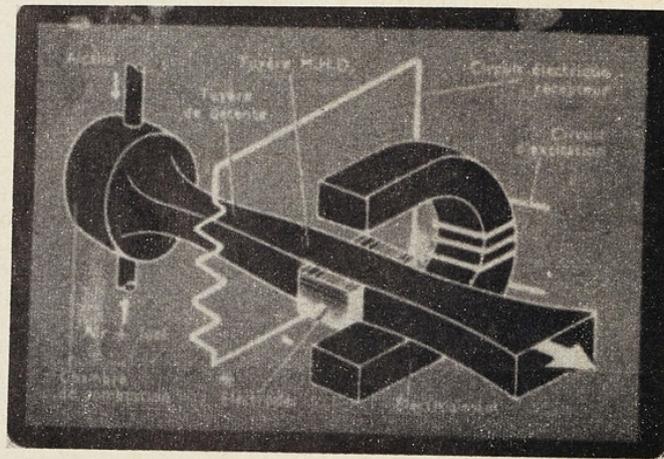
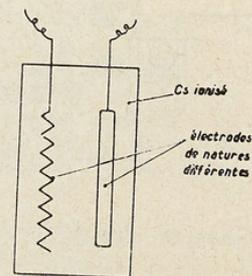


FIG. 15

Sous l'effet d'un champ magnétique N-S transversal, les ions, animés d'une grande vitesse, sont plaqués sur l'une des parois, pour les ions positifs, et sur la paroi opposée, pour les ions négatifs et les électrons.

Les charges de ces ions sont recueillies par des électrodes E isolées des parois. Il suffit alors de brancher ces deux électrodes sur le circuit d'utilisation, une fraction du courant pouvant être dérivée sur l'électro-aimant qui entretient le champ magnétique.

Mais ce dispositif tel quel, fonctionnant en circuit ouvert, entraînerait une consommation massique considérable et il



Cellule de Cesium

FIG. 16

Ces cellules, groupées en batterie, sont réparties dans le « cœur » du réacteur nucléaire. Les électrodes sont de natures différentes et dissymétriques.

Ces cellules, placées dans le cœur d'un réacteur nucléaire, contiennent de la vapeur de césium qui baigne deux électrodes faites de métaux différents.

Sous l'effet de la chaleur et des radiations, le césium se ionise quasi-complètement et assure, sous l'effet de la différence des potentiels de contact, le transfert des charges d'une électrode à l'autre, la cellule fonctionnant comme une pile impolarisable de faible potentiel et de résistance interne négligeable.

ACCÉLÉRATEURS ÉLECTRIQUES

Accélérateurs ioniques (Accélérateurs microstatiques). — Fig. 17.

Ces accélérateurs ont été étudiés en particulier par M. STUHLINGER qui utilise le césium comme propulsif. Ce choix tient au très faible potentiel d'ionisation de ce corps; il suffit de faire passer la vapeur de tungstène à travers une plaque poreuse de l'ordre de 1.200 °K. A noter l'électrode décélératrice anti-retour des électrons.

beaucoup plus lourds que les ions à charge égale; ceci leur permet de dériver sur les lignes de force pour passer à travers les mailles sans heurter les fils.

Accélérateurs électriques de plasma.

— 1° « par rails », dans un champ magnétique constant, normal à la « voie » (Loi de LAPLACE);

— 2° « par champ fauchant » (courants de FOUCAULT).

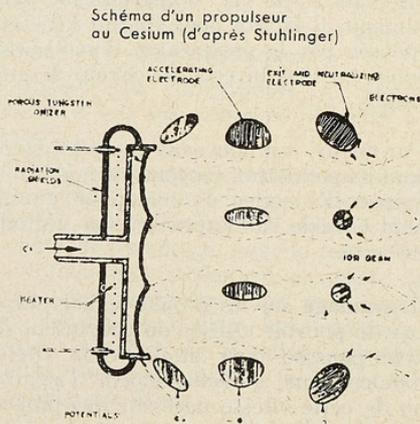


FIG. 17

Par ailleurs, la N A S A a expérimenté un appareil à vapeur de mercure (fig. 18).

Accélérateurs corpusculaires (au macrostatiques).

Même principe que les accélérateurs ioniques, les corpuscules étant toutefois

UTOPIES ET VOIES SANS ISSUE

Avant de conclure, il n'est pas inutile de rappeler que tel le mouvement perpétuel, la Propulsion Spatiale est un terrain rêvé pour les utopies et les voies sans issue, les premières s'opposant irrémédiablement aux lois fondamentales de la Mécanique (telle la boule aimantée de CYRANO), et les secondes achoppant sur les ordres de grandeur (tel le canon de Jules VERNE).

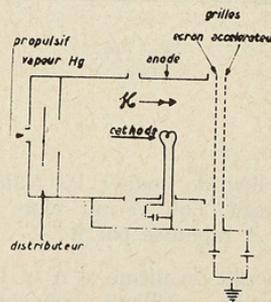


FIG. 18

Mais ces solutions hérétiques sont souvent très spécieuses et aussi séduisantes que fallacieuses; ayant été personnellement échaudé, je crois de mon devoir d'exposer mes propres déboires pour essayer, sans grand espoir ! d'éviter à autrui de tomber dans des pièges analogues. Ceci se passait entre les années 1920 à 1925.

L'on considéra d'abord deux circuits A et B (fig. 19) composés chacun d'une spire branchée sur une batterie et d'un interrupteur; l'on suppose, pour simplifier l'exposé, ces deux circuits distants de 300.000 kilomètres; si l'on ferme l'interrupteur de A au temps zéro, le champ de A ne vient baigner B qu'une seconde plus tard; fermant alors l'interrupteur de B et ouvrant celui de A, B se trouve soumis pendant une seconde à l'action de A (attraction dans le cas de la figure) alors que ce dernier n'est soumis, même à retardement, à aucune action de la part de B, aucun courant ne circulant dans A quand arrive le champ de B.

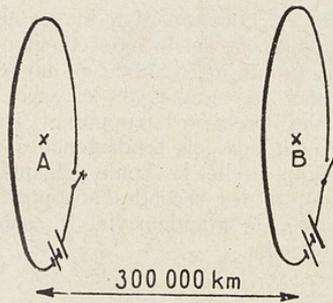


FIG. 19

Si au lieu de couper les courants, on les inversait, l'on verrait alors B attiré par A et A repoussé par B !

Il en serait de même si A et B étaient deux circuits oscillants convenablement déphasés, tels ceux d'une antenne

Mesmy... et l'allure paradoxale s'explique alors : le circuit constitue un émetteur d'énergie anisotrope et la force qui le sollicite n'est autre que la pression de radiation ou, si l'on veut, la réaction de la quantité de mouvement de l'énergie rayonnée dans une direction privilégiée.

En définitive, ce propulseur, comme certains autres, n'était qu'une vulgaire « Fusée à Photons », fusée de très faible rendement, la poussée n'étant que de 0,33 dyne par kW.

Il est bien probable que certains projets actuels de propulseurs électrogravitationnels procèdent d'illusions analogues et nous espérons que le lecteur ainsi mis en garde voudra bien pardonner à l'auteur d'avoir exposé ici des souvenirs par trop personnels.

En tout cas, et quoi qu'il advienne de l'antigravitation et de l'électrogravitation, il semble assuré que le principe de la conservation de la masse-énergie sera maintenu; il faudra donc fournir l'énergie dépensée par la progression d'une masse donnée en sens inverse du champ de gravitation.

Au mieux, ces nouveaux procédés pourraient-ils permettre, moyennant une faible dépense d'énergie, de maintenir un astronéf hors de l'atmosphère à une altitude constante.

L'avantage sur les projets actuels serait alors de pouvoir utiliser un propulseur de faible poussée pour atteindre la vitesse orbitale, alors qu'actuellement l'acquisition de cette vitesse nécessite des propulseurs de très forte poussée et de poids mort élevé.

En somme, le propulseur antigravitationnel fournirait la « portance » de l'astronéf, un autopropulseur usuel, à faible portée, accélérant progressivement la vitesse de l'engin jusqu'à ce que soit établi l'équilibre cinétique, le propulseur antigravitationnel étant alors arrêté jusqu'à sa remise en route pour accoster confortablement l'astre de destination.

CONCLUSIONS ET VUES D'AVENIR

Il est toujours dangereux de jouer au prophète, aussi est-ce sous les plus expresses réserves que nous allons essayer de tirer quelques conclusions.

Venant de poser un point d'interrogation à l'Antigravitation, nous passerons de suite à l'autopropulsion propergolique classique, la seule qui ait fait ses preuves ; il semble qu'elle ait encore un grand avenir devant elle, en particulier pour le décollage.

Ses performances actuelles seront en effet bientôt améliorées par la mise en œuvre de nombreux ergols : hydrogène liquide, fluor, oxygène liquide enrichi d'ozone.

Mais c'est surtout l'espoir de réaliser la stabilisation de certains radicaux libres (par action simultanée du froid et de champs magnétiques convenables), qui permet d'escompter des progrès sensationnels, ces propulseurs surclassant même les propulseurs fissiothermiques.

Quant aux propulseurs à propulsif inerte, il faut les classer en plusieurs catégories :

— les autopropulseurs fissiothermiques, qui seront peut-être un jour concurrencés par les autopropulseurs à radicaux libres, garderont l'avantage, pour le retour, de se ravitailler plus facilement en masse éjectable; ces autopropulseurs sont capables de développer d'assez forte poussée, et même d'assurer le décollage d'astres à faible pesanteur comme la Lune ou les satellites de Mars.

