

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.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1964, n° 3 (juil.-sept.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1964

Collation	1 vol. (46 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	60
Cote	INDNAT (68)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.68

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
1964 - N° 3



- *La vie et l'œuvre de L.-J. Thenard*
- Les Piles à combustibles.
- La Station nationale d'Angers
(Essais des matériels de génie civil).

N° 3 — JUILLET-SEPTEMBRE 1964

SOMMAIRE

In memoriam, P. JOLIBOIS p. 3

La vie et l'œuvre de L.-J. THENARD p. 7

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES (1).

I. — Les piles à combustibles, leurs perspectives d'application, par Mme Odile BLOCH p. 15

II. — La station nationale d'essais des matériels de génie civil à Angers, par M. Aimé TREMOUILLES p. 31

COMPTE RENDU BIBLIOGRAPHIQUE p. 49

(1) 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^e (LIT. 55-61)

le n° : 7,50 F

C.C.P. Paris, n° 618-48

In Mémoriam

Pierre JOLIBOIS (1884-1954)

par M. Jean LECOMTE,
Membre de l'Institut,
Président de la Société d'Encouragement.

Dix années se sont écoulées depuis la mort de Pierre Jolibois, que notre Société avait appelé au sein de son Comité des Arts chimiques en 1929.

Il n'est pas possible de résumer ici son œuvre scientifique. Celle-ci a d'ailleurs été magistralement évoquée, au lendemain de sa mort, par notre Confrère M. Georges Chaudron, à la Société chimique de France, et par notre regretté Confrère Paul Lebeau à l'Académie des Sciences dont Pierre Jolibois était Membre depuis 1944, enfin dans une émouvante notice très détaillée que M. André Boullé a pieusement consacrée à la mémoire de son Maître. C'est dans cette notice que sont indiquées les trois directions principales de recherches :

- la Chimie du phosphore, des phosphures et des phosphates ;
- la Physico-Chimie des liants hydrauliques ;
- les effets chimiques de l'électricité dans les gaz raréfiés et au cours de l'électrolyse.

Dans cette féconde activité, nous devons retenir un bel exemple : l'élargissement constant du champ des investigations et des travaux.

A côté de ces qualités exceptionnelles de savant et de chercheur, les dons rares d'animateur de Pierre Jolibois lui permirent de rendre en maintes circonstances les services les plus éminents, principalement au cours de ses nombreuses présidences : de l'Administration séquestre de l'I.G. Farben Industrie (1948-1953), de la Section de Chimie minérale de l'I.U.P.A.C., dont il fut un chaleureux partisan de sa reconstitution dès 1945, de la Société chimique de France (1935-1938), de la Maison de la Chimie, du Comité national de la Chimie dont la création fut, en grande partie, son œuvre.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire ces lignes extraites de la notice de M. André Boullé : « Il s'est révélé un excellent administrateur, doué de solides connaissances dans les domaines juridique et financier. Dans les assemblées qu'il est appelé à présider, il s'impose par sa compétence ; lorsqu'au terme des discussions, il est amené à proposer des solutions, il fait preuve d'originalité et d'un sens inné du concret ; d'ailleurs, grâce aux contacts qu'il prend avant toute réunion, il dirige les débats avec autorité. »

Ayant eu l'honneur d'approcher Pierre Jolibois en maintes circonstances, de recevoir de lui des conseils et des appuis dont nous lui gardons une vive reconnaissance, nous voudrions rappeler sa simplicité d'accueil — qui allait jusqu'à l'hostilité à toute manifestation en son honneur — sa parfaite égalité d'humeur, non dépourvue de l'humour le plus fin et de nombreuses anecdotes qu'il savait placer à bon escient, sa droiture qui le détournait de toute compromission.

Ceux qui avaient le rare bonheur de travailler sous sa direction pouvaient voir ce savant éminent chargé de tâches et d'honneurs écrasants, connu dans le monde entier et hautement estimé par ses pairs, travaillant de ses mains à souffler avec une grande habileté quelque appareil en verre ou installer une expérience d'électrolyse ; si ses multiples occupations lui laissaient quelque loisir, il revêtait aussitôt sa blouse de laboratoire.

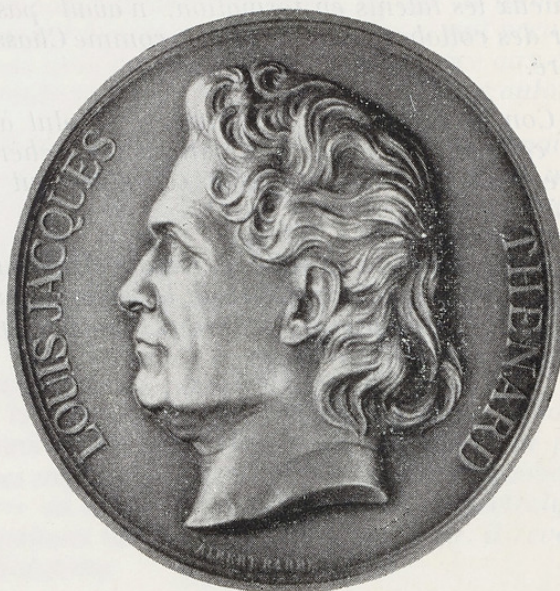
Les recherches personnelles qu'il a poursuivies jusqu'à la fin de sa vie se continuaient, pendant les vacances, dans le petit laboratoire qu'il avait fait installer dans sa propriété de « La Chapitière ». Il y trouvait, enfin, quelques instants pour méditer seul et travailler à sa guise. Saluons très bas cette passion de l'expérimentation personnelle, si rare aujourd'hui pour un Maître de sa classe et aussi l'enthousiasme qu'il conserva jusqu'à sa fin si subite.

Il possédait le rare courage de défendre des opinions qui lui semblaient justes, mais qui n'avaient pas l'audience du moment. Nous ne retiendrons que l'exemple de sa clairvoyance dans sa conception des relations franco-allemandes. Les espoirs de réussite étaient bien minces lorsqu'il prit, le 1^{er} juillet 1948, la direction de l'Administration séquestre de l'I.G. Farben. Le succès dépassa toutes les espérances grâce à l'autorité et à la diplomatie de Pierre Jolibois. Nous nous le rappelons toujours, nous annonçant, avec un regard malicieux derrière ses lunettes, sa nomination, en 1952, comme Membre d'honneur de la Société de Chimie allemande. Il se rendait compte de l'importance de cette acceptation et il nous dit simplement : « J'ai pris mes responsabilités, les Allemands prennent les leurs. » L'avenir devait lui donner entièrement raison dans son attitude.

Enfin, par l'une de ses préoccupations majeures, la liaison entre la Science et l'Industrie, il incarnait bien l'esprit de la Société d'Encouragement, à laquelle il apporta une collaboration aussi fidèle qu'efficace. Notre société, qui s'était toujours préoccupée, depuis sa fondation de soutenir au mieux les talents en formation, n'avait pas manqué de subventionner des collaborateurs du Maître comme Chassevant, Montagne et Lefebvre.

Dans la Conférence que l'on va lire, il se plut à évoquer une noble figure, celle de Thénard, particulièrement chère aux Membres de notre Société dont ce grand Chimiste fut le Président de 1832 à 1845.

Ceux qui ont connu Pierre Jolibois retrouveront dans ce texte, le soin scrupuleux qui, chez lui, caractérisait le savant, ainsi qu'un talent d'exposition qui fit de lui un professeur hors ligne pour plusieurs générations d'ingénieurs et de chercheurs.



L.-J. THENARD,
*Président de la Société d'Encouragement
pour l'Industrie Nationale
de 1832 à 1845*

La vie et l'œuvre de Louis-Jacques THENARD

(1777-1857)

par Pierre JOLIBOIS

MESDAMES, MESSIEURS,

L'éloge du baron Thenard a été prononcé un grand nombre de fois depuis près d'un siècle. Les voix les plus autorisées se sont fait entendre. Flourens, Dumas, Pasteur, Balard ont exprimé, dans le langage élevé qui leur était propre, tout ce que la France devait de reconnaissance à un de ses fils les plus illustres. Ici-même, dans un passé plus récent, un membre du Conseil de la Société d'Encouragement a retracé les traits principaux de la vie admirable du second président de notre compagnie. Il n'y a plus rien de nouveau à dire sur une existence glorieuse dont les moindres gestes ont été magnifiés suivant les rites que l'on doit à la religion des grands ancêtres.

Ce n'est pas une raison pour notre génération de garder le silence ; c'est en effet un devoir pieux d'évoquer périodiquement le souvenir de nos grands hommes et surtout dans les époques troublées de célébrer leur souvenir afin de chercher dans leur exemple un appui sur le passé et une espérance dans l'avenir.

Je vais essayer devant vous d'évoquer une époque tourmentée par les victoires, les défaites, les révolutions et les changements de régime, où cependant de grands esprits dirigés par l'intelligence et dominés par l'idée de patrie ont avec persévérance imposé au monde la grandeur de leur pays.

Nous sommes à la fin de l'ancien régime: 1777. Il naît un garçon chez les Thenard, cultivateurs aisés d'un petit village de l'Aube, « La Loupetière », Louis-Jacques. Quelques années après, en pleine terreur, ce petit enfant est devenu un jeune homme plein de promesses ayant fait de brillantes études. Il se sent une ambition, celle de devenir pharmacien et part pour Paris afin d'acquérir les connaissances nécessaires ; un voyage à la Diderot ; il est loin d'être riche, mais il est plein de courage, un courage de paysan fait de patience, de ténacité et de continuité dans l'effort. A Paris, les hésitations ne sont pas longues, il n'y a que deux cours de chimie, l'un fait par Fourcroy à l'Ecole de Médecine, l'autre par Vauquelin.

Fourcroy était brillant, érudit, mais un peu superficiel et assez politicien. Il s'était très habilement assuré la collaboration de Vauquelin, modeste mais profond, expérimentateur hors de pair, et professeur moins réputé. L'ensemble des deux constituait une grande école de chimie qui répandait devant un public très nombreux les idées que Lavoisier venait de faire germer.

Après une suite d'avatars, Louis-Jacques Thenard se fit admettre comme aide du dernier grade chez Vauquelin où il apprit son métier de manipulateur. Et, c'est dans ce laboratoire que son sort se décida, à la suite d'un de ces événements heureux qui n'arrivent qu'à ceux qui le méritent et qu'on nomme la chance. Vauquelin travaillait, et c'est

là sa principale spécialité, à l'analyse de certains minerais rares. Il donna comme sujet d'études à ses préparateurs la séparation des éléments contenus dans le beryl. Thenard s'acharna sur cette recherche difficile et un mois après il fournit à son Maître en 1797 vingt-quatre grammes d'un oxyde nouveau : la glucine. C'était une grande découverte et dans cette circonstance, le patron et l'élève, loin de s'en disputer le mérite, firent preuve d'une modestie que l'on ne rencontre pas toujours. Un an après, Thenard était nommé répétiteur à l'Ecole Polytechnique à la tête d'un beau laboratoire; il avait le pied à l'étrier et ne cessa de grandir, parcourant en douze ans tout le cycle des honneurs académiques, titulaire des principales chaires de chimie : Collège de France, Sorbonne, Ecole Polytechnique, et Membre de l'Institut à 32 ans.

Il est difficile aujourd'hui de se représenter une telle carrière; mais c'était l'époque des généraux de vingt-cinq ans et le talent l'emportait toujours sur l'ancienneté. Cette raison ne suffit pas pour expliquer une course aussi rapide à travers les honneurs; il nous faut dire, après avoir montré sa vocation, quels étaient le caractère de l'homme, son immense œuvre de savant et d'ingénieur, son talent de professeur, son rôle politique et ses capacités administratives. On comprendra seulement après cette démonstration combien il est rare de trouver chez le même homme autant de qualités essentielles, alors que la possession d'une seule l'eût déjà rendu célèbre.