Il en va de même des autopropulseurs magnéto-plasma-dynamiques (M.P.D.).

Pour la croisière à moyenne poussée, les autopropulseurs radiothermiques (gam-

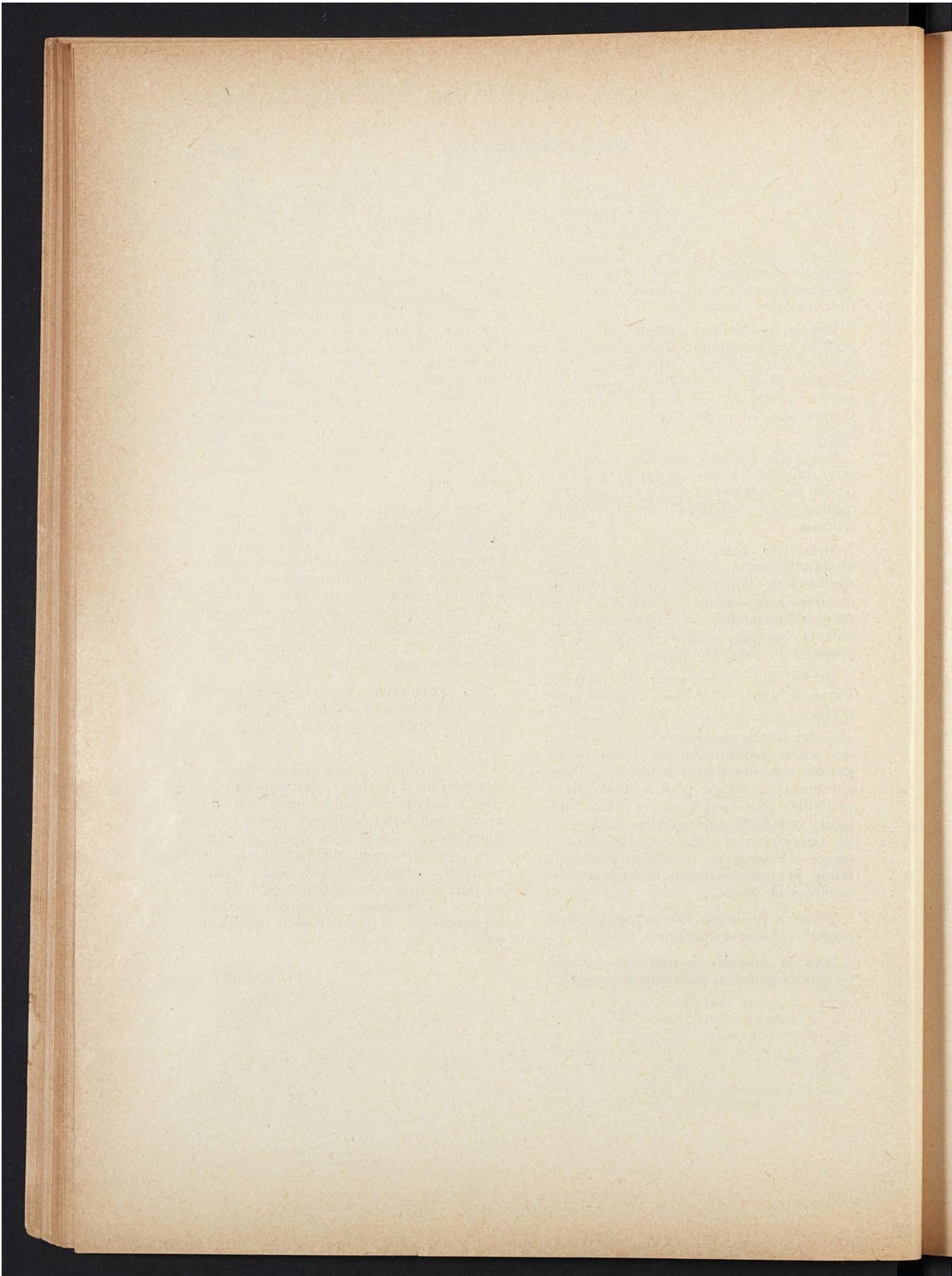
mathériques en particulier), semblent mériter, eux aussi, une étude expérimentale. Ils sont d'ailleurs susceptibles, comme les radicaux libres, de développer un jour des performances remarquables si l'on peut arriver à produire en quantités pondérables des corps tels que l'Amercium, le Curium, le Californium, etc., qui se produisent au cours des explosions nucléaires souterraines; le problème revient à la mise au point d'une technique de sélection et d'extraction « à chaud » de ces corps... ce n'est pas particulièrement aisé !

Pour la croisière à très faible poussée, les autopropulseurs électrostatiques ou M.P.D. voient leur avenir dépendre d'un allègement considérable du générateur électrogène qui, actuellement, grève excessivement le devis-poids de ces installations. Peut-être que la découverte toute récente de la supraconductivité à seuil très élevé permettra de réaliser prochainement cet allègement indispensable.

Ces propulseurs de croisière à faible accélération ne sont d'ailleurs payants que pour les longues traversées interplanétaires.

Bien entendu, ces conjectures peuvent être infiniment discutées; de toutes façons, elles n'ont qu'une faible probabilité de se voir réalisées et la plupart d'entre elles, sinon toutes, seront sans doute controuvées par l'événement, d'autant que le fait nouveau « imprévisible » devient de plus en plus fréquent en ce temps où les progrès se développent en suivant une loi exponentielle... si même ils ne la précèdent pas !

J.J. BARRÉ.



*Le Centre d'Études et de Recherches
de la Société Fives Lille-Cail ⁽¹⁾*

par M. ROGER RETALI,
Directeur Technique Adjoint
de la Société Fives-Lille-Cail

Les Etudes et Recherches présentent, dans le cas d'un constructeur de gros équipements d'usines, un certain nombre de particularités que nous allons d'abord nous efforcer de dégager.

Ces équipements lourds d'usines :

- sont construits par toutes petites séries — sinon à l'unité;
- accomplissent généralement, en service, une opération de génie physique, chimique, métallurgique, etc., et doivent donc être étudiés à la fois sous leurs aspects « procédé » et « mécanique »;
- résultent presque toujours d'une longue évolution en exploitation.

La faiblesse numérique de nos séries nous interdit absolument les méthodes d'études de l'industrie automobile : il n'est pas question pour nous de construire quelques va-

riantes de prototypes répondant à un programme déterminé et de les comparer longuement entre elles. De même pour les outillages mis en œuvre dans nos usines.

Il nous arrive parfois, pour des machines de relativement modeste importance et particulièrement répétitives, de construire, à titre expérimental, un prototype en grandeur réelle; c'est l'exception.

Constructeurs mécaniciens, nous devons proposer du matériel dont l'endurance, la facilité d'entretien soient supérieures à celles qu'offrent les matériels concurrents. L'étude de ces problèmes est traditionnellement du ressort des bureaux d'études, encore que bien de leurs aspects dépassent les possibilités de ceux-ci.

Mais nos clients n'attendent pas seulement de nos fournitures un fonctionnement sans défaillances. Bien souvent notre matériel

(1) Conférence faite le 6 juin 1963, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, à l'occasion de la remise du Grand Prix Lamy à la Société Fives Lille-Cail.

devra réaliser une opération physique ou chimique aux moindres frais; il ne nous suffira donc pas d'être bons mécaniciens, nous devons aussi faire pour le mieux sous l'angle du génie chimique, ou métallurgique, ou nucléaire, par exemple. Nous devons résoudre des problèmes de thermique industrielle, de mécanique des fluides, de physique des phases dispersées, etc.

Enfin, nous sommes une industrie lourde, et beaucoup de nos clients sont dans le même cas.

C'est-à-dire que nos méthodes et outils de fabrication, comme les objets que nous fabriquons, ont pris leur forme actuelle après une évolution déjà longue.

Chacun connaît le rôle joué par la recherche technique dans le développement des industries nées au cours des cinquante ou même des cent dernières années. Ce n'est pas en apprenant par tâtonnements à utiliser les ressources naturelles que les deux ou trois générations qui nous ont précédé, puis nos contemporains, ont créé la chimie des produits de synthèse, les calculatrices électroniques, les réacteurs nucléaires, les satellites artificiels — chacun sait que ces conquêtes ont d'abord été celles des savants de laboratoire, avant de devenir des branches vedettes de la technique.

Les apports de la recherche technique dans les industries plus anciennes ont été plus discrets et beaucoup moins systématiques. Alors qu'une Société chimique ou électronique de quelque importance ne se concevrait pas sans laboratoires de recherche importants, les moyens de recherche de bien des Sociétés minières, sidérurgiques, mécaniques sont relativement réduits et souvent confondus avec les laboratoires de contrôle. Ce n'est pas que ces professions méprisent la recherche; elles ont souvent créé de grands centres professionnels comme l'IRSID (1), le CERCHAR (2), le Centre Technique des Industries de la Fonderie, l'Institut du Pétrole, etc.

Mais la recherche technique n'y est pas considérée comme une activité vraiment indispensable; on admet volontiers qu'elle est

(1) Institut de Recherches de la Sidérurgie.

(2) Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France.

intéressante, utile, mais d'une façon quelque peu théorique.

Pourquoi cette différence de comportement vis-à-vis de la recherche technique, entre les industries traditionnelles (génie civil, sidérurgie, fabrication du ciment, industries alimentaires) et les industries modernes (chimie des produits de synthèse, électronique, énergie nucléaire) ?

Il y a tout d'abord des raisons historiques. Les industries que j'ai appelées modernes ont utilisé pour la production de biens les connaissances récemment acquises par les Sciences, et ont accompagné ces dernières dans leur développement rapide.

Par exemple, les transistors sont nés des recherches fondamentales sur la physique du solide.

Les industries traditionnelles sont nées en même temps que les sciences, et les acquisitions de ces dernières se sont infiltrées dans la technique, au même rythme lent pour les unes et les autres.

Or, le fait de s'appuyer sur un passé ancien et solide favorise, chez les techniciens classiques, la prudence à l'égard des innovations, cette prudence que les jeunes ingénieurs qualifient volontiers de routine.

Mais il y a aussi des raisons plus profondes aux difficultés rencontrées par la connaissance scientifique dans les industries traditionnelles : c'est que celles-ci traitent directement des matériaux fournis par la nature; ces matériaux sont complexes, hétérogènes, variables d'un lieu à un autre, et finalement mal définis. Aussi l'empirisme formé au cours des générations a-t-il acquis des résultats que la connaissance scientifique, difficilement utilisable dès que les problèmes ne sont pas complètement posés, n'a pu améliorer que lentement.

Dans les industries traditionnelles donc, la recherche technique est souvent obligée de négliger les aspects fondamentaux des problèmes : ils l'entraîneraient trop loin. Elle cherche autant que possible à remplacer l'empirisme par l'expérimentation raisonnée, et s'efforce de n'élucider le mécanisme des phénomènes sur lesquels elle travaille que dans la mesure où cela lui est nécessaire pour agir.

Bien entendu cette attitude est dangereuse et souvent un travail de recherche industrielle n'aboutit pas faute d'une connaissance suffisamment complète des phénomènes en jeu. Il faut donc, chaque fois que cela ne paraît pas entraîner d'efforts disproportionnés avec les buts à atteindre, s'efforcer de pénétrer le plus loin possible dans la connaissance fondamentale.

En résumé, nos travaux d'études et recherches présentent les caractères suivants :

- le plus souvent manque de connaissances précises sur les aspects scientifiques fondamentaux des problèmes que nous étudions.
- grande variété de ces problèmes, qui débordent de beaucoup du cadre de la mécanique, vers la métallurgie d'une part, le génie chimique ou métallurgique, etc., d'autre part.
- impossibilité d'expérimenter librement sur l'objet même de nos études; nous devons :
 - soit observer cet objet (appareil en exploitation)
 - soit, si nous voulons expérimenter, travailler sur modèles (au sens large du mot).

A quoi s'appliquent nos travaux de recherches ?

Tout d'abord au matériau, l'acier, et à sa mise en œuvre.

D'ailleurs notre Usine de Denain élabore de l'acier : 100.000 tonnes par an environ; cette production est modeste, et nos laboratoires métallurgiques ne prétendent pas rivaliser avec ceux de nos grands confrères de la Sidérurgie. Ils ont cependant étudié un certain nombre de problèmes, et publié, souvent en collaboration avec l'équipe de l'IRSID, des travaux concernant la coulée continue de l'acier, les traitements isothermes, certains aciers à haute limite élastique.

En tant que constructeurs, nous devons évidemment nous occuper au premier chef de la mise en œuvre des matériaux, des procédés de fabrication en atelier. Il s'agit des techniques de mise en forme, d'usinage et d'assemblage d'éléments métalliques.

Les travaux de recherche appliquée à la mise en forme et surtout à l'usinage des

métaux sont beaucoup moins développés, dans les industries de production de gros équipement, que dans les industries de biens de consommation durables, l'automobile en particulier.

La raison en est probablement l'absence de fabrication de grande série. Les producteurs de gros matériels semblent considérer, peut-être à tort, que leurs fabrications ne sont pas suffisamment répétitives pour pouvoir amortir les dépenses d'études, de mise au point et d'outillage qu'il leur faudrait engager pour définir et appliquer les meilleures méthodes d'usinage et d'assemblage.

Mais l'étude de procédés de fabrication, avant mise en œuvre dans les ateliers producteurs, se fait déjà chez tous les constructeurs importants pour les problèmes de soudure. Des ateliers sont équipés pour expérimenter, sur des assemblages d'essais, les nouveaux procédés de soudure, ainsi que pour adapter les procédés déjà utilisés à ces problèmes nouveaux. Ceux-ci sont posés par l'augmentation régulière de la taille des constructions ou par les exigences particulières des techniques nouvelles comme l'énergie nucléaire. Bien entendu, le soudage étant une opération métallurgique, il faut, à côté de l'atelier d'essais, un laboratoire équipé pour les examens métallographiques, les essais physiques des métaux et l'étude des traitements thermiques.

Les Services Métallurgiques, déjà nécessaires pour l'étude du matériau lui-même, trouvent dans les études de soudure un important domaine d'activité.

Une part importante des efforts de ces deux services étroitement liés à la fabrication, que sont les Services de Métallurgie et de Soudure, est dirigée vers la diminution des prix de revient : recherche d'aciers de qualité à bas prix d'élaboration et de transformation, application aussi généralisée que possible des procédés automatiques de soudage, etc.

Nous rencontrons ici, pour la première fois je crois, ce critère fondamental, toujours présent dans l'appréciation de nos travaux : le prix de revient de l'objet fabriqué.

Nous ne le perdons pas de vue en nous tournant vers ce que nous appelons les Etudes Mécaniques et Technologiques. Ici ce ne sont plus les préoccupations du fabricant,

mais celles du dessinateur. Il s'agit de tracer les plans types des matériels le plus couramment fabriqués par la Maison; si nous construisions des voitures, par exemple, nous aurions un service des Prototypes. Nous ne pouvons guère parler de prototypes car nos séries sont très petites; mais nous pouvons observer que dans les installations plus ou moins complètes d'usines que nous réalisons, un certain nombre d'appareils se retrouvent toujours : appareils évaporatoires, essoreuses centrifuges, par exemple, en sucrerie; broyeurs, en cimenterie; convertisseurs, en sidérurgie, etc.

D'une usine à l'autre, la taille de chacun de ces appareils varie, selon la capacité de l'usine; mais ils doivent, par raison d'économie, autant que possible dériver tous de la même étude.

C'est cette étude qui ne peut jamais être faite dans les conditions les meilleures par les bureaux d'études traditionnels, car, harcelés qu'ils sont par l'exécution des devis et des commandes, ils n'ont jamais le temps de « repenser » sérieusement un matériel.

Pour pouvoir redessiner, tous les cinq ans ou tous les dix ans par exemple, nos matériels « de catalogue » (tels que moulins à canne à sucre, broyeurs, essoreuses, etc.) nous devons en charger un service spécial, dispensé de s'occuper des commandes des clients, mais tenu de repenser complètement, les uns après les autres selon un programme établi avec les services commerciaux, toutes les productions relativement répétitives (à la taille près) de la maison, en mettant systématiquement en cause les solutions habituellement appliquées.

Toujours pour réduire le prix de revient, il faudra qu'il recherche la simplification maxima des tracés, tout l'allègement possible des pièces fixes et mobiles.

Tous ces problèmes ne se résolvent pas toujours à la planche; il faut fréquemment faire appel au laboratoire d'essais, le plus souvent en matière de résistance des matériaux : détermination de contraintes sur modèles photoélastiques, mesures extensométriques sur maquettes ou sur éléments de prototypes, essais de fatigue sur éprouvettes ou sur assemblages. Les bureaux d'études traditionnels ne possèdent pas ces moyens expérimentaux, et ceci est une raison de

plus de confier les études de prototypes à un Centre d'études et recherches.

Nous pensons d'ailleurs que le service qui en est chargé doit disposer, non seulement d'ingénieurs, projeteurs et dessinateurs au bureau d'études, d'ingénieurs et techniciens au laboratoire de mécanique appliquée, mais aussi d'un groupe de préparateurs de méthodes et fabrication.

Il faut en effet dessiner non seulement avec le souci du bon fonctionnement mécanique et de l'économie de matière, mais aussi en cherchant à réduire au minimum la main-d'œuvre; toute pièce, tout sous-ensemble doivent être examinés par un technicien capable de dire comment se fera l'usinage et l'assemblage, de proposer des économies de ce point de vue, et de tirer les leçons de la première exécution dans les ateliers.

J'ai tout à l'heure donné des exemples de ces appareils de catalogue.

J'ai cité :

Appareils évaporatoires
Essoreuses centrifuges
Broyeurs, etc.

Tous ces matériels ne sont pas seulement des produits de l'industrie mécanique, qu'il convient d'étudier sous l'angle du choix des matériaux, de la construction et du prix, comme nous venons de le voir.

Ce sont aussi des appareils utilisés par telle ou telle industrie, pour soumettre une matière à un certain traitement, physique ou chimique :

- un appareil évaporatoire concentre des jus, en sucrerie, ou de la liqueur noire, en papeterie.
- un four tournant cuit du ciment, ou calcine des minerais.

C'est en fait le service rendu par le matériel que nous fournissons, que le client cherche à obtenir au moindre prix.

Et ce fait nous oblige à mettre à notre programme d'études et recherches les aspects fonctionnels des matériels de notre construction; il faut d'ailleurs envisager ici plusieurs points de vue :

- l'adaptation la meilleure possible du matériel au traitement à exécuter, par exemple, dimensionner un appareil

d'évaporation de sucrerie, travaillant dans des conditions de débit déterminées, de façon à obtenir le meilleur compromis entre les dépenses d'investissements et les dépenses de fonctionnement.