Thenard était physiquement un homme robuste, ayant hérité de ses parents une santé de fer qui le mena presque sans maladie à l'âge de 80 ans, malgré un labeur acharné et une activité qui eût rapidement usé une nature délicate. Il avait l'expression de la franchise et de l'autorité qui étaient les traits dominants de son caractère. D'une nature passionnée, il était sujet à des emportements et faisait souvent trembler ses préparateurs, mais le res-

pect qu'il avait de la justice et sa grande bonté naturelle tempéraient sa sévérité. Son sens élevé de l'honneur ne le portait pas vers les transactions faciles. Dans la vie quotidienne, il avait les allures d'un grand bourgeois partageant tout son temps entre le travail et la vie de famille. Ses réceptions, soit à Paris, soit à Fontenay, étaient fort recherchées, car on rencontrait chez lui toute l'élite intellectuelle de l'époque. Malgré sa célébrité mondiale et le goût pompeux de l'époque, il était resté simple et n'allait pas au-devant des honneurs. Quand Charles X le nomma baron, son premier mouvement fut de dire : « Et Gay-Lussac ? ». Pourtant, les honneurs affluèrent chez lui sous tous les régimes :

Membre de l'Institut sous le 1^{er} Empire,

Chevalier de la Légion d'Honneur sous Louis XVIII,

Confirmé dans ce grade aux Cent Jours,

Baron sous la Restauration,

Pair de France sous la monarchie de Juillet,

il fut assez brutalement exclu à la fin de sa vie du Conseil de l'Université après le 2 décembre, probablement à cause d'une fidélité inaltérable à la Famille d'Orléans.

Il prit cet événement avec l'abnégation d'un savant qui avait recueilli dans les recherches de laboratoire les plus éclatants succès. Car, malgré les réussites de Thenard dans les nombreuses directions où le portait son extraordinaire activité, c'est surtout par ses découvertes qu'il atteignit la célébrité et, avec le recul des années, on peut le considérer comme l'un des plus heureux continuateurs de Lavoisier et l'un des fondateurs d'une science nouvelle, la chimie physique.

Ses premiers travaux montraient déjà son talent d'expérimentateur mais ses grands succès datent de l'époque où, à la Société d'Arcueil, il fait la connaissance plus intime de Gay-Lussac. C'est à cette

époque, sous le 1^{er} Empire, que, dans les laboratoires de l'Ecole Polytechnique et du Collège de France, les deux savants, liés d'une amitié profonde, écrivent leur fameux livre intitulé « Recherches physico-chimiques » où est décrite toute la chimie encore actuelle des métaux alcalins et où est annoncé l'isolement de composés importants comme l'acide fluorhydrique, le fluorure de bore et celui d'éléments alors inconnus comme le silicium et le bore. Mais il devait faire plus tard sa découverte la plus originale et la plus importante, celle de l'eau oxygénée. Il n'est pas inutile d'en rappeler l'instructive genèse. Thenard était un professeur admirable, plein de conscience et quand il affirmait une proposition il ne manquait pas, lorsqu'il pouvait y avoir un doute, d'en faire au laboratoire la vérification expérimentale. Or, il avait dit à son cours que les oxydes très oxygénés se dissolvaient dans les acides en perdant une partie de leur oxygène. Cela était notoire pour le bioxyde de manganèse et l'acide sulfurique par exemple ; mais il lui vint un doute pour le bioxyde de baryum et, en essayant dans l'eau chlorhydrique glacée cette dissolution, il vit la substance disparaître sans dégagement gazeux. Le liquide obtenu était susceptible de dégager de l'oxygène sous l'influence de corps poreux. Du même coup, il découvrit l'eau oxygénée et un des premiers exemples connus de catalyse. La vérité n'apparut d'ailleurs que par étape. Il crut d'abord avoir suroxygéné l'acide chlorhydrique. Ce n'est qu'après de délicats fractionnements qu'il obtient un liquide ne contenant plus que de l'eau et de l'oxygène. C'était à cette époque une combinaison inattendue et cette découverte fit dans le monde un tel bruit que Berzelius vint de Suède pour constater lui-même les faits dans le laboratoire de Thenard. Etant données les idées qui régnaient dans la science du début du XIX^e siècle, cette découverte frappa les esprits, plus que d'autres dont les conséquences lointaines sont peut-être plus importantes. Les études sur la catalyse, sur la photochimie du

chlore et de l'hydrogène, sa découverte avec Biot du dimorphisme des cristaux, sont en effet de celles qui ont contribué à donner à la chimie son visage actuel. On a souvent dit que les qualités des professeurs et des chercheurs étaient opposées et qu'il y avait lieu de dissocier ces fonctions et d'en charger des hommes différents. Si l'on se fonde sur l'expérience, on arrive peut-être à une conclusion différente et l'exemple de Thenard est typique pour affirmer que l'on peut être un savant de grande envergure et un professeur hors ligne. Au début de sa carrière, Thenard a éprouvé quelques difficultés à enseigner. Il n'avait pas la parole facile et avait gardé un peu de rudesse provinciale. La méthode antique eût consisté pour faire des progrès à copier la technique de Démosthène ; Thenard en préféra une plus agréable ; il devint fêru de littérature et de théâtre où il allait prendre des leçons de diction au point qu'il devint l'ami de Talma grâce à cette assiduité. Il se fit également nommer professeur dans un cénacle de gens du monde réunis pour des conférences de culture générale, cénacle qui s'était ouvert sous le nom d'Athénée ; c'est une institution qui devait être analogue à ce qu'est actuellement l'Université des Annales. Dans ce milieu où les belles dames occupaient le premier rang, il arriva par ses efforts continus à perdre ses locutions vicieuses, l'accent bourguignon et surtout il perfectionna cette clarté d'exposition qui, par la suite, a réuni autour de sa chaire une véritable armée de disciples. Nous pouvons aujourd'hui très bien apprécier ses immenses qualités de professeur grâce à son magistral traité de chimie qui synthétise toute la science de l'époque. Il n'y avait comme livres pour les étudiants que le *Traité de chimie* de Lavoisier et les *Connaissances chimiques* de Fourcroy ; le premier étant surtout un ouvrage de Doctrine et le second une encyclopédie qui se démoda très vite. Les premiers traités de chimie moderne sont dus à Thenard et à Berzelius ; celui de Thenard qui parut en 4 volumes de

1813 à 1816 constitue l'étape fondamentale de l'enseignement de la chimie. Tous les ouvrages qui suivirent : celui de Regnault, celui de Troost qui était encore entre les mains des étudiants de notre génération, n'en sont que des imitations modernes. Ce qui caractérise l'ouvrage, c'est la manière latine de composer, l'ordre, le goût des classifications, la précision dans les détails, l'analyse très exacte des mémoires étrangers et surtout cette clarté qui plaît si fort aux étudiants français. L'habileté avec laquelle ce livre est écrit, qui le rend accessible aux débutants et utile tout de même aux disciples du Collège de France, eut très vite sa récompense. L'ouvrage fut enlevé rapidement dans le Monde entier et de 1833 à 1836, il dut le refondre entièrement, en donnant une édition considérablement amplifiée. Cette œuvre immense, très originale, a contribué presque autant que ses travaux de laboratoire à lui amener de son vivant une immense réputation et à consacrer dans l'Université une autorité que personne n'a jamais discutée.

Son enseignement oral, après qu'il eut fait cet effort dans l'apprentissage de l'éloquence dont je viens de parler, fut triomphal. Les étudiants se pressaient à ses leçons et tout le monde ne pouvait entrer. Les salles étaient trop exiguës ; un jour, il fut pris dans une véritable bagarre ; on voulait le transporter de force au Muséum, seul établissement possédant un vaste amphithéâtre afin que tous les auditeurs pussent profiter de sa leçon. Les étudiants, qui le vénéraient, l'avaient surnommé le père Thenard ; on ne le désignait dans l'Université que sous ce pseudonyme peut-être familier, mais très affectueux. Il aimait ses étudiants et eut maintes fois l'occasion de le leur prouver ; il lui arriva d'aller jusqu'au roi pour les arracher aux fureurs policières qui s'exerçaient avant la révolution de 1830, la police ayant toujours eu un préjugé défavorable contre les jeunes gens du quartier latin. Son enseignement par le livre et par la parole a eu, sur la chimie du

xix^e siècle, une répercussion considérable et nombreuses sont les vocations de savants qui se sont éveillées grâce à ses leçons. Il convient en effet de remarquer que les générations de chimistes qui ont pu être influencées par cet enseignement comptaient Dumas, Wurtz, Sainte-Claire-Deville, Pasteur, Gerhardt, Laurent, Berthelot et Friedel.

L'inconvénient, qui résulte des progrès mêmes de la science, de donner aux études un tour philosophique, éloigne en général les savants des applications pratiques.

Thenard ne tomba pas dans ce défaut si répandu qui a contribué à créer un fossé entre la science et l'industrie.

Dès le début de sa carrière, il ne perdit pas de vue les applications. Il ne faut pas oublier que les savants de la Révolution et de l'Empire ont été en état d'alerte perpétuelle pour fabriquer des produits de remplacement que le blocus continental obligeait à créer de toutes pièces. Certains, comme le sucre de betterave, ont même survécu au blocus. Berthollet, qui avait été un des protecteurs de Thenard, était de ceux qui avaient contribué à cette liaison entre la science et l'industrie. De plus, par suite du développement de la machine à vapeur, l'industrie prit à l'époque de Thenard un essor considérable et les savants ne pouvaient se désintéresser de progrès qui mettaient à chaque instant, à portée de leur esprit, de nouveaux sujets d'études. Ajoutons à cela que par son mariage Thenard était entré dans la famille de Conté, un des plus notoires inventeurs de la fin du xviii^e siècle, fondateur du Conservatoire des Arts et Métiers. Mlle Humblot-Conté avait apporté une belle dot avec des intérêts dans les affaires industrielles fort prospères fondées par Conté. Thenard était donc habilité à affronter les réalisations pratiques par toutes leurs faces. Son premier contact avec l'industrie fut assez brutal, mais se termina par un beau succès.

Chaptal étant ministre, le convoqua un jour d'urgence et lui tint à peu près

ce langage : « Nous ne pouvons plus, à cause du blocus, nous procurer du lapis-lazuli pour obtenir du bleu minéral. Voici 1.500 F dans ce sac, tu vas les prendre et me découvrir un bleu ayant les propriétés de l'outremer. Va-t'en, je n'ai pas le temps de t'écouter. » Là-dessus, il se lève et le met à la porte. Quinze jours après, le bleu Thenard à base d'alumine et de cobalt était découvert et un mois plus tard employé à Sèvres. C'était expéditif et cela valait mieux qu'une cascade de commissions et de sous-commissions.

Ce qui montre bien le caractère de Thenard, c'est qu'il ne s'en tient pas là. Il considérait comme imparfaite cette découverte hâtive. Et, en 1834, 35 ans après l'entrevue de Chaptal, le hasard lui montra dans une usine de soude une brique transformée en véritable outremer. Il était à ce moment président de la Société d'Encouragement et mit la question au concours avec un prix de 12.000 francs. Quelque temps après, un jeune ingénieur des poudres, Guimet, envoya à la Société d'Encouragement des échantillons magnifiques d'outremer synthétique. Il y gagna la célébrité et une jolie fortune. Thenard était enchanté, bien que l'intérêt du bleu qu'il avait découvert dans sa jeunesse en fût fort amoindri.

Il eut d'ailleurs d'autres succès d'ordre pratique. C'est lui qui donna le moyen d'imperméabiliser les pierres par des revêtements silicatés et il fit cette application pour rendre service à son ami le peintre Gros. Ce dernier avait peint les fresques du Panthéon qui, par suite de l'humidité, tombaient vite par plaques entières. Cette peinture avait eu un succès immense et la destruction de ce chef-d'œuvre avait été à juste titre considérée comme une catastrophe. Thenard se mit à l'ouvrage avec Darcet et réussit à obtenir un enduit, grâce auquel Gros put recommencer son œuvre, cette fois d'une manière définitive.

La découverte industrielle la plus importante qu'il fit, quant à l'importance des tonnages fabriqués, est cer-

tainement la préparation moderne du salpêtre qui a été utilisée jusqu'à l'invention des poudres sans fumée. On venait de découvrir les nitrates du Chili et il vint à l'idée de Thenard de substituer le nitrate de sodium comme matière première à celles si péniblement mises en œuvre dans les nitrières artificielles. Et c'est lui qui mit au point le procédé dit de conversion par double échange entre le nitrate de sodium et le chlorure de potassium.