- ou bien, l'étude et la mise au point d'appareils de conception tout à fait nouvelle. Nous en donnerons un exemple tout à l'heure.

Dans les deux cas, le problème posé relève du Génie chimique, ou physique, ou métallurgique : il s'agit d'adapter l'un à l'autre un procédé et l'appareil dans lequel ce procédé est mis en œuvre.

En général les études de ce genre comportent une large part d'expérimentation, que l'on cherche à faire, dans toute la mesure du possible, sur des appareils de taille réduite, généralement appelés appareils-pilote, ou semi-industriels, groupés dans une station d'essai, à laquelle il est généralement nécessaire d'adjoindre un laboratoire d'analyse et contrôles physiques et chimiques. Il s'agit donc d'équipements relativement importants, que l'on ne peut guère multiplier.

Dans notre Maison, nous avons créé deux stations d'essais.

De ce qui précède résulte la structure de notre Centre de Recherches, fondé il y a quatre ans et qui groupe actuellement environ 120 personnes dont une trentaine d'ingénieurs et plus de cinquante techniciens.

Service d'étude des matériaux et de leur mise en œuvre, c'est-à-dire métallurgie et soudure : environ vingt-cinq personnes en tout. Laboratoires de chimie et de physique des métaux, atelier d'essais de soudage, atelier et laboratoire de traitements thermiques.

Service de mécanique et de technologie chargé d'étudier les tracés de nos constructions les plus habituelles en vue de la qualité mécanique et du prix minimum : une vingtaine de personnes. Bureau d'étu-

L'une d'elles contient un certain nombre d'appareils utilisés principalement en sucrerie : évaporateurs, filtres, appareil à cristalliser, etc. L'évaporateur, par exemple, nous a servi depuis deux ans à étudier les lois de l'ébullition de solutions sucrées plus ou moins concentrées, avec pour but d'établir « scientifiquement » les projets d'évaporateurs à multiples effets. Cette étude, dont l'achèvement est prévu pour cette année, nous permettra de réduire de façon très sensible les prix des appareils que nous proposons, à débit et consommation donnés.

Nous avons dès maintenant commencé à étudier, toujours avec cet évaporateur, des problèmes intéressant d'autres industries que la sucrerie.

Notre deuxième station d'essais intéresse l'industrie minérale : dotée d'une ligne de concassage de 1 T/heure, de plusieurs broyeurs, d'un four tournant de 12 m de long par 60 cm de diamètre intérieur, d'un stand d'essais d'agglomération, elle nous permet d'étudier toutes sortes de problèmes de broyage, broyage-séchage, cuisson ou grillage au four tournant, agglomération, etc. Plusieurs appareils pilotes conçus selon des idées nouvelles, y sont en cours d'expérimentation.

des et laboratoire de mécanique appliquée.

Services de génie physique et chimique, l'un pour les problèmes de l'industrie minérale (broyage, calcination, agglomération, etc.) l'autre pour les problèmes de la sucrerie et analogues (évaporation, cristallisation, filtration, etc.). Environ trente-cinq personnes dont une douzaine d'ingénieurs dans l'ensemble des deux Services; chacun possède un bureau d'études et une importante station d'essais avec un laboratoire annexe.

Beaucoup d'études de mécanique, et la quasi totalité des études de génie physique et chimique ont un double aspect à la fois théorique et expérimental.

Les Services d'études ont donc à leur disposition :

- une section d'adaptation et d'entretien d'appareils de mesure, avec un petit atelier de mécanique et un petit atelier d'électronique; elle compte une demi-douzaine de personnes.
- un Service de calculs, chargé d'exploiter notre calculateur électronique.

Trois ingénieurs et un aide travaillent autour de cet appareil installé voici dix-huit mois, qui :

- exécute le dépouillement des séries de mesures de quelque importance (extensométrie, photoélasticité, thermique industrielle).
- fait les calculs numériques souvent laborieux auxquels conduisent les tentatives d'étude théorique — rarement inutiles — de nos problèmes.
- remplace les calculateurs des bureaux d'études des Usines de la Société pour l'exécution de calculs impor-

Nous allons examiner maintenant, dans un cas particulier, comment se développe une de nos études, de l'idée de base au prototype.

Nous prendrons comme exemple un prototype que nous construisons actuellement et qui sera mis en service en août prochain.

Il s'agit d'un appareil à cristalliser, pour sucrerie ou raffinerie, conçu en vue d'une production spécifique particulièrement élevée.

On sait que la cristallisation est l'une des dernières opérations de la fabrication du sucre, qu'elle fait passer de l'état dissout sous lequel il a été traité jusque-là, à l'état solide; l'opération, discontinue, s'opère dans des « chaudières à cuire » chauffées à la

tants tels que calculs de dilatation de réseaux de tuyauteries, calculs de moteurs électriques, d'échangeurs de température, etc.

Les Ingénieurs et Techniciens d'études et recherches ont encore besoin de différents Services :

- documentation technique : une équipe d'une demi-douzaine de personnes s'en occupe.
- atelier de construction et surtout de modification des appareils pour essais, usinage des éprouvettes pour les métallurgistes, etc. Le nôtre compte une quinzaine d'ouvriers.
- enfin le Secrétariat, organe fort important puisque c'est lui qui, en fin de compte, élabore le seul produit matériel qui sort de chez nous : comptes rendus, rapports, spécifications et tirages de plans.

vapeur et reliées au vide, qui reçoivent un sirop concentré et produisent, en éliminant de l'eau, une « masse cuite » composée de cristaux de sucre baignant dans une quantité aussi faible que possible de sirop, chargé de toutes les impuretés introduites dans l'appareil avec le sirop à traiter, et appelé eau mère. La masse cuite extraite de la « chaudière à cuire » est essorée et lavée pour la séparer de l'eau mère, et la fabrication s'achève par le séchage du sucre cristallisé obtenu. Les eaux mères sont réintroduites en fabrication, pour récupération aussi poussée que possible du sucre et élimination finale des impuretés sous forme de mélasses.

Traditionnellement, les chaudières à cuire ne diffèrent guère d'un corps d'évaporation

du type à recyclage classique (figure 1). Le faisceau tubulaire y est cependant de faible hauteur.

Grâce à la propriété des solutions sucrées de pouvoir être fortement sursaturées sans

cristalliser spontanément, l'appareil est conduit de la façon suivante : on introduit une quantité de sirop (non saturé) suffisante pour couvrir la plaque tubulaire supérieure, et l'on commence à évaporer tout en introduisant lentement du sirop de façon à main-

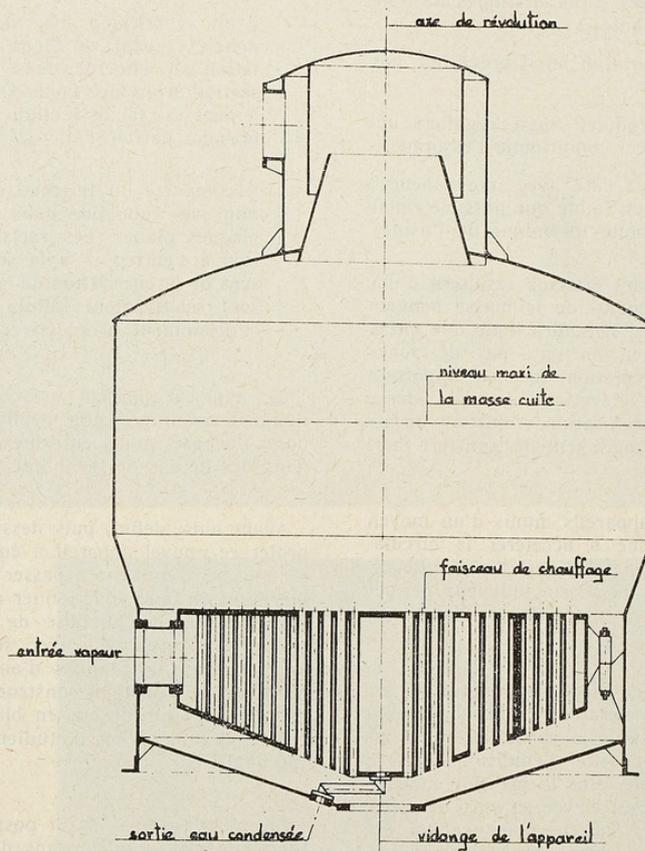


FIG. 1. — Coupe d'une chaudière à cuire classique.

tenir le niveau. Lorsque la sursaturation convenable est atteinte, on introduit une quantité dosée de très fins cristaux de sucre qui vont constituer l'amorce de cristallisation. On continue ensuite d'évaporer et d'admettre du sirop, en surveillant la sur-

saturation, qui doit rester élevée pour que la vitesse de cristallisation soit grande, mais pas au point que des germes se forment spontanément. L'appareil se remplit peu à peu. Lorsque le niveau désiré est atteint, on cesse d'admettre du sirop, mais on continue à

évaporer plus lentement pour maintenir la sursaturation pendant que les grains de sucre continuent à grossir. L'ensemble devient de plus en plus visqueux, l'évaporation se fait de plus en plus lentement, et on arrête l'opération lorsque la masse suite contient de l'ordre de 50 % de cristaux et 50 % d'eau mère (en volume).

On demande les caractéristiques de fonctionnement suivantes :

- durée d'opération aussi brève que possible.
- cristaux produits aussi réguliers que possible (ceci conditionne l'essorage).
- chauffage exécuté avec une vapeur à pression aussi faible que possible (meilleure économie thermique de l'usine).

La régularité des cristaux résultera d'une parfaite homogénéité de la masse pendant toute l'opération; il faudra donc une circulation intense et, surtout, pas de zones mortes. La circulation intense apportera d'ailleurs une élévation de la vitesse moyenne de cristallisation et surtout un accroissement du coefficient de transfert thermique.

Il existe des appareils munis d'un moyen mécanique destiné à accélérer la circulation. Ils sont peu pratiques, et d'ailleurs, nous verrons qu'un dessin judicieux permet d'obtenir naturellement une circulation intense.

Le processus de circulation naturelle est en effet auto-accélérateur : plus la circulation est active, plus la vaporisation est intense, plus la densité d'émulsion dans le faisceau est faible, plus la pression motrice de la circulation est élevée, et ainsi de suite. Il apparaît donc que le point capital est d'offrir à la circulation naturelle un trajet présentant le minimum de pertes de charge.

Les appareils traditionnels se présentent mal de ce point de vue :

- La présence d'un faisceau tubulaire classique provoque au droit des plaques des variations de section brusques et importantes.
- La forme de révolution autour d'un axe vertical conduit pratiquement à

une différence importante de section de passage entre les deux branches, montante et descendante, du circuit (figure 2).

Des observations ci-dessus résulte, pour l'essentiel, la conception de notre nouvel appareil (figures 3 et 4) :

- il est cylindrique, avec un plan de symétrie vertical, de façon que la circulation s'y effectue dans des plans de section droite de l'appareil. Un tel écoulement est facile à étudier et à rendre presque parfait.
- il comporte un faisceau de chauffage, non pas tubulaire mais constitué de plaques planes. Les variations de section à l'entrée et à la sortie, dans le sens de la circulation de la masse cuite, sont relativement faibles, et, surtout, suffisamment progressives.

Ce type d'appareil présente d'ailleurs d'autres avantages non négligeables, mais dont l'exposé nous entraînerait trop loin dans des détails de technique sucrière.

Ayant ainsi défini, puis dessiné en avant-projet ce nouvel appareil à cuire de sucre, nous avons alors à passer à l'action, le but étant de faire fonctionner un prototype; lequel prototype, supposé de taille industrielle moyenne, vaut avec ses auxiliaires une vingtaine de millions d'anciens francs; personne (ni client, ni constructeur) n'étant disposé à courir de but en blanc un pareil risque, il faut tâcher d'étudier le problème sur modèle.

Examinons donc s'il est possible de faire fonctionner un modèle dans des conditions telles que les résultats à prévoir pour l'appareil industriel puissent s'en déduire.

Autrement dit, examinons s'il peut y avoir, pour le phénomène qui nous intéresse, similitude entre deux appareils de taille différente.

La méthode consiste, on le sait, à faire d'abord l'inventaire des caractéristiques physiques qui définissent le phénomène étudié :

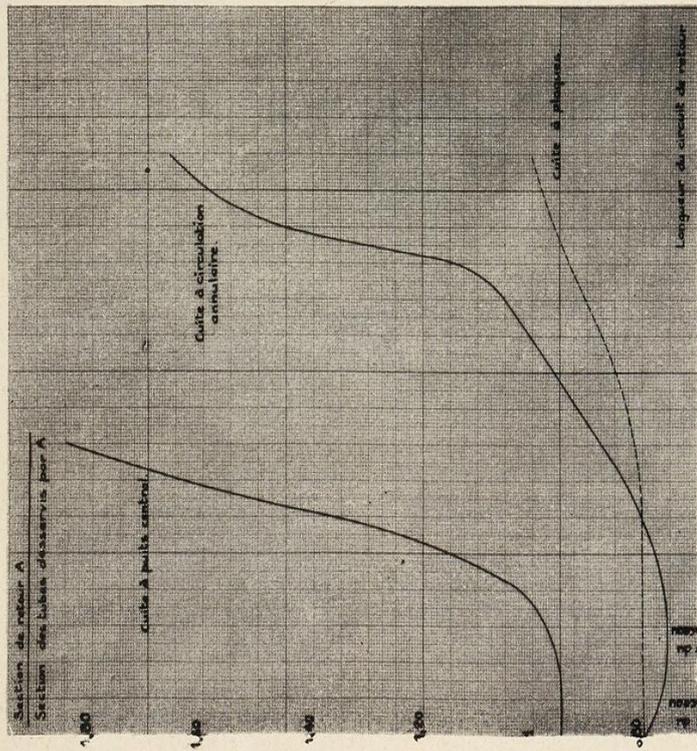


FIG. 2. — Variation de la section de passage offerte à la circulation de la masse cuite.

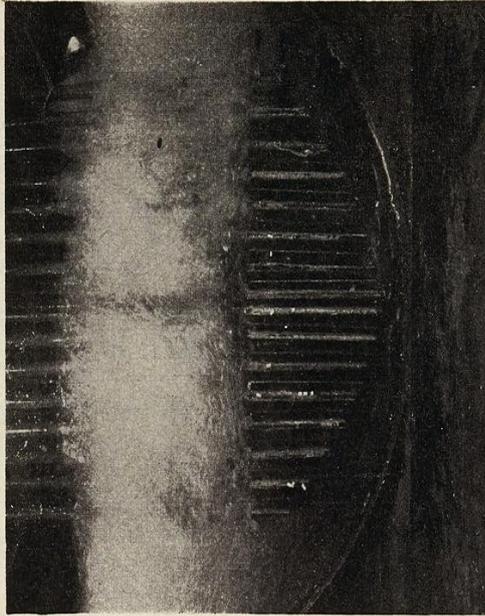


FIG. 3. — Essai à l'air sur modèle pour étude de la circulation.

- la taille de l'appareil, caractérisée par exemple par sa longueur : l .
- la production de l'appareil, caractérisée par le débit en volume de vapeur extrait de la masse en cours de cuisson : V
- la masse spécifique de cette vapeur extraite (on admettra que c'est la seule caractéristique physique de cette vapeur qui intervienne dans le phénomène) : ρv
- l'accélération de la pesanteur, qui transforme les différences de niveau ou de densité en pressions : g
- les caractéristiques physiques de l'eau mère : masse spécifique ρe , chaleur spécifique C , viscosité μ , conductivité thermique k , chaleur latente de vaporisation Λ .

COUPE : E F

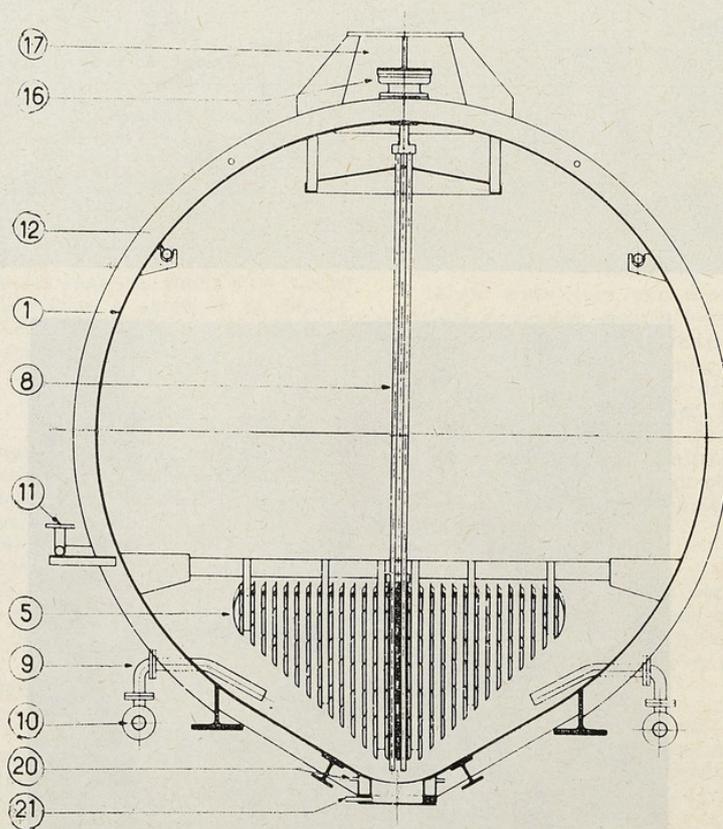


FIG. 4. — Coupe d'une chaudière à cuire, nouveau type.

- l'écart thermique ΔT entre vapeur de chauffage et masse cuite.

Nous en sommes déjà à dix paramètres, et cependant nous avons négligé :

- toutes les caractéristiques de la vapeur produite, autres que sa masse spécifique.
- la diffusivité du sucre dans l'eau mère.
- les tensions superficielles et interfaciales.
- les dimensions, densité et concentration des cristaux de sucre présents dans la masse cuite.
- Les caractéristiques de la vapeur de chauffage et du film d'eau condensée dans les plaques chauffantes.

Supposons que toutes ces approximations soient justifiées et écrivons la relation entre les dix paramètres retenus, telle que les lois classiques de l'analyse dimensionnelle nous permettent de l'établir : le coefficient sans dimensions relatif au débit de vapeur doit être fonction de cinq coefficients ($5 = 10 - 1 - 4$) sans dimensions, indépendants les uns des autres, dans lesquels entrent les autres paramètres. On trouve par un calcul connu sous le nom de méthode de Rayleigh :

$$\frac{V}{\sqrt{gl^5}} = f \left(\frac{C\mu}{k}, \frac{\mu}{\rho e \sqrt{gl^3}}, \frac{\Lambda}{gl}, \frac{\Lambda}{C\Delta T}, \frac{\rho v}{\rho e} \right)$$

Nous connaissons les caractéristiques physiques qui figurent dans l'expression ci-dessus, pour le cas de l'appareil industriel, dans les conditions d'utilisation, à l'exception de V , débit de vapeur, qui est précisément la quantité que nous désirons déterminer, à partir d'un essai sur modèle.