Ce qui caractérise toutes ces découvertes, c'est un bon sens touchant au génie, fondé sur des connaissances profondes, un don extraordinaire d'observation et une grande audace expérimentale. Mais Thenard avait une qualité de plus, qu'il fut à même d'exercer dans la seconde partie de sa carrière ; c'est un sens profond de l'administration. Il peut à ce titre être considéré comme un des fondateurs de l'Université actuelle.

A cette époque, où les élites véritables n'avaient pas de mal à s'imposer, il débuta dans les fonctions administratives par le décanat de la Faculté des Sciences et devint par la suite chancelier de l'Université, fonction qu'il conserva jusqu'au coup d'Etat du 2 décembre. Comme il avait en même temps une grande influence politique, toutes ses réformes purent vite aboutir. Son œuvre administrative est très variée et empreinte comme toujours d'un robuste bon sens.

La physique et la chimie étaient très mal enseignées dans les Lycées et les Collèges. Il va droit à la source et influe personnellement sur le recrutement des jeunes agrégés à l'Ecole Normale. Il les connaît tous. Il les invite dans sa maison de Fontenay-sous-Bois, joue au billard et au whist avec eux et peu à peu dote l'Université d'un corps de professeurs de physique remarquables, égaux en valeur aux mathématiciens qu'elle possédait déjà. Cela n'allait pas tout seul, car son ami Poisson qui recrutait ces derniers était en concurrence avec lui et, à eux deux, ils s'arrachaient les meilleurs sujets. Poisson finit par se

lasser et par dire : « Je vois bien qu'avec Thenard nous jouons à qui perd gagne et je suis toujours battu. Il est plus malin que moi. J'espérais le choix, mais il me prend toujours ce que j'ai de meilleur ; ma foi, j'aime mieux partager. »

Sa réforme des collèges fut poussée dans les détails. Il changea les programmes de science, y créa de toutes pièces les cabinets de physique, les expériences de chimie, les musées d'histoire naturelle.

La question financière et purement matérielle reçut également ses soins avec l'approbation du ministre qui était enchanté de voir administrer le bien public par un homme, lequel avait aussi bien géré sa fortune particulière et les intérêts du chemin de fer de Lyon à St-Etienne dont il était le président et le fondateur. C'était l'époque où le roi avait dit à la nation : « Enrichissez-vous » et où l'on ne considérait pas qu'un fonctionnaire devait être nécessairement dans une situation modeste. Tout de suite, il constata la mauvaise gestion des collèges, créa une comptabilité, un corps d'Economes bien payés et exigea pour les élèves de la nourriture, de l'air et de la chaleur. Comme on peut s'y attendre, les collèges devinrent prospères, les budgets s'équilibrèrent. Mais des ennemis surgirent et principalement dans l'enseignement libre qui détenait presque le monopole des études classiques. Aussi, bien qu'il fût un excellent catholique, les évêques devinrent ses adversaires résolus et ils furent au 2 décembre les artisans de sa chute, de même que, quelques années après, ils obtiendront pour les mêmes raisons la retraite de Victor Duruy.

Il faut ajouter à cette œuvre organisatrice la réforme complète des études médicales qui lui fut certainement inspirée par des conversations avec Dupuytren dont il était l'ami intime.

Il essaya de supprimer les officiers de santé, mais il échoua malgré son robuste raisonnement : « Il n'y a pas de demi-malades, il ne doit pas y avoir de demi-

médecins. ». On sait que par la suite cette réforme qu'il avait annoncée finit par aboutir. La nomination des professeurs, l'agrégation prirent entre ses mains la forme qu'elles ont encore aujourd'hui. Il est évident que sa qualité de grand savant officiel le mit à même de recruter au mieux les membres de l'enseignement supérieur. Ce travail se faisait à l'Académie des Sciences dont il était un des membres les plus assidus. A cette époque, les jeunes savants avaient audience à l'Institut et pouvaient y lire eux-mêmes leurs mémoires. Thenard se mettait au premier rang, les écoutait et concluait en les envoyant dans des chaires munies de laboratoires où ils pouvaient exercer leur talent. On peut dire que c'est lui qui découvrit J.-B. Dumas, Sainte-Claire Deville et Pasteur. Son jugement était parfois sévère, mais jamais sans appel.

Une lettre de Gerhardt à Cahours nous fait part d'un de ces incidents. Gerhardt avait lu à l'Académie un mémoire sur la réforme des équivalents et se fit un devoir d'aller chez Thenard en porter un exemplaire. Voici comme il raconte sa visite en 1842 :

« Après avoir fait faction pendant une heure pour attendre son retour de la campagne, je fus enfin introduit chez l'illustre collaborateur de Gay-Lussac. Je lui offre un exemplaire de mon travail ; il me répond avec le ton grognon que vous lui connaissez : " Je ne suis pas du tout content de votre mémoire. " Moi de m'étonner, de lui en demander timidement la raison. Thenard élève la voix. Je croyais un moment qu'il allait me manger. Il crie à qui veut l'entendre que la rédaction de mon travail n'est pas académique, que le plus illustre des chimistes, Lavoisier même, n'oserait pas écrire : telle ou telle chose est fausse, que ce n'est pas français, qu'un homme qui a reçu de l'éducation n'écrit pas ainsi. Par malheur, répondis-je à Thenard, je ne suis pas courtisan, lorsque j'ai une conviction, je l'exprime sans détour. Thenard ne me laissa pas achever, il répliqua : " Je n'aime pas les

courtisans, mais je vous dis que cinq ou six membres de l'Institut ont la même opinion sur votre mémoire que moi... êtes-vous convaincu ?" Moi, entendant mal cette dernière phrase, ou comprenant tout autre chose, je dis : non. Voilà que Thenard se lève furibond. "Adieu Monsieur, adieu Monsieur", me répète-t-il au moins dix fois sans me laisser formuler ma pensée et il me met à la porte en présence de son domestique. Je m'attendais à recevoir un coup de pied dans le d... »

Quelques années après, en 1856, alors qu'il venait d'être nommé correspondant de l'Institut, le même Gerhardt écrivait à Chancel : « Merci, mon cher ami, de vos félicitations. C'est le brave père Thenard qui a fait réussir ma candidature ; ce bon vieillard m'a lui-même annoncé le résultat du vote. »

Ce petit conflit qui n'avait amené aucune rancœur est à l'honneur des deux grands savants et nous montre avec quelle passion Thenard suivait les progrès de la Chimie. Au fond, il n'aimait pas beaucoup que l'on discutât ses conceptions en chimie et il continuait ainsi une tradition de l'époque dont il avait été victime autrefois : le respect dû aux idées des grands dignitaires de la Science. En effet, au temps de sa jeunesse, alors qu'il créait avec Gay-Lussac la chimie physique, il avait entrevu la vraie nature du chlore ; il était près de le considérer comme un corps simple alors que tous les savants de l'époque admettaient qu'il contenait de l'oxygène. Mais Berthollet qui, à cette époque, était le grand maître de la chimie, n'admettait pas cette hypothèse que Thenard et Gay-Lussac avaient pourtant imprimée ; par discipline, ils se sont inclinés tous les deux et ont manqué ainsi une découverte qui devait illustrer Davy.

D'ailleurs, pendant plus de trente ans, Thenard a exercé sur la chimie une véritable dictature ; mais à l'inverse de beaucoup de dictateurs, il ne pensait qu'à l'avenir de la science, à la prospérité du pays et à l'esprit de justice, en

effaçant de sa pensée tout ce qui pouvait être son intérêt personnel.

Son rôle de grand administrateur s'est trouvé singulièrement facilité par sa situation politique. Pendant une grande partie du XIX^e siècle, les pouvoirs publics ont attiré dans leur orbite, les élites intellectuelles. Thenard, qui, pourtant n'a jamais recherché les succès politiques, n'a pas échappé à cette ambiance et, par une sorte de fatalité qu'il considérerait un peu comme la rançon de sa réussite, il a sous tous les régimes approché les familles régnantes.

Napoléon I^{er} qui aimait les sciences et qui voyait d'un œil très favorable la Société d'Arcueil dont Thenard était un membre assidu, le connaissait ; il appréciait ses services puisqu'il lui confia en même temps qu'à Gay-Lussac les études d'électrochimie sur la pile géante dont il avait fait don à l'Ecole Polytechnique. Charles X et le duc d'Angoulême visitèrent plusieurs fois l'Ecole Polytechnique, assistèrent au cours de Thenard, connaissaient ses travaux et faisaient un grand état de sa célébrité mondiale. Mais ce n'est qu'en 1827 qu'il affronta le corps électoral. Les arrondissements de Sens et Joigny lui offrirent la députation et la nomination au grand collège.

Il siégea au centre droit et s'imposa une règle à laquelle bien des hommes politiques devraient songer : « Jamais, disait-il, je ne me suis occupé que des choses que je connais à fond. » Il suivit le Gouvernement jusqu'au Ministère Polignac contre lequel il se déclara, car il en trouvait les tendances effrayantes. Il fut réélu en 1830, mais en 1832 les électeurs le trouvèrent trop conservateur et le rendirent à ses études ; au feu de joie qu'ils firent pour célébrer cet échec, Thenard pensait avec sérénité qu'on lui offrait le retour à la liberté. Cette liberté ne fut pas longue, car, la même année, le duc d'Orléans, son ancien élève, vint le trouver dans son cabinet pour lui offrir de la part de son Père la pairie à la succession de Cuvier.

Tout le temps qu'il a siégé dans les Chambres, Thenard s'est cantonné dans l'étude et la défense de toutes les ques-

tions scientifiques et industrielles. Bien souvent, avec cette éloquence professorale qu'il maniait avec finesse, il réussit à faire passer des lois fort utiles au Pays. Ainsi le système métrique fut rendu obligatoire sous son impulsion. Le sucre de betterave, attaqué par les colons, les armateurs et même par les économistes, fut défendu par lui avec succès et on sait quelle prospérité cette industrie, née du blocus continental, devait rencontrer par la suite.

Il fit voter, contre Thiers, la loi qui obligeait les constructeurs de bateaux à commander les chaudières à vapeur en France et non en Angleterre, à une époque où la guerre avec cette dernière semblait imminente.

Dans toutes les occasions, il défendit la science et les savants et fit passer les lois qui mettaient à la charge du pays la réimpression des œuvres de Laplace et des pensions importantes à la veuve de Cuvier, à celle de Champollion et à celle de Vicat.

Il était d'ailleurs hanté par l'idée que les savants et leur famille pouvaient sombrer dans le dénuement. Cette pensée ne cessa de le poursuivre et, à la fin de sa vie, son dernier effort fut de créer la Société des amis des sciences, fondée

uniquement dans le but de venir en aide aux savants pauvres et à leurs parents.

Cette société lui survit encore et ne cesse de remplir sa généreuse mission.

Cette inlassable activité s'éteignit pourtant un jour et, au soir de sa vie, Thenard montra une fois encore sa grande âme. Les deuils s'accumulèrent autour de lui ; il supporta avec une résignation admirable la mort de sa femme, pour laquelle il avait de la vénération et qui l'avait secondé pendant toute sa carrière avec une tendresse et une intelligence extraordinaire ; puis celle d'un fils qui, heureusement, avait un frère fort distingué, lequel, par la suite, devint membre de l'Institut après des travaux fort appréciés de chimie pure et de chimie agricole.

Il quitta la vie sans souffrance en 1857, pieusement comme il avait vécu, après une existence dont chaque minute avait été consacrée au culte de la famille, de la science et du Pays.

Quel modèle d'existence que celle d'un savant de génie, comblé par les honneurs, par la fortune et dont la dernière pensée s'est tournée vers le soulagement de ses collègues malheureux ! Ainsi mourut Louis-Jacques Thenard après une vie glorieuse, dans la sérénité que donnent les bonnes actions.

Les piles à combustibles

leurs perspectives d'application ⁽¹⁾

par M^{me} O. BLOCH,

*Chef du Service des Piles à Combustibles
à l'Institut Français du Pétrole.*

Parmi les différentes voies de transformation des énergies qui s'offrent à l'expérimentation, il est particulièrement tentant de chercher à réaliser la transformation directe de l'énergie chimique des combustibles en énergie électrique. C'est pourquoi, de par le monde, les recherches effectuées dans ce domaine sont pour une part importante consacrées aux piles à combustibles. On peut dénombrer une centaine de laboratoires travaillant aux Etats-Unis sur le problème. Il faut y ajouter différents laboratoires en Angleterre, en Allemagne, en Suède, ainsi qu'en U.R.S.S. et au Japon. En France, divers laboratoires, tant industriels qu'universitaires, étudient également le sujet et leurs travaux ont pu se développer et se coordonner grâce à des contrats passés avec la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

L'objet que nous nous proposons est d'examiner l'état d'avancement des di-

verses recherches sur les piles à combustibles et d'essayer de dégager quelques aspects des perspectives offertes par les piles dans le domaine industriel. Nous discuterons plus en détail les perspectives d'application des piles à méthanol qui sont plus particulièrement étudiées à l'Institut Français du Pétrole, mais nous nous efforcerons également de donner une idée des perspectives d'application qui peuvent être envisagées pour les piles à hydrogène ou à hydrocarbures.

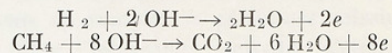
CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES. DE FONCTIONNEMENT DES PILES A COMBUSTIBLES.

Toute pile électrique met en œuvre des réactions d'oxydo-réduction. Les piles les mieux connues sont celles qui utilisent des composés minéraux, par exemple le zinc comme réducteur et le

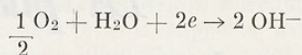
(1) Conférence faite le 9 février 1964 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

bioxyde de manganèse comme oxydant (fig. 1). Cependant, l'on peut tout aussi bien envisager d'utiliser, à la place du zinc, un combustible quelconque : hydrogène ou hydrocarbure par exemple, et, à la place du bioxyde de manganèse, directement l'oxygène de l'air. Les réactions électrochimiques seront alors les suivantes :

à l'anode : oxydation de l'hydrogène ou de l'hydrocarbure selon les schémas :



à la cathode : réduction de l'oxygène selon le schéma :



PILE CLASSIQUE

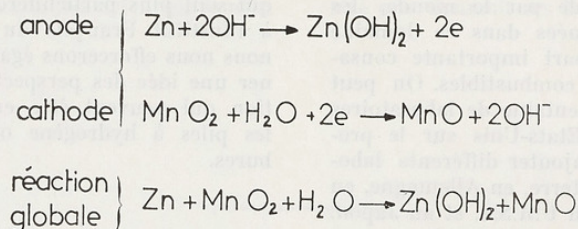
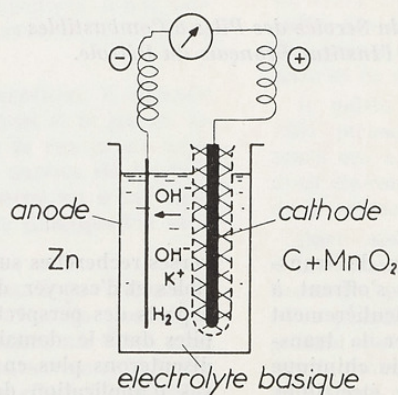
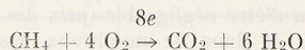
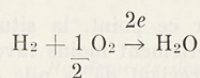


Fig.1

— Schéma d'une pile classique à zinc-bioxyde de manganèse.

Les réactions globales, dans chacun des cas considérés, correspondant à la réaction de combustion avec passage

d'une quantité déterminée de courant électrique :



Par rapport aux piles classiques, de telles piles possèdent des avantages évidents liés d'une part à la possibilité d'un fonctionnement continu, d'autre part à des prix de revient beaucoup plus faibles (dans la mesure où l'on peut utiliser des combustibles bon marché).

Un autre avantage concerne le rendement de la transformation réalisée, rendement qui, en théorie, peut être voisine de 1.

Lorsque toutes les conditions de réversibilité sont réunies et notamment lorsque le débit de la pile est infiniment petit, le travail fourni est égal à la diminution d'enthalpie libre correspondant à la réaction :

$$W = n F E_o = -\Delta G = -(\Delta H - T \Delta S) \quad [1]$$

où n est le nombre d'électrons libérés par mole de combustible ;

F est le Faraday, c'est-à-dire le produit de la charge de l'électron par le nombre d'Avogadro.

E_o la différence de potentiel aux bornes de la pile.

ΔH et ΔS respectivement les variations d'enthalpie et d'entropie relatives à la réaction globale et rapportées à une mole de combustible.

La formule [1] donne l'expression de la tension en circuit ouvert :

$$E_o = \frac{-\Delta G}{nF} \quad [2]$$

L'expression du rendement théorique est la suivante :

$$\eta_o = \frac{W}{-\Delta H} = 1 - T \frac{\Delta S}{\Delta H} \quad [3]$$

Le terme $T \Delta S$ est également faible par rapport à ΔH ; il peut être positif, nul ou négatif. Les potentiels théoriques sont très voisins et de l'ordre de 1 Volt pour les différents combustibles. Le ren-

dement théorique est voisin de 1 à la température ambiante. Un accroissement de la température de fonctionnement a un effet positif ou négatif suivant le signe de $T \Delta S$, c'est-à-dire pratiquement suivant le signe de variation du nombre de moles au cours de la réaction. Le rendement et le potentiel diminuent par exemple avec la température — et de façon assez sensible — dans le cas de l'hydrogène et du CO ; ils ont tendance à augmenter légèrement avec les hydrocarbures.

Lorsque la pile débite, c'est-à-dire dans les conditions d'utilisation pratique, il se produit des irréversibilités dont les plus importantes sont celles correspondant à la polarisation des électrodes. La thermodynamique nous apprend que dans ces conditions le travail réel fourni par la pile est inférieur en valeur absolue à la variation d'enthalpie libre :

$$|W_r| < |\Delta G|$$

Il en résulte à la fois une réduction de rendement et une réduction de tension d'autant plus importantes que la pile débite davantage. Si l'on admet que le combustible est oxydé complètement dans tous les cas, il existe une relation simple entre le rendement réel η , le rendement théorique η_o , le potentiel réel E et le potentiel théorique E_o . En effet :

$$\eta = \frac{nFE}{\Delta H}, \text{ d'où } \frac{\eta}{\eta_o} = \frac{E}{E_o}$$

Pour permettre la comparaison des différentes réalisations, il est commode de ramener le débit de la pile à l'unité de surface apparente des électrodes et de le caractériser par la densité de courant exprimée généralement en Ampères/cm². La figure 2 donne un exemple des courbes de potentiel, de rendement et de puissance par unité de surface en fonction de la densité de courant. Les variations sont généralement importantes et constituent l'essentiel des limitations d'ordre pratique relatives aux piles à combustibles.

Le tableau I permet de situer, de ce dernier point de vue du rendement, les piles à combustibles par rapport à diverses autres techniques de transformation des énergies.

Cependant, pour effectuer des comparaisons valables entre des dispositifs, il est encore nécessaire de pouvoir estimer le prix de revient des combustibles ainsi que le prix d'investissement du disposi-

tif. Or, sur ce point, la situation des piles est nettement moins favorable car le prix de revient de la pile elle-même est loin d'être négligeable (prix des électrodes) et dans de nombreux cas des performances correctes ne sont obtenues qu'avec des combustibles relativement coûteux. Nous allons essayer de préciser cette situation en discutant les principaux résultats obtenus à ce jour pour un certain nombre de combustibles.

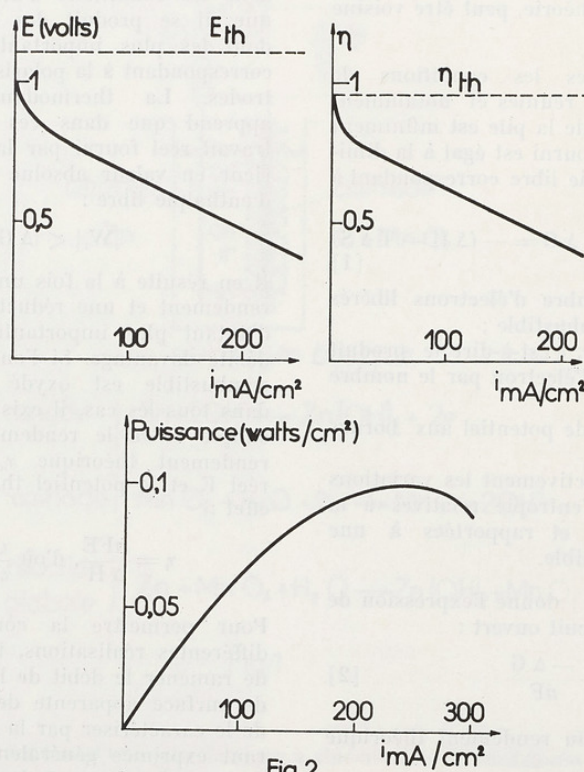


Fig.2.

Courbes caractéristiques d'une pile à combustible.

TABLEAU I

Rendements des différentes techniques de transformation

	Rendements théoriques	Rendements pratiques
Procédés à source chaude :	$\eta_o = 1 - T_o/T$	
Centrales thermiques	$T_o = 50^\circ \text{ C} \quad T = 650^\circ \text{ C} \quad \eta_o = 0,65$	0,40
Centrales nucléaires	$T_o = 50^\circ \text{ C} \quad T = 350^\circ \text{ C} \quad \eta_o = 0,48$	0,30
Piles thermiques	$T_o = 50^\circ \text{ C} \quad T = 350^\circ \text{ C} \quad \eta_o = 0,48$	0,10 — 0,15
Moteurs :	$\eta_o = 1 - \frac{1}{Z - C_p/C_v - 1}$	
Moteurs à explosion	$\tau = 10 \quad \eta_o = 0,60$	(0,35)
Diesel	$\tau = 22 \quad \eta_o = 0,71$	(0,40) 0,24
Turbines	$\tau = 10 \quad \eta_o = 0,61$	0,38
Magnéto-hydrodynamiques		0,55
Piles	$\eta_o = 0,95 \text{ à } 1$	0,60 — 0,70

 η = rendement τ = taux de compression

LES PILES A HYDROGÈNE.

L'idée de l'utilisation de l'hydrogène comme combustible de pile est loin d'être récente, puisque les premiers essais de construction de piles remontent à Grove aux environs de 1840. Cependant, les piles de Grove ne donnaient que des densités de courant extrêmement faibles et toute idée de réalisation fut abandonnée pendant de longues décades. Ce n'est que depuis quelques années que l'on commence à réaliser des électrodes permettant de faire réagir les gaz : hydrogène et oxygène avec des performances appréciables. La mise au point de telles électrodes schématisées sur la figure 3 se heurte à de nombreuses difficultés. Les électrodes doivent, en effet, satisfaire à toute une série de conditions :

— elles doivent évidemment être conductrices du courant et ne pas être susceptibles de se corroder

dans les conditions réalisées dans la pile,

- elles doivent, d'autre part, être constituées de matériaux ayant une activité catalytique vis-à-vis des composés considérés (on utilise généralement pour l'hydrogène soit le nickel, soit des métaux précieux, et, pour l'oxygène, le charbon seul ou en combinaison avec divers métaux précieux),
- elles doivent, en outre, avoir une structure poreuse telle que de nombreux sites catalytiques soient accessibles à la fois au gaz et au liquide. La réaction considérée implique en effet trois phases : le solide catalytique, le gaz et l'électrolyte, et il s'agit de réaliser à l'intérieur du poreux une surface optimale de contact entre les trois phases,
- enfin, cette surface de contact étant réalisée, il faut encore qu'elle se

maintienne stable en fonction du temps.