Pour cela notre modèle devra fonctionner avec un liquide et des températures et pressions telles que tous les coefficients figurant dans la partie droite de l'équation aient dans ce modèle, respectivement, les valeurs qu'ils ont dans l'appareil industriel.

Nous n'avons pas trouvé de liquide ou de solution pratiquement utilisable qui satisfasse à cette condition. En particulier, les deux premiers coefficients $\left(\frac{C\mu}{k} \text{ et } \frac{\mu}{\rho e \sqrt{gl^3}} \right)$ sont pratiquement incompatibles.

Il semble donc que la méthode des modèles ne puisse rien nous apporter dans notre étude.

Ou du moins, que cette méthode ne peut pas fournir de solution rigoureuse à notre problème.

Nous avons donc dû nous contenter d'une étude qualitative : nous nous sommes efforcés :

- de rechercher, sur un modèle hydraulique, quelle serait la disposition la meilleure du faisceau dans l'appareil, en vue d'une circulation aussi intense que possible.
- de montrer, au moyen d'un appareil à cristalliser de petite taille, que l'on obtient effectivement des masses cuites de meilleure qualité, avec une durée d'opération nettement plus faible, lorsque cet appareil est exécuté suivant nos conceptions plutôt que selon les formes traditionnelles.

Pour étudier la circulation sur modèle, nous remplacerons la vapeur par de l'air, c'est-à-dire que, sur le modèle, le faisceau sera constitué de plaques percées de trous et alimentées en air à la pression convenable pour obtenir le débit choisi. Comment sera fait ce choix ?

Nous avons dit que nous partons d'un débit de vapeur fixé V pour l'appareil industriel, et que nous nous intéressons à la circulation caractérisée par exemple par le débit Q de liquide dans le circuit de retour.

Si nous admettons que l'émulsion sirop-vapeur de l'appareil industriel est correctement représentée par une émulsion sirop-air sur le modèle, la relation de similitude se réduit à

$$\frac{Q}{\sqrt{gl^5}} = g \left(\frac{V}{\sqrt{gl^5}}, \frac{\mu}{\rho \sqrt{gl^3}} \right)$$

Il est alors facile d'ajuster la concentration de la solution qui remplit le modèle pour que le coefficient $\mu/\rho\sqrt{gl^3}$ prenne la même valeur que pour l'eau mère de la masse cuite industrielle.

C'est ainsi que nous avons opéré, en faisant varier la disposition du faisceau, des retours d'eau, jusqu'à obtenir, pour un

Nous nous sommes alors préoccupés des problèmes mécaniques et technologiques posés par la construction.

En particulier, un ensemble d'éléments de l'appareil est de forme inusitée, il s'agit du groupe des plaques chauffantes (figure 6). Celles-ci posaient un problème de résistance

mécanique (à la pression interne) et de méthode de fabrication.

Nous avons donc exécuté une série d'essais extensométriques, d'une part, et une étude détaillée des méthodes d'usinage et de soudure, pour arriver finalement au tracé assurant la résistance mécanique nécessaire pour le prix d'exécution minimum.

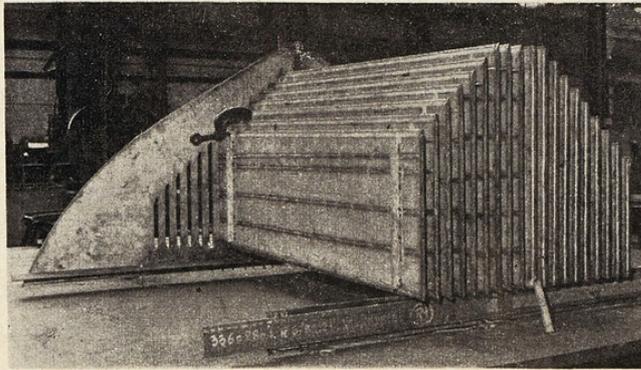


FIG. 6. — Faisceau échangeur du prototype en construction.

**

Je crois avoir montré, sur cet exemple concret, le domaine dans lequel s'exercent les efforts du Centre d'Etudes et de Recherches de notre Société :

- étude expérimentale et théorique des matériels, avec un esprit aussi scientifique que possible,
- conception fonctionnelle,
- tracé de base,
- préparation des solutions nouvelles d'exécution en atelier.

Ces efforts, qui s'appliquent tant à des matériels nouveaux qu'à nos matériels de catalogue, ont pour but de faire en sorte que le matériel « sorti » par le Centre soit

suffisamment défini et élaboré pour que sa tenue en service et ses performances soient atteintes avec sûreté et au meilleur prix de revient.

Les bureaux d'études traditionnels auront ensuite à répondre aux problèmes particuliers posés par les clients, et à prendre le relais du Centre de Recherches en ce qui concerne le dimensionnement particulier, certains dessins de détail, et la mise en place du matériel dans l'ensemble considéré.

Nous sommes conscients que la création et le développement du Centre de Recherches est une nécessité absolue de notre Société, et cela à plusieurs points de vue.

Tout d'abord, la qualité même de nos clients, qui sont pour la plupart des Sociétés importantes, dotées de Services Techniques développés, et qui doivent trouver en nous des vis-à-vis capables de comprendre et de résoudre les problèmes qui se posent à eux.

La compétition internationale des pays industriels, ensuite, telle que seules survivront les firmes qui, par les progrès constamment incorporés à leurs services et à leurs matériels, sauront rester toujours à la tête de leur branche industrielle.

L'industrialisation des pays anciennement sous-développés enfin, qui met ces derniers à même d'assurer chez eux beaucoup de fabrications, simples aujourd'hui, plus complexes demain, et qui leur confère la qualité de compétiteurs dangereux des vieux pays industriels sur le plan des prix de revient.

Ce n'est donc qu'au prix d'un effort technique toujours soutenu et renouvelé dans la conception et l'exécution, que les grandes firmes comme la nôtre pourront justifier et assurer leur existence, et ceci en créant des matériels toujours plus évolués et comportant toujours davantage de matière grise.

C'est pour répondre à tous ces impératifs, et en vue d'assurer à nos clients du monde entier le service le meilleur au moindre prix, que notre Société a créé le Centre d'Etudes et de Recherches dont je viens d'esquisser devant vous les principales tâches.

Nous pensons ainsi faire de notre mieux pour bien mériter de l'Industrie Nationale, et nous montrer dignes de la distinction qui nous est conférée aujourd'hui.

INDEX POUR 1963 DES AUTEURS DES CONFÉRENCES PUBLIÉES

MM.	Pages
BARRÉ (Jean-Jacques). — Tour d'horizon sur la propulsion spatiale	137
DELAUNAY (D ^r Albert). — Qu'est-ce qu'une maladie infectieuse ? Le conflit hôte-parasite	57
DESAINT (Roger). — Récents développements des méthodes de prospection géophysique	69
GUIBERT (D ^r). — Allergie, allergènes et maladies allergiques	1
PEYSSOU (Jean). — La microminiaturisation des équipements électroniques.	45
RETALI (Roger). — Le Centre d'études et de recherches de la Société Fives Lille-Cail	157
SADRON (Charles). — Les acides nucléiques (de la biologie à la physique).	29
WOLFF (Jean-Pierre). — Incidence sur les problèmes économiques de l'industrie des corps gras des méthodes modernes d'analyse	17

TABLE DES MATIÈRES

(Année 1963)

1^o

Conférences

ALLERGIE, ALLERGÈNES ET MALADIES ALLERGIQUES, par M. le Docteur GUIBERT ..	1
INCIDENCE SUR LES PROBLÈMES ÉCONOMIQUES DE L'INDUSTRIE DES CORPS GRAS DES MÉTHODES MODERNES D'ANALYSE, par M. Jean-Pierre WOLFF	17
DE LA BIOLOGIE A LA PHYSIQUE : LES ACIDES NUCLÉIQUES, par M. Charles SADRON.	29
LA MICROMINIATURISATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES, par M. Jean PEYSSOU.	45

QU'EST-CE QU'UNE MALADIE INFECTIEUSE ? LE CONFLIT HÔTE-PARASITE, par M. le Docteur Albert DELAUNAY	57
RÉCENTS DÉVELOPPEMENTS DES MÉTHODES DE PROSPECTION GÉOPHYSIQUE, par M. Roger DESAINT	69
TOUR D'HORIZON SUR LA PROPULSION SPATIALE, par M. Jean-Jacques BARRÉ..	137
LE CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE LA SOCIÉTÉ FIVES LILLE-CAIL, par M. Roger RETALI	157

2°

Divers

Prix et Médailles pour l'année 1962	131
Index des noms d'Auteurs	171

RÉPERTOIRE QUINQUENNAL

ANNEÉS 1959 - 1963

I

RÉPARTITION

Répartition par domaines scientifiques des Conférences ayant fait l'objet de publications (texte ou compte rendu). L'indice spécifique renvoie aux premières lettres des titres dans le répertoire des matières.