Ce dernier point pose un problème délicat. Des solutions diverses, basées

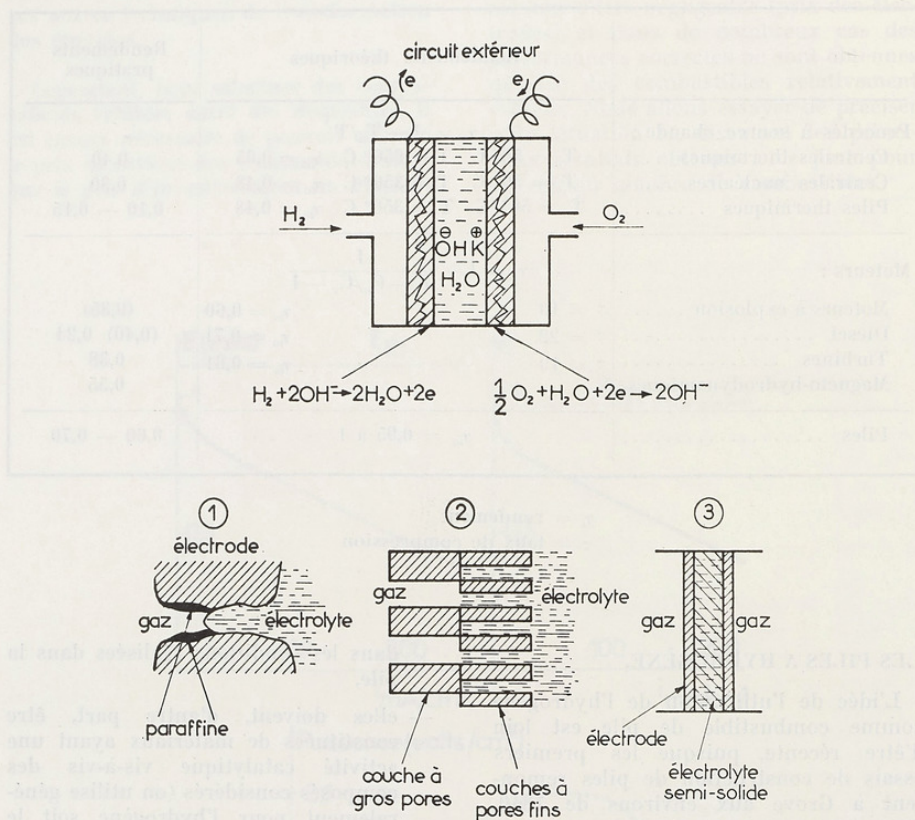


Fig. 3.

Schéma d'une pile hydrogène-oxygène et principales solutions adoptées pour obtenir une surface de contact stable.

sur des artifices de capillarité, ont été proposées :

1. Hydrophobage partiel destiné à empêcher l'électrolyte de grimper par capillarité dans les pores [schéma (1), figure 3].

2. Utilisation d'électrodes à double porosité, le diamètre des plus gros pores étant ajusté compte tenu de la pression du gaz, pour que l'électrolyte ne puisse pénétrer dans ces pores [schéma (2), figure 3].

3. Utilisation d'une électrode mince et maintien de l'électrolyte dans une sorte de matrice solide constituée, pour les piles à basse température, par une résine échangeuse d'ions imprégnée d'électrolyte [schéma (3), figure 3].

Les performances des piles, quelque peu variables selon les constructeurs, sont actuellement d'environ 100 à 200 mA/cm² sous 0,5 V à 0,8 V par élément. Certaines, parmi ces piles, ont déjà fonctionné pendant plusieurs années.

Plusieurs sociétés, aux Etats-Unis notamment, ont déjà entrepris la construction de batteries de piles. L'exemple le plus illustratif est celui du tracteur d'Allis-Chalmers alimenté par 1.008 piles et développant une puissance de 15 kW (1) (figure 4). La figure 5 montre les batteries réalisées par l'Union Carbide. Ces batteries comportent 35 éléments et peuvent fournir une puissance de 500 watts à la pression atmosphérique et 1.000 watts pour une pression de 5 atm. (2).

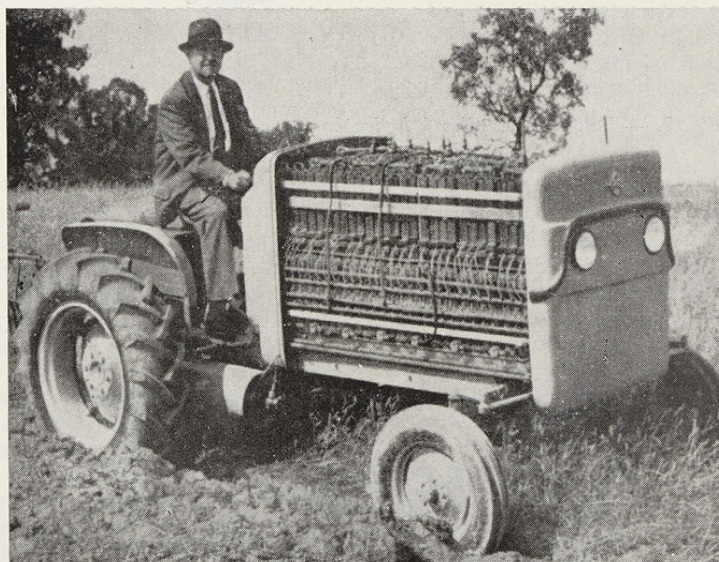


FIG. 4. — Tracteur d'Allis-Chalmers.

Malgré ces réussites techniques remarquables, si l'on considère les progrès qui ont pu être accomplis en quelques années, l'utilisation des piles à hydrogène se heurte à plusieurs difficultés.

A l'exception d'industries locales où l'on dispose d'excédents d'hydrogène qui pourraient être utilisés en continu dans des piles, les difficultés principales sont liées au prix de revient du combustible et à ses conditions de

stockage. Malgré ces difficultés, et compte tenu des progrès qui peuvent être accomplis en matière de stockage (stockage cryogénique par exemple) les

piles à hydrogène présentent de l'intérêt pour des usages spéciaux, notamment pour l'alimentation énergétique d'engins spatiaux. Divers prototypes ont

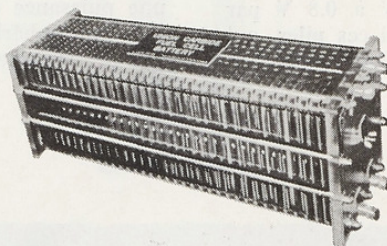


FIG. 5. — Batteries de piles à hydrogène-oxygène de l'Union Carbide.

été réalisés dans ce but aux Etats-Unis, notamment par la Société Pratt et Whit-

ney (3) et par la General Electric (4), figure 6.

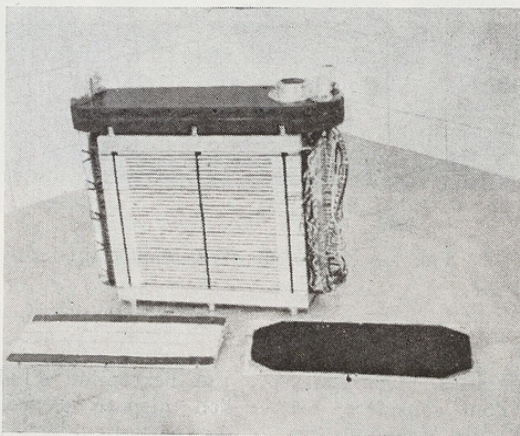


FIG. 6. — Batteries de piles hydrogène-oxygène de la General Electric.

D'autres applications des piles à hydrogène oxygène peuvent être envisagées, notamment pour le stockage de l'énergie électrique. De nombreux travaux ont été effectués à ce sujet par le Professeur Justi en Allemagne (5) ainsi qu'aux U.S.A. Les performances de tels accumulateurs sont estimées supérieures à celles des accumulateurs Ni-Cd (6) (7). Il serait également possible d'utiliser les piles à hydrogène pour transformer des énergies autres que chimiques (énergie solaire, énergie nucléaire) en énergie électrique en se servant de ces sources d'énergie pour régénérer en continu l'hydrogène et l'oxygène à partir de l'eau formée (8).

LES PILES A HYDROCARBURES.

La preuve étant faite qu'il est possible de réaliser sur le plan pratique des piles à gaz, voyons maintenant s'il est possible de substituer à l'hydrogène des combustibles beaucoup plus intéressants, à savoir les hydrocarbures.

En fait, avec les hydrocarbures, les performances des piles sont de loin inférieures à celles obtenues pour l'hydrogène et, actuellement, les différents chercheurs se posent tous la question de savoir quelle méthode utiliser pour vaincre l'inertie chimique de ces composés. Les recherches portent principalement sur deux types de piles : celles qui réalisent l'oxydation directe des hydrocarbures à basse ou moyenne température, celles qui passent par une conversion préalable de l'hydrocarbure en hydrogène et oxyde de carbone.

Piles directes.

De nombreux laboratoires s'accordent pour reconnaître que la réactivité des hydrocarbures, même sur des catalyseurs très élaborés comme ceux utilisés pour l'hydrogène, est très faible. Pour obtenir une meilleure réactivité, il paraît rationnel de chercher à accroître la tem-

pérature ; cependant, cet accroissement est difficilement compatible avec l'emploi d'électrolytes aqueux. On a tout d'abord proposé d'utiliser des piles sous pression qui permettent d'atteindre des températures d'environ 200° C (9), mais une meilleure solution consiste à utiliser d'autres électrolytes. De premiers résultats ont été obtenus avec différents hydrocarbures dans un électrolyte constitué par de l'acide phosphorique à faible teneur en eau (10), (11). La réactivité des hydrocarbures devient appréciable à partir d'environ 150° C et les chercheurs de la General Electric (11) annoncent avoir obtenu des performances de piles d'environ 20 mA/cm² sous 0,5 V.

Un tel électrolyte n'est pas stable au-delà d'environ 200° C. Lorsque l'on cherche à explorer la réactivité des hydrocarbures à plus haute température en utilisant pour ce des électrolytes constitués par des sels fondus, divers inconvénients apparaissent, en particulier le fait que l'on obtient des réactions parasites avec dépôt de coke qui colmate les électrodes. Pour éviter un tel dépôt, on peut avoir recours à l'addition de vapeur d'eau, ce qui revient en fait à transformer l'hydrocarbure en un mélange, hydrogène et d'anhydride carbonique (ou d'oxyde de carbone) et à réaliser une pile à hydrogène indirecte.

Piles indirectes.

Il est toujours possible d'envisager une transformation de l'hydrocarbure en hydrogène, en réalisant par exemple une conversion à la vapeur d'eau. La réaction de conversion devant être réalisée à température relativement élevée, divers laboratoires aboutissent actuellement à la conclusion qu'il y a intérêt à faire fonctionner la pile à une température voisine de la température du réacteur de conversion. Une solution relativement élégante consiste à effectuer la conversion dans la pile elle-

même en réalisant par exemple le schéma de la figure 7.

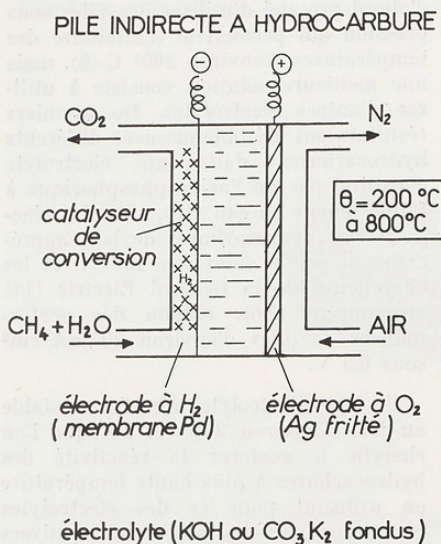


Fig. 7.

Schéma d'une pile à haute température réalisant l'utilisation indirecte d'un hydrocarbure.

On peut notamment utiliser comme électrode à hydrogène, non plus un poreux, mais une membrane métallique mince, de nombreux métaux (par exemple le palladium) devenant perméables à l'hydrogène à partir d'une certaine température (12). Le développement de telles piles est actuellement freiné par les difficultés de réalisation des électrodes à oxygène. En effet, il est très difficile de trouver un métal résistant à la corrosion à cette température en présence d'oxygène. On peut, par contre, utiliser divers oxydes, mais il est nécessaire de leur donner une conductibilité électrique suffisante. De nombreuses études sont en cours dans différents laboratoires, en particulier en France dans les services du Gaz de France (13), de la C^{ie} Générale d'Electricité et de l'Electricité de France (14), ainsi qu'à l'Institut Français du Pétrole. Si ces

difficultés peuvent être résolues, il est évident que les piles à haute température pourraient avoir de nombreuses applications. Compte tenu du fait qu'elles permettent de mettre en œuvre des combustibles industriels, il n'est pas interdit de penser qu'elles pourraient être utilisées en remplacement des centrales classiques ou, au contraire, conjointement à celles-ci par exemple comme étage de tête (15).

LES PILES A MÉTHANOL.

Outre l'hydrogène et les hydrocarbures, divers autres composés peuvent être envisagés comme combustibles de piles. En particulier, certains dérivés oxygénés des hydrocarbures, comme le méthanol, s'oxydent beaucoup plus aisément que ces derniers et il en est de même pour l'hydrazine, composé particulièrement réactif, dès la température ambiante. Par rapport à l'hydrogène, ces divers réactifs présentent l'avantage d'être liquides et donc plus faciles à transporter. Ces réactifs étant, d'autre part, miscibles en proportion importante à l'électrolyte, il n'est plus nécessaire d'avoir recours, côté combustible, à une électrode poreuse, l'anode pouvant par exemple être constituée par une simple plaque recouverte de catalyseur et immergée dans le mélange électrolyte-combustible (figure 8).

Les critères de sélection des combustibles de ce type devront être basés sur différentes considérations tenant compte à la fois du prix de revient, de la réactivité et de la facilité d'élimination des produits de la réaction.

La première considération relative au prix de revient conduirait spontanément à éliminer l'hydrazine, qui reste un composé rare et coûteux (environ 15 F le kilo) au profit de combustibles industriels tels le méthanol, dont le prix de revient est beaucoup plus faible (le prix du méthanol est environ 4 fois celui de l'essence, à pouvoir calorifique égal).

Cependant, comme nous le verrons plus loin, si le prix de l'hydrazine est prohibitif pour la plupart des usages, le prix de la pile elle-même est relativement plus faible, l'hydrazine à la différence

PILE A COMBUSTIBLE DISSOUS

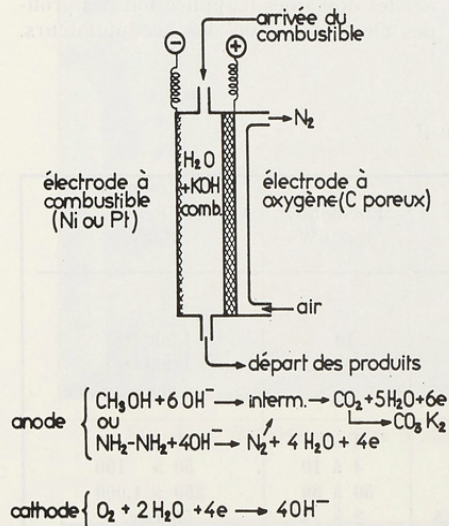
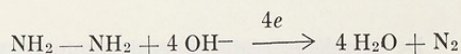


Fig. 8.

Schéma d'une pile à méthanol ou à hydrazine.

du méthanol, étant réactif à basse température sur des catalyseurs autres que des métaux précieux, par exemple sur noir de nickel. D'autre part, même sur ce dernier type de catalyseur, les performances des piles à hydrazine restent plus grandes que les performances obtenues avec divers combustibles oxygénés : environ 100 mA/cm² sous 0,7 à 0,8 V pour l'hydrazine contre 100 mA/cm² sous 0,4 à 0,5 V pour le méthanol.

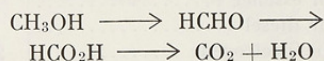
Le dernier point de vue relatif à la facilité d'élimination des produits est encore favorable à l'hydrazine, car l'oxydation de ce composé ne conduit qu'à de l'eau et à l'azote :



Avec tous les dérivés hydrocarbonés, se pose le problème de l'élimination du gaz carbonique issu en dernière étape de la réaction d'oxydation. Diverses solutions sont envisagées : opération en présence d'un électrolyte acide, au prix d'une diminution des performances, ou bien encore décarbonatation continue de l'électrolyte par exemple par de la chaux.

Les différents combustibles oxygénés ont, d'autre part, un comportement électrochimique complexe. Les oxydations s'effectuent par étapes et l'on obtient généralement toute une série d'intermédiaires réactionnels.

Les intermédiaires issus du méthanol, formol et acide formique :



sont réactifs et ne s'accumuleront pas en quantités importantes dans l'électrolyte (16) (17) (18). Avec d'autres alcools, l'on s'arrête généralement soit au stade cétone (avec les alcools secondaires) soit au stade acide (avec les alcools primaires) et des dérivés de ce type ne peuvent que difficilement constituer des réactifs pour piles (du moins si l'on adopte la perspective de la fourniture d'énergie électrique et non celle de produits chimiques).

Cette première analyse nous conduit à sélectionner le méthanol comme combustible particulièrement intéressant et, à titre de comparaison, l'hydrazine qui reste le combustible liquide le plus réactif à basse température.

L'étude et la construction de différents types de piles à méthanol et à hydrazine est actuellement en cours à l'Institut français du pétrole.

De premières réalisations de prototypes d'environ 10 watts (figures 9 et 10) ont été effectuées. De nombreuses difficultés technologiques restent encore à résoudre avant que l'on puisse envisager la construction à grande échelle. On a pu néanmoins effectuer de premières estimations des caractéristiques de fonctionnement des piles au point de vue

encombrement, poids et prix, de façon à essayer de situer les piles par rapport à divers dispositifs « concurrents », notamment à moyenne échelle. Ces estimations qui feront l'objet de prochaines publications (19) sont résumées dans le tableau II. Elles indiquent que le principal intérêt des piles pourrait concerner les domaines d'application des groupes électrogènes ou des accumulateurs.

TABLEAU II

Type de générateur	Poids kg/kW	Encombr ^t . dm ³ /kW	Prix F/kW
Pile à méthanol :			
Pt — 1,4 mg/cm ² 36,8 g/kW ..	34	10	1.900 (**)
Pd — 3,0 » 94 » ...	40,5	11,7	1.960 (**)
Pile à hydrazine	8,1	2,3	306 (**)
Moteur essence	1,5 à 3	3 à 4	20 à 40
Moteur diesel	3 à 9	4 à 10	50 à 100
Groupe électrogène	25 à 70	50 à 80	350 à 1.000
Turbine	0,3 à 0,5	2 à 3	50 env.
Accumulateurs :			
Pb — C/10	600	330	900 (× 2) (*)
3 C	15	8,25	22,5 (× 31) (*)
Cd-Ni — C/5	190	95	3.250 (× 2) (*)
10 C	5	2,5	85 (× 51) (*)
Ag-Zn — C/10	105	50	18.000 (× 2) (*)
5 C	5	2,4	430 (× 51) (*)

(*) Coefficient correspondant au nombre d'accus nécessaires pour fournir un service continu.

(**) Valeur obtenue pour la matière première seule (main-d'œuvre non comprise).

Un certain nombre de véhicules utilitaires, emploient, actuellement, des accumulateurs comme source d'énergie. Le remplacement des accumulateurs par des piles, en supprimant la nécessité des recharges serait vraisemblablement intéressant et permettrait peut-être un développement de la traction électrique. Toutefois, pour que l'extension puisse

concerner des véhicules autres qu'industriels, il faudrait que des gains très importants soient obtenus notamment en ce qui concerne les prix d'investissement des piles. A condition d'utiliser du méthanol et non de l'hydrazine, les budgets de fonctionnement des piles n'apparaissent pas prohibitifs si l'on tient compte du gain de rendement réa-

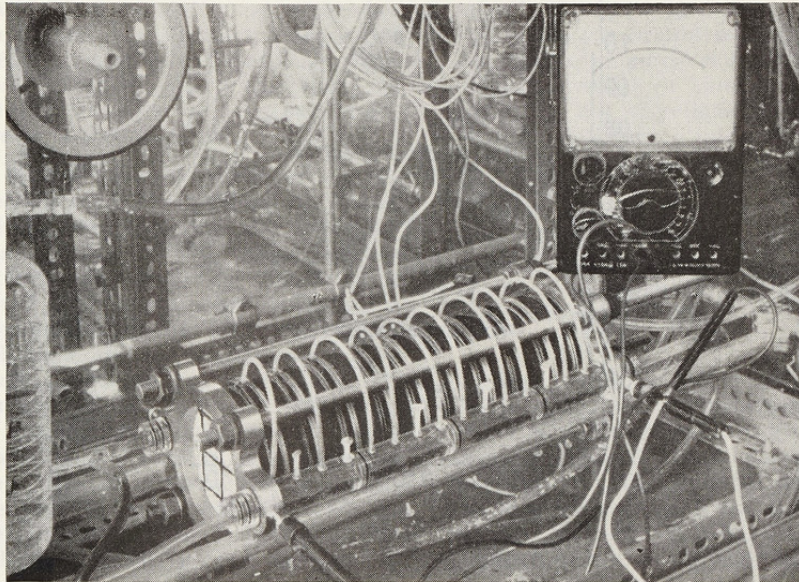


FIG. 9. — Batterie de piles à méthanol en cours d'étude à l'I.F.P.

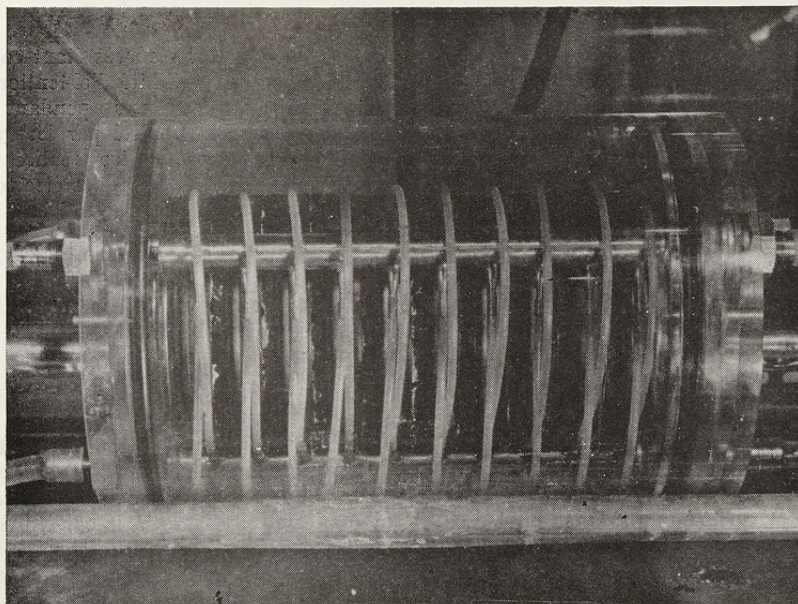


FIG. 10. — Autre vue d'une même batterie de pile à méthanol.

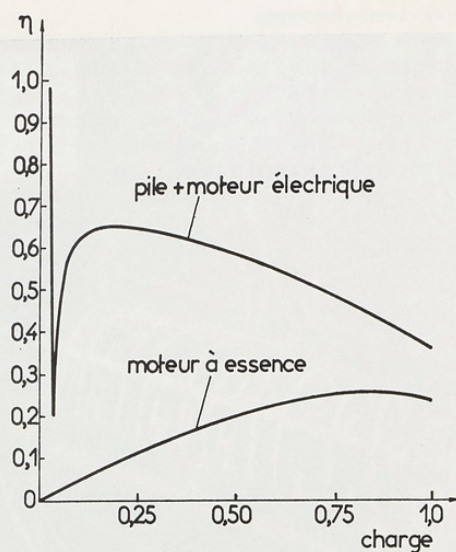


Fig.11.

Production d'énergie mécanique. Rendement d'un groupe pile-moteur électrique et d'un moteur à essence en fonction de la charge.

lisé pendant les périodes de fonctionnement à faible charge (20) (figure 11), gain qui compense approximativement l'augmentation du prix du méthanol par rapport à l'essence.