ARTS CHIMIQUES : AC - AL - BIOC - BIOL - CHI - COR - EX - FERREUX - FERRI - FI - GAZ - ISO - META - RADI - SIDÉ - SPECTRO - SPECTROM - SYNTH - TI - VE

ARTS CHIMIQUES ET ARTS PHYSIQUES : FERRI - SPECTRO - SPECTROM - VE

ARTS CHIMIQUES ET ARTS MÉCANIQUES : FI

ARTS MÉCANIQUES : AG - AU - CENTRA - CEN - EN - FI - GRAND PRIX LAMY FIVES LILLE-CAIL - LABO - MAC - MANU - MECA - PRO

ARTS MÉCANIQUES ET AGRICULTURE : CEN - GRAND PRIX LAMY FIVES LILLE-CAIL

ARTS PHYSIQUES : AS - BR - CA - CENTRA - COL - ELECTRI - ELECTRO - FERRI - GRAND PRIX LAMY C.G.E. - META - MICRO - RADI - SPECTRO - SPECTROM - TELE - TEMP - TEMPS - UL - VE

ARTS PHYSIQUES ET AGRICULTURE : CEN - GRAND PRIX LAMY FIVES LILLE-CAIL

AGRICULTURE : CEN - GRAND PRIX LAMY FIVES LILLE-CAIL

II

RÉPERTOIRE GÉNÉRAL DES MATIÈRES

ACIDES NUCLÉIQUES (de la Biologie à la Physique : les)	1963, n° 2, p. 29
AGENCEMENT MÉCANIQUE DANS LES LABORATOIRES CHAUDS (les Problèmes d')	1962, n° 3, p. 91
ALLERGIE, ALLERGÈNES ET MALADIES ALLERGIQUES	1963, n° 1, p. 1
ASTROPHYSIQUE (Applications analytiques et intérêt de l'Ultraviolet lointain).	1961, n° 3, p. 67
AUTOMOBILE (Progrès dans l'utilisation des produits ferreux dans l'Industrie)	1960, n° 4, p. 87
BIOCHIMIQUES (Evolution actuelle des Industries)	1950, n° 4, p. 87
BIOLOGIE FONDAMENTALE (Apport de l'Exploration de l'espace à la)	1961, n° 1, p. 17
BRUIT (le) - Définition - mesure - prévention	1962, n° 1, p. 23
CALCULATEURS ANALOGIQUES (leurs applications industrielles)	1962, n° 2, p. 45
CENTRALES NUCLÉAIRES FRANÇAISES (Production d'Energie dans les) - Principes et matériels utilisés	1962, n° 3, p. 67
CENTRE D'ETUDES ET DE RECHERCHES DE LA SOCIÉTÉ FIVES LILLE-CAIL (le)	1963, n° 4, p. 157
CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE (récentes applications)	1960, n° 2, p. 45
CHROMATOGRAPHIE (Méthode analytique et préparative en plein développement)	1960, n° 3, p. 57

COLORIMÉTRIE ET SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES (la)	1961, n° 3, p. 93
CORPS GRAS (Incidence des méthodes modernes d'analyse sur les problèmes économiques de l'Industrie des)	1963, n° 4, p. 17
ELECTRICITÉ (l') - Forme commune aux grands transports d'Énergie et d'information	1962, n° 1, p. 7
ELECTRONIQUES (La microminiaturisation des équipements)	1963, n° 2, p. 45
ENGINS DE MANUTENTION UTILISÉS DANS LES MOYENNES ET GRANDES FORGES (Progress des) - Manipulateurs et Ponts roulants)	1962, n° 2, p. 53
EXAMEN NON DESTRUCTIF DES PRODUITS SIDÉRURGIQUES (Quelques aspects de l').	1961, n° 2, p. 25
FERRITES (Leurs propriétés et leurs remarquables applications en électronique)	1960, n° 1, p. 1
FIVES LILLE-CAIL (Le Centre d'Études et de Recherches de la Société)	1963, n° 4, p. 157
GAZ DE LACQ (Problèmes, possibilités du)	1959, n° 1, p. 3
GRAND PRIX LAMY (Rapport sur son attribution à la Compagnie Générale d'Électricité)	1962, n° 2, p. 1
ISOTOPES RADIOACTIFS ARTIFICIELS (Utilisation médicale des)	1959, n° 2, p. 21
LABORATOIRES CHAUDS (Problèmes d'agencement mécanique dans les)	1962, n° 3, p. 91
MACHINE-OUTIL (Évolution de la) - Aspects récents de la mécanique industrielle)	1961, n° 3, p. 61
MANUTENTION (Engins de) - utilisés dans les moyennes et les grosses forges - Manipulateurs et Ponts roulants	1962, n° 2, p. 53
MÉCANIQUE INDUSTRIELLE (Aspects récents) - Évolution de la Machine-Outil.	1961, n° 3, p. 51
MÉTALLURGIE (Récents développements des techniques du vide en)	1961, n° 2, p. 36
MICROMINIATURISATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES	1963, n° 2, p. 45
PRIX ET MÉDAILLES ATTRIBUÉS POUR 1958 (Liste des)	1959, n° 4, p. 87
— — — 1959 —	1960, n° 4, p. 105
— — — 1960 —	1961, n° 4, p. 99
— — — 1961 —	1962, n° 4, p. 141
— — — 1962 —	1963, n° 4, p. 131
SIDÉRURGIQUES (Quelques aspects de l'examen non destructif des produits)	1961, n° 2, p. 25
PROPULSION SPATIALE (Tour d'horizon sur la)	1963, n° 4, p. 137
RADIOÉLÉMENTS (Leur application à l'analyse systématique des impuretés dans les métaux de très haute pureté)	1959, n° 3, p. 49
SIDÉRURGIE (Nouveaux développements réalisés en - grâce aux réactions obtenues entre matières pulvérulentes et métaux liquides)	1959, n° 3, p. 41
SPECTROMÉTRIE INFRAROUGE (Quelques-unes de ses applications)	1960, n° 2, p. 27
SPECTROPOLARIMÉTRIE (Méthodes Photodélectriques)	1961, n° 4, p. 85
SYNTHÈSES CHIMIQUES A STADES MULTIPLES	1959, n° 4, p. 71
TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES ET TRANSMISSIONS A GRANDE DISTANCE PAR SATELLITES ARTIFICIELS	1961, n° 1, p. 1
TEMPÉRATURES (Méthodes récentes pour l'obtention de très hautes - ; leurs applications)	1960, n° 3, p. 73
TEMPS ET FRÉQUENCES - NOUVEAUX ETALONS	1959, n° 2, p. 29
TITANE (Préparation des pigments d'oxyde de)	1960, n° 1, p. 1
ULTRAVIOLET LOINTAIN (Applications analytiques et intérêt en Astrophysique).	1961, n° 3, p. 67
VIDE EN MÉTALLURGIE (Récents développements des techniques du)	1961, n° 2, p. 36
VERRE (La connaissance scientifique de l'état vitreux et des horizons qu'elle découvre à l'industrie du)	1962, n° 4, p. 109
VERRE (Fracture du) - Propagation - influence des précontraintes	1962, n° 4, p. 127

III

INDEX DES AUTEURS DE TEXTES

ACLOQUE (P.)	1962, n° 4, p. 127	MENTZER (C.)	1959, n° 1, p. 13
ALBERT (Ph.)	1959, n° 3, p. 49	MERCIER (A.)	1962, n° 2, p. 53
ALLARD (M.)	1959, n° 3, p. 41	MICHEL (A.)	1960, n° 1, p. 11
BADOZ (J.)	1961, n° 4, p. 85	MILHAUD (G.)	1961, n° 1, p. 17
BARRÉ (J.)	1963, n° 4, p. 137	MILHAUD (G.)	1959, n° 2, p. 21
BEAUJARD (L.)	1961, n° 2, p. 25	MOREAU (L.)	1961, n° 2, p. 36
BLANCHARD (A.)	1959, n° 1, p. 3	PEYCHÈS (I.)	1962, n° 4, p. 109
CHAMPETIER (G.)	1960, n° 2, p. 45	PEYSSOU (J.)	1963, n° 2, p. 45
CHAVASSE (P.)	1962, n° 1, p. 23	POMEY (J.)	1960, n° 4, p. 87
CHOVIN (P.)	1960, n° 3, p. 57	RETALI (R.)	1963, n° 4, p. 157
COLLONGUES (R.)	1960, n° 3, p. 73	ROEHDEN (Ch. de)	1960, n° 1, p. 1
DECAUX (B.)	1959, n° 2, p. 29	ROMAND (J.)	1961, n° 3, p. 67
DUVAUX (Y.)	1962, n° 3, p. 91	ROUX (J.-P.)	1962, n° 3, p. 67
GUIBERT (D ^r)	1963, n° 1, p. 1	SADRON (Ch.)	1963, n° 2, p. 29
HUSTACHE (J.)	1962, n° 3, p. 67	VACHER (P.)	1961, n° 3, p. 51
LÉAUTÉ (A.)	1962, n° 1, p. 1	VELLUZ (L.)	1959, n° 4, p. 71
LECOMTE (J.)	1960, n° 2, p. 27	VOGE (J.)	1961, n° 1, p. 17
LE GRAND (Y.)	1961, n° 4, p. 93	WEILL (J.)	1962, n° 2, p. 45
LEHMANN (G.)	1962, n° 1, p. 7	WOLF (J.-P.)	1963, n° 1, p. 17

Le Président de la Société, Directeur-Gérant : J. LECOMTE.

D.P. n° 1080

IMPRIMERIE COOPÉRATIVE. — ARPAJON (S.-et-O.)

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, Quai Anatole-France - PARIS-7^e

C. C. P. Paris 9061-11

Tél. : SOLférino 93-39

Colloques Internationaux

N° 108

MÉCANIQUE DE LA TURBULENCE

M A R S E I L L E

28 août - 2 septembre 1961

Volume relié pellior, in-4° coquille, comportant 472 pages et 4 planches hors-texte

Prix : 60 F.