Il semble donc qu'il y ait là différents domaines d'applications futures pour les

pires à méthanol, les succès étant conditionnés par la possibilité d'obtention de performances constantes pendant de longues périodes et aussi par les gains divers qui pourront être réalisés en matière de prix de revient des électrodes (remplacement des métaux précieux par des catalyseurs moins coûteux).

CONCLUSIONS.

Pour résumer, à l'exception de l'hydrogène, pour lequel des progrès spectaculaires ont été réalisés ces dernières années et, peut-être, du méthanol, des problèmes très importants restent à résoudre pour que l'on puisse envisager l'application pratique des piles à combustibles.

Ces problèmes sont à la fois de nature technologique : mise au point d'électrodes, maintien de leur activité, découverte de matériaux résistant à la corrosion, et de nature théorique : recherche des lois de la cinétique électrochimique, établissement de relations entre la nature des catalyseurs et leur activité, entre la

structure des combustibles et leur réactivité. En particulier, les recherches entreprises par l'Institut français du Pétrole s'efforcent d'aborder ces différents points en insistant notamment sur l'étude cinétique des réactions complexes se produisant aux électrodes.

Si l'on envisage notamment le cas des dérivés hydrocarbonés, on obtient généralement toute une série d'intermédiaires. Nous en avons indiqué quelques exemples à propos des alcools et il serait très intéressant de chercher à comprendre les lois qui gouvernent la sélectivité de ces réactions. En effet, indépendamment des applications qui ont été étudiées et qui concernent toutes le domaine énergétique, de nombreuses applications pourraient être envisagées en matière de synthèse. L'intérêt essentiel de l'électrochimie comme méthode de synthèse doit être recherché dans la sélectivité qu'elle permet d'obtenir. Si l'on compare les réactions électrochimiques, qui sont des réactions catalytiques, aux réactions catalytiques classiques, un facteur nouveau : le potentiel, apparaît comme susceptible d'intervenir sur la

sélectivité des réactions et il n'est pas interdit d'imaginer que, de même que l'on réalise par électrolyse la séparation des métaux, on puisse élaborer des procédés de synthèse en chimie organique basés sur des opérations à potentiel contrôlé. Très peu d'études systématiques avec contrôle du potentiel ont été effectuées jusqu'ici, mais les recherches se développent actuellement à ce sujet dans différents laboratoires et les premiers résultats signalés (relatifs notamment à des réductions électrolytiques) sont encourageants (21).

D'une façon générale, dès qu'on quitte les piles à hydrogène pour entrer dans le domaine des piles à composés hydrocarbonés, c'est tout le problème de l'électrochimie organique qui se trouve posé, et il est difficile de prévoir quel sera l'aboutissement des recherches très nombreuses effectuées mais qui n'en sont encore qu'à leurs débuts : transformation de l'énergie, nouvelles synthèses et, en tout cas, progrès dans la connaissance des mécanismes des réactions catalytiques.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) W. MITCHELL : *Fuel Cells*, Academic Press New York, Londres, 1963.
- (2) Anonyme : *Union Carbide Fuel Cell*, brochure publiée par l'Union Carbide Consumer Products Co., 270, Park Avenue, New York, 17 N.Y.
- (3) G. ALEXANDER : *Aviation Week and Space Technology*, 9 avril 1962, p. 54.
- (4) E. A. OSTER : *16th Annual Power Source Conference*, 1962 Off. of Techn. Services, U.S. Dept of Commerce Washington, 25, D.C. p. 22.
- (5) E. JUSTI et A. WINSEL : « Kalte Verbrennung », Franz Steiner Publ., Wiesbaden, 1962.
- (6) Anonyme : *Chem. Week*, 27 mai 1961, p. 43.
- (7) R. M. HANDLEWICH, J. M. LEE : *17th Annual Power Sources Conference*, 1963, p. 42.
- (8) A. C. CHING et F. COHEN : *16th Annual Power Sources Conference*, 1962, p. 42.
- (9) C. E. HEATH et C. H. WORSHAM : *Am. Chem. Soc. Natl. Meeting Chicago*, 1901, Abstr. p. 11.
- (10) R. VAUCHER et O. BLOCH : *C.R. Acad. Sc.* 254, p. 3576.
- (11) W. T. GRUBB et L. W. NIEDRACH : *J. Electrochem Soc.* 1963 p. 1086.
- (12) J. POLART : *C.R. Acad. Sc.*, 1963, 256, p. 2159.
- (13) A. SALVADORI : *Rev. I.F.P.*, 1964, 19, p. 144.

- (14) J. MILLET : Communication présentée à la Sté Fse des Elect. Paris, 28-1-1964.
- (15) M. D. SOURIAU : Communication présentée aux 6^e journées Inter. de l'Institut Fr. des Combustibles et de l'Energie, Paris, 23-5-64.
- (16) M. PRIGENT, O. BLOCH, J. C. BALACEANU : *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1963, p. 368.
- (17) M. PRIGENT : Commun. présentée à la Sté Fse des Elect. Paris, 28-1-64.
- (18) M. PRIGENT : *Thèse Paris*, 1964.
- (19) Y. BRELLE, P. DEGOBERT : *Annales des Mines*, 1964, à paraître.
- (20) B. SALÉ : *Revue Institut Français du Pétrole*, 1962, 17, p. 1181.
- (21) M. M. BAIZER : *J. Electrochem. Soc.*, 1964, p. 215.

La station nationale d'essais des matériels de génie civil à Angers ⁽¹⁾

par M. l'Ingénieur en Chef, Aimé TREMOUILLES,

Directeur de la Station

Messieurs,

Avant de vous entretenir de l'activité de la Station Nationale d'Essais des Matériels de Génie Civil, j'estime nécessaire de vous brosser un tableau sommaire des faits qui ont conduit à sa création et qui expliquent son organisation et les conditions de son fonctionnement.

1. — RAPPEL HISTORIQUE.

Avant 1914, l'entreprise française connaît un grand essor et ses bâtisseurs, Daydé, Lesseps, Eiffel et bien d'autres ont une renommée universelle. L'industrie française des matériels de construction est florissante et réputée. La guerre, qui appauvrit la France, entraîne un déclin de ses grandes entreprises mondiales et, parallèlement, de son industrie d'équipement.

Il faut noter que le Traité de Versailles, en mettant à la charge du vaincu une part importante des fournitures nécessaires à la construction, donne un

coup de fouet à l'industrie allemande au détriment de la nôtre, et cette phase de stagnation dure jusqu'en 1945. Pendant cette période apparaissent les premiers matériels mécaniques de travail du sol, mais ce n'est que lors de la deuxième guerre mondiale que l'essor de l'industrie des matériels de Travaux Publics prend de l'ampleur sous l'impulsion des besoins des armées alliées.

Ainsi, dès novembre 1942, en Afrique du Nord, on découvre les possibilités nouvelles de formations du Génie entièrement mécanisées et fortement dotées en engins mécaniques. Les sapeurs français passent alors presque sans transition de l'ère de la pelle et de la pioche à celle des matériels de Travaux Publics.

Dès 1945, les entreprises de Travaux Publics, poussées par l'ampleur des travaux de reconstruction à effectuer dans les moindres délais, suivent une évolution analogue à celle des unités du Génie et s'équipent, elles aussi, en matériels modernes, aidées en cela par la mise en application du plan Marshall.

(1) Conférence faite le 9 avril 1964 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

Mais l'aide apportée par les Etats-Unis et l'engouement des utilisateurs pour leurs appareils freinent la naissance et le développement de la construction des engins nouveaux par l'industrie française.

Cependant, à la fin de 1946, les Ingénieurs de la Direction des Etudes et Fabrications d'Armement, chargés de l'étude des matériels du Génie, organisent une série d'essais comparatifs entre les tracteurs présentés par deux sociétés françaises et lancent, en collaboration avec le constructeur retenu, l'étude d'un angledozer moyen de 130 ch et d'un angledozer léger de 80 ch.

En 1952, les difficultés rencontrées dans la poursuite de ces études au moment du lancement de la fabrication en série et la nécessité d'économiser nos devises étrangères — donc de réduire les importations des matériels destinés au secteur civil — ont pour conséquence l'établissement de relations de plus en plus étroites entre le Commissaire Général aux Entreprises de Travaux Publics et de Bâtiment, Pierre Renaud, et l'Ingénieur Général Lemaître de la Direction des Etudes et Fabrications d'Armement.

Cet esprit de collaboration se concrétise le 2 février 1953 par la parution d'un arrêté du Ministre des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme portant ouverture d'un concours entre constructeurs français pour la présentation d'un tracteur chenillé de 80 ch équipé en angledozer. Les conditions d'inscription, d'exécution et les résultats du concours sont déterminés par une commission présidée par M. Pierre Renaud ; les opérations d'exécution, travaux, entretien et expertises des engins sont assurés, pendant près d'un an, par du personnel de l'Etablissement d'Expériences Techniques d'Angers, sur un chantier de l'Electricité de France, à Fessenheim.

Ainsi apparaît une préfiguration de la Commission d'Essais de Matériels de

Génie Civil et de la Station Nationale d'Essais des Matériels de Génie Civil.

En janvier 1955, le groupe de travail « Matériels de génie civil » du comité consultatif des Travaux Publics et de Bâtiment, toujours sous la présidence du Commissaire Général aux Entreprises, se réunit en vue de la mise au point du texte d'un arrêté relatif aux conditions d'essais des matériels de génie civil.

Cet arrêté du 12 octobre 1955 paraît au *Journal Officiel* de la République Française du 19 octobre ainsi qu'une circulaire d'application du 13 octobre. Il institue :

- Une Commission d'Essais des Matériels de Génie Civil (C.E.M.A.G.),
- Une Station Nationale d'Essais des Matériels de Génie Civil (S.N.E.M.A.G.),

fonctionnant sous la haute autorité du Commissaire Général aux Entreprises de Travaux Publics et de Bâtiment.

La Commission fixe les programmes d'essais en accord avec les constructeurs, examine les matériels présentés, s'assure que les essais sont effectués dans les conditions prévues par les programmes et délivre aux constructeurs, à l'issue des essais, des certificats signés du Président de la Commission.

Cette Commission, présidée par un Ingénieur de la Direction des Etudes et Fabrications d'Armement, se compose actuellement de :

- un représentant de l'Etat-Major de l'Armée,
- un représentant du Service de l'Infrastructure (Air),
- un représentant de la Direction Centrale du Génie,
- deux représentants du Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme, dont un de la Direction des Routes et de la Circulation Routière,

- un représentant de la Direction des Industries Mécaniques et Electriques,
- un représentant de la Direction Générale du Génie Rural,
- deux représentants du Groupement des Entreprises de Travaux Publics et du Bâtiment,
- deux représentants du Syndicat National des Industries d'Equipe-ment M.T.P.S.,
- Le Directeur de l'Etablissement d'Expériences Techniques d'Angers, rap-
porteur général de la Commission.

La Station Nationale d'Essais en est l'organe exécutif. Elle doit effectuer des essais de toutes natures sur les divers matériels de Travaux Publics, soit à la demande des constructeurs, soit à celle des services de l'Etat.

Mais la parution d'un arrêté, pour intéressante qu'elle soit, ne suffisait pas pour la faire sortir de terre. Si elle existe et fonctionne, c'est grâce au concours de la Direction des Etudes et Fabrications d'Armement qui disposait à Angers, depuis 1950, d'un établisse-ment spécialisé dans l'expérimentation de tous les matériels militaires du Génie et en particulier des engins de chantier.

Cet établissement déjà doté de moyens puissants, permettant les essais les plus variés, pouvait servir de tuteur à la S.N.E.M.A.G.

Le Ministre de la Défense Nationale et des Forces Armées ayant donné son accord, la station a été effectivement créée. Elle fonctionne sous les ordres du Directeur de l'Etablissement d'Expé-riences Techniques d'Angers, représen-
tant local et la Commission.

2. — LA C.E.M.A.G. ET LA S.N.E.M.A.G.