PRODUITS CHIMIQUES

pour
**INDUSTRIE
PHARMACIE
PARFUMERIE
AGRICULTURE**

MATIÈRES PLASTIQUES

"RHODOÏD" Acétate de Cellulose

"RHODOPAS" Résines vinyliques

"RHODORSIL" Silicones

"RHODESTER" Résines polyesters

"MANOLÈNE" Polyéthylène basse pression

(FABRIQUE PAR LA MANUFACTURE NORMANDE DE POLYÉTHYLÈNES)

"ALAMASKS" Agents neutralisants des mauvaises odeurs

PIGMENTS MINÉRAUX pour matières plastiques

D.W. 121

SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

**RHÔNE
POULENC**

22, Av. Montaigne, PARIS-VIII^e · Tél. ALMa 40-00

GATG



PEUGEOT

403 • 404

0,793.

SOCIETE CHIMIQUE DE LA GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 19.595.800 F.

8, Rue Cognacq-Jay - PARIS-7^e - Tél. INV 44-30

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTÉS

ENGINEERING - CONSTRUCTION D'USINES

HYDROGÈNE

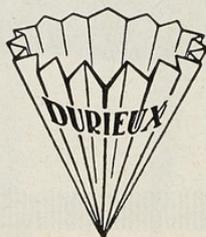
GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE

AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52x52

SPÉCIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

N° 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 Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Juillet 1918)

20, rue Malher, PARIS (4^e)



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

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°)
TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00
ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCH M PARIS

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

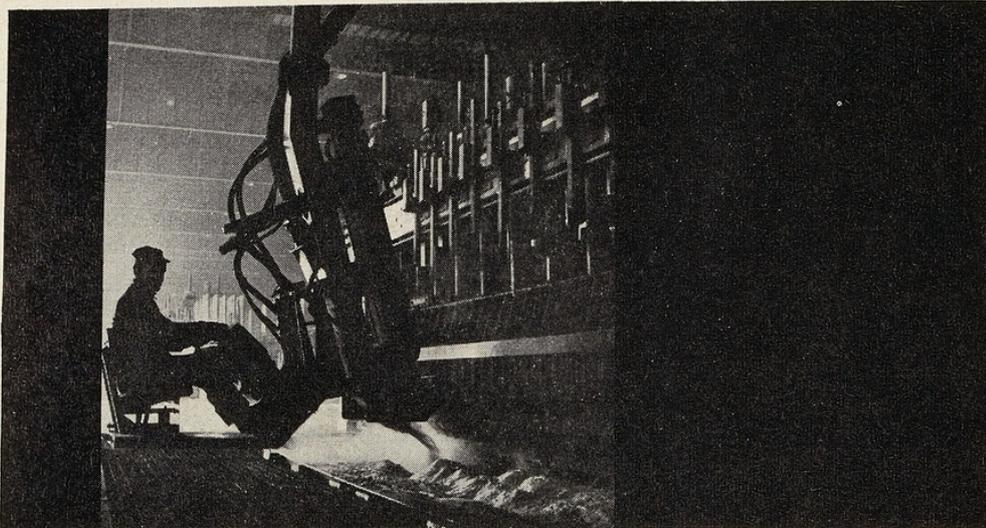
10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17°
ALGER - CASABLANCA

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

TRAVAUX PUBLICS
BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIT
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

C'est en grande part grâce à la qualité de ses techniques que Pechiney compte aujourd'hui parmi les grandes entreprises qui concourent à l'expansion économique nationale.

Premier producteur européen d'aluminium, (plus de 80% de la production française sort de ses usines), Pechiney a également orienté ses recherches vers la mise au point de toute une série de métaux et alliages spéciaux à hautes performances, particulièrement adaptés aux problèmes que posent les réalisations les plus récentes d'industries d'avant-garde comme l'aéronautique, l'électronique et l'industrie nucléaire.



Parmi ces métaux dont il y a quelques années on ne connaissait guère que les noms, on trouve non seulement le béryllium, le niobium et le tantale, mais encore le titane, le zirconium et le gallium.

Aux réalisations atomiques françaises, Pechiney apporte un concours efficace notamment par la fourniture de graphite de haute pureté pour réacteurs nucléaires.

Enfin, la longue expérience de Pechiney dans le domaine de l'électrothermie et de l'électrometallurgie lui a permis le développement de nombreux autres produits indispensables aux industries de transformation les plus diverses.

Cette expérience, alliée à une grande faculté d'adaptation aux problèmes nouveaux et à de puissants moyens de recherches, explique la place occupée par Pechiney au rang des grandes entreprises françaises.

PECHINEY

23, RUE BALZAC, PARIS 8° - CAR. 54-72

APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES

P. CHEVENARD

- pour l'analyse dilatométrique et thermomagnétique des métaux ;
- 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 ;
Etude 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.



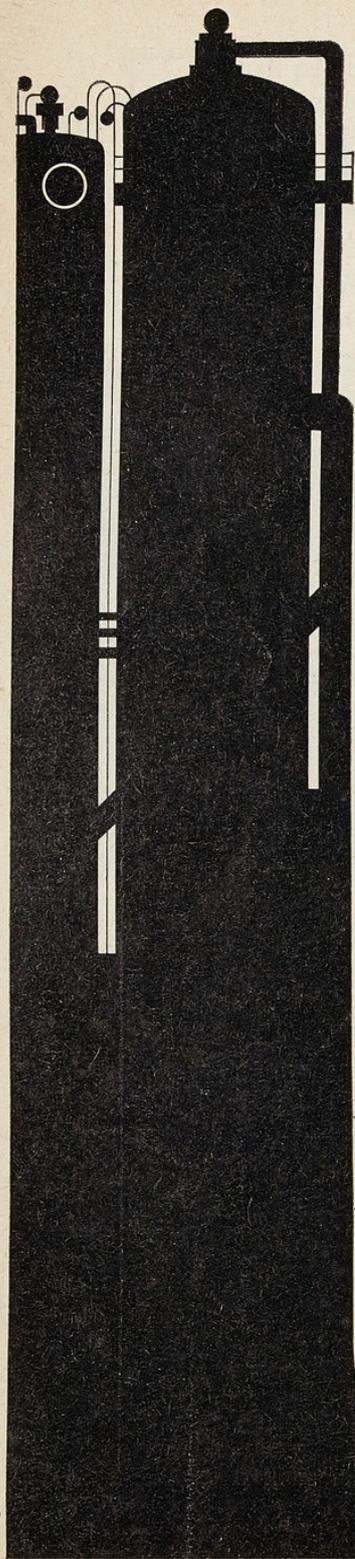
A. D. A. M. E. L.
4-6, Passage Louis-Philippe
PARIS (11^e)

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 F.

56, Rue du Faubourg-Saint-Honoré. - PARIS (8^e)

ENTREPRISES GÉNÉRALES
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS
BARRAGES - USINES HYDRO-ELECTRIQUES ET THERMIQUES
USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX
AEROPORTS - OUVRAGES D'ART
ROUTES - CHEMINS DE FER
CITES OUVRIERES - EDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS
ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU
BUREAUX D'ETUDES
CENTRALES ELECTRIQUES
GRANDS POSTES DE TRANSFORMATION
LIGNES DE TRANSPORT DE FORCE
ELECTRIFICATION DE VOIES FERREES
ELECTRIFICATIONS RURALES
EQUIPEMENTS ELECTRIQUES INDUSTRIELS



ÉTABLISSEMENTS
KUHLMANN

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 197.888.550 F

25, BOULEVARD DE L'AMIRAL BRUIX - PARIS (XVI^e)

TÉL. : KLEBER 50-50 + • KLEBER 50-10 +
TELEX : ETAKUHLM - PARIS 27.640



**PRODUITS CHIMIQUES
INDUSTRIELS ET AGRICOLES**



PRODUITS ORGANIQUES



**RÉSINES ET MATIÈRES
PLASTIQUES**



TEXTILES ARTIFICIELS



K 3

Allroux

RÉSUMÉS DES ARTICLES

(Suite de la page 2 de la couverture)

TOUR D'HORIZON SUR LA PROPULSION SPATIALE

par M. Jean-Jacques BARRÉ p. 137

INTRODUCTION. — Rappel de la Conférence du Pr. MOUREU du 18-10:56.

I.

- a) Utopies et Voies sans issue.
- b) Autopropulsion (Résumé des lois et formules fondamentales).
- c) Autopropulsions propergoliques et non propergoliques.

II. Autopropulsion propergolique (progrès récents et Avenir).

III. Autopropulsion non propergolique.

- a) Généralités.
- b) Sources ergogènes.
- c) Processus d'éjection.
- d) Essai de classification des Autopropulseurs non propergoliques.

IV. Principaux Autopropulseurs non propergoliques.

- a) Autopropulseurs thermiques (fissio-thermiques et radio-thermiques).
- b) Autopropulseurs électriques.

V. Conclusion.

LE CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES DE PROTOTYPES DE LA SOCIÉTÉ FIVES LILLE-CAIL

par M. Roger RETALI p. 157

- Aspects particuliers des Etudes et Recherches chez un constructeur de gros équipements.
- Les fabrications de FIVES LILLE-CAIL et les problèmes qu'elles posent.
- Les méthodes de travail, vues à travers un exemple : un nouvel appareil à cristalliser pour l'industrie sucrière.
- Perspectives d'avenir : l'industrie des gros équipements doit, dans nos pays, devenir une industrie de « matière grise ».