C.E.M.A.G. et S.N.E.M.A.G. forment un ensemble qui répond à plusieurs buts :

- constituer un moyen d'informa-
tions pour les organismes qui y
sont représentés sur les possibilités

des matériels qui subissent les
essais ;

- mettre à la disposition des cons-
tructeurs, moyennant une partici-
pation aux frais modérée, des
moyens d'essais puissants servis
par un personnel spécialisé dans
la technique de la mesure, ce qui
permet de hâter la mise au point
des prototypes et la recherche de
solutions nouvelles, ou le contrôle
de matériels de série ;
- fournir aux constructeurs qui ont
présenté leur matériel un argu-
ment de vente sous forme de certi-
ficats d'essais. Les performances
qui y sont données ont été effecti-
vement obtenues, les matériels
étant conduits par le personnel de
la Station travaillant dans des
conditions normales précisées par
les programmes établis par la
Commission ;
- fournir aux clients une garantie
sur la valeur des performances
des matériels, annoncées par le
constructeur, ces performances
étant obtenues dans des condi-
tions expérimentales telles que les
résultats soient reproductibles ;
- accessoirement, confronter les
points de vue des constructeurs
et des représentants des divers
utilisateurs ;
- déléguer des ingénieurs comme
experts auprès de la F.E.M. et de
l'U.T.E. et participer aux travaux
du C.E.C.E.

La Commission d'essais se réunit au
moins une fois chaque année et son
activité essentielle est la mise au point
de documents intitulés « Définitions
des Caractéristiques et Conditions d'Es-
sais » qui précisent pour chaque catégo-
rie de matériel :

- la liste des caractéristiques essen-
tielles qui peuvent servir à définir
le matériel considéré,
- les définitions des caractéristiques
pour lesquelles il peut y avoir
ambiguïté,

- les modes opératoires qui permettent de les relever.
- la liste des essais que l'engin peut subir,
- le mode opératoire à respecter pour effectuer ces essais,
- éventuellement, la façon dont il convient d'interpréter et de présenter les résultats.

Ainsi, qui veut s'en donner la peine peut connaître de façon précise ce que signifient les chiffres qui figurent dans les certificats d'essais. De plus, les précautions prises pour définir les conditions expérimentales conduisent à des résultats reproductibles, ce qui constitue le critère essentiel de la valeur de la technique employée et permet d'affirmer que les données publiées peuvent servir de termes de comparaison entre les divers matériels d'une même catégorie.

La recherche de la reproductibilité des résultats a diverses conséquences :

Comme il faut éliminer toute part d'improvisation, il est nécessaire d'organiser le déroulement des essais dans les moindres détails, ce qui permet, par la mise au point des équipements mis en œuvre, d'atteindre à la fois la précision des mesures et un rendement convenable ; en effet, le personnel qui répète les mêmes opérations dans les mêmes conditions subit une formation qui permet d'éliminer presque totalement les temps morts de préparation et d'ins-truction.

Enfin, la codification du dépouillement permet l'emploi d'imprimés et réduit au minimum le temps d'intervention des techniciens et des ingénieurs.

On arrive ainsi à considérer l'essai standard comme un produit de série avec tous les avantages qui s'attachent à une telle conception.

3. — LA S.N.E.M.A.G. SES MOYENS.

Nous reviendrons ultérieurement sur les essais, mais il est indispensable de

préciser dès maintenant les moyens dont dispose la S.N.E.M.A.G. Cette station est située à Angers et répartit ses activités entre deux pôles géographiques : l'E.T.A.S. situé au polygone des Gaubourgs et l'annexe de Montreuil-Belfroy, vaste terrain d'expérimentation qui s'étend sur 57 ha en bordure de la route Angers-Laval à 10 km au nord-ouest d'Angers.

A l'E.T.A.S. se trouvent :

- la direction ;
- les services administratifs ;
- les ateliers de mécanique générale, de soudure, de forge, de menuiserie et de peinture ;
- la section de contrôle.

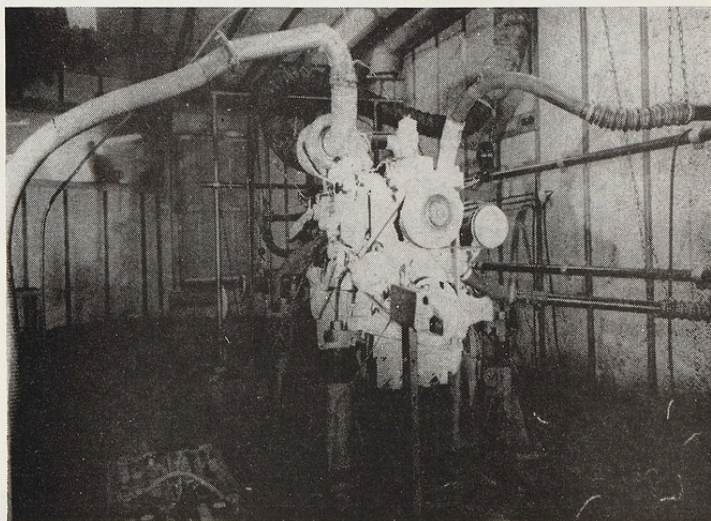
Elle dispose d'une salle de métrologie isotherme et d'une salle d'essais mécaniques équipée d'une machine de traction de 30 tonnes, d'un mouton-pendule Charpy, de machines Brinell. Grâce à des appareils de plus en plus précis, dont un Taylor-Hobson pour le contrôle des états de surface, elle peut pratiquer toutes les expertises :

- les laboratoires : au nombre de trois, ils satisfont aux besoins courants de la Station,
- le laboratoire de photographie et de cinématographie doté d'appareils récents et perfectionnés,
- le laboratoire de chimie spécialisé dans les essais normalisés d'huiles, de graisses et de carburants, ainsi que dans l'analyse des gaz d'échappement des moteurs,
- le laboratoire de radio-électricité. Il étudie et réalise les dispositifs d'essais, met en œuvre les appareils de contrôle et de mesure. Il dispose de toute une gamme d'appareils de mesures des déformations par extensométrie, d'oscillographes cathodiques, d'enregistreurs multiples, etc... Il tend à

prendre de plus en plus d'importance en raison du degré de précision sans cesse accru que recherchent les expérimentateurs,

- les salles insonorisées pour les essais de moteurs, groupes élec-

trogènes, groupes motocompresseurs et hydrauliques. Au nombre de trois, permettent de faire fonctionner simultanément une dizaine d'ensembles mécaniques ou électriques.



Vue d'ensemble d'une plate-forme d'essais de moteur.

L'alimentation en air y est contrôlée. La station dispose de 17 freins dont la gamme s'échelonne de 0 à 2.500 ch (couple de freinage maximal : 1.500 mkg).

- un grand hall de démontage ;
- les servitudes : transports, services d'entretien, magasins, etc...

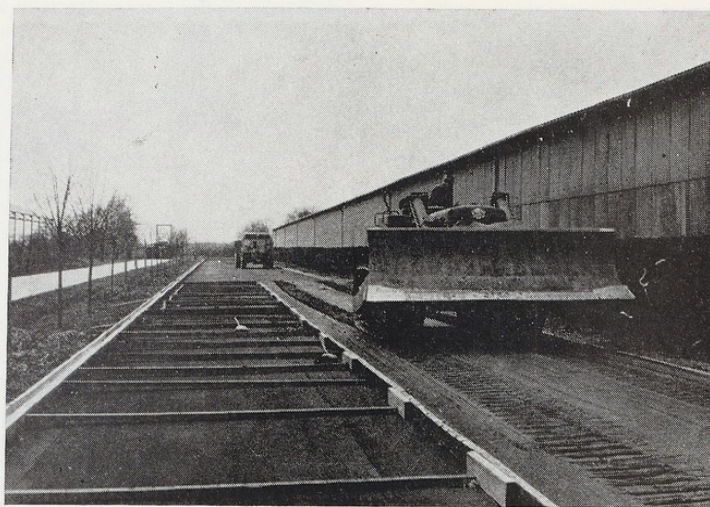
L'annexe de Montreuil-Belfroy, plus spécialement orientée à l'origine vers les essais de matériels de génie civil complets, comprend essentiellement un polygone de 57 ha, qui sera bientôt

porté à plus de 100 ha, dont la partie centrale groupe les principales installations d'essais, soit :

- quatre pistes d'essais horizontales de 250 m de longueur qui permettent l'étude de l'accélération, du freinage et des performances de traction à la barre des matériels ;
- une piste en béton pour les essais de matériels sur roues,
- une piste cendrée couverte pour les matériels chenillés,

- une piste herbe pouvant s'employer indifféremment pour les matériels sur roues ou chenillés,
- une piste dite plastique dont le revêtement est fait d'un complexe

argile-bitume caoutchouté, spécialement étudiée pour les matériels chenillés ; ce matériau offre l'avantage de se recoller par simple roulage d'un rouleau compacteur lisse ;

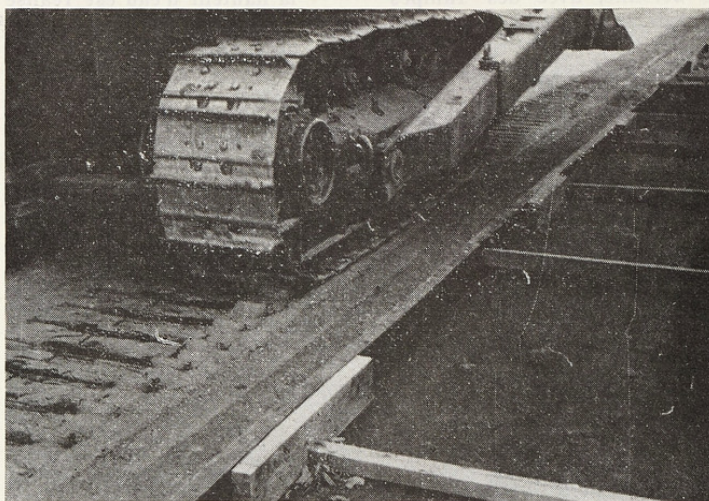


Piste plastique : Essai de traction d'un tracteur chenille.

- une fosse à sable, bétonnée, de 60 m de long et, en cours de réalisation, une fosse à boue de même longueur. Cet ensemble, couvert, permet l'étude du comportement hors route des véhicules dans des conditions parfaitement déterminées et reproductibles ;
- un hall de 15 m de hauteur libre, avec un crochet d'amarrage dans le sol, capable d'un effort vertical de 20 t minimum, pour les essais de

stabilité des grues sur camion et sur chenilles et la mesure des efforts aux dents des pelles-butte et des chargeuses ;

- un bâtiment de 2.000 m² de surface couverte pour le démontage et l'entretien des matériels en essais. Ce hall comprend deux fosses de 10 m de long pour la visite des matériels, une station de graissage, un petit atelier pour les dépannages immédiats, une salle de mesures, un magasin, des bureaux ;



Effet de cisaillement.



Vue générale des ateliers de dépannage et d'entretien.

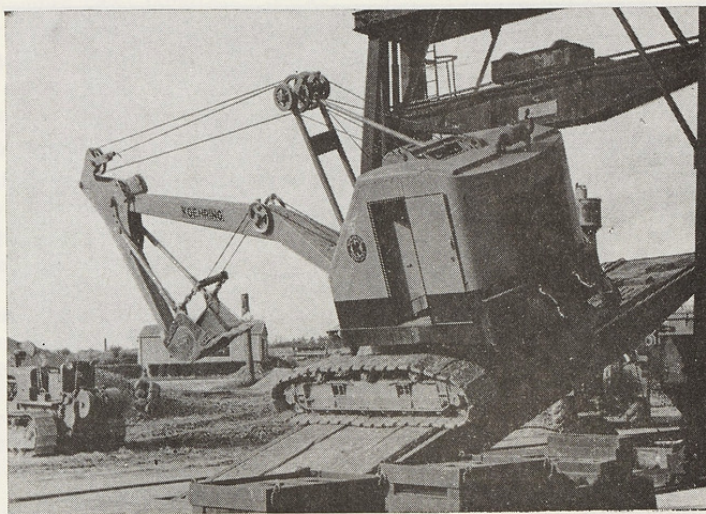
- un gué bétonné, avec des rampes d'accès et de sortie de 10 %, pour la vérification de l'étanchéité de tous les matériels roulants. Le réglage de

la hauteur d'eau est réalisé grâce à un système de bassin de réserve et de pompe ;

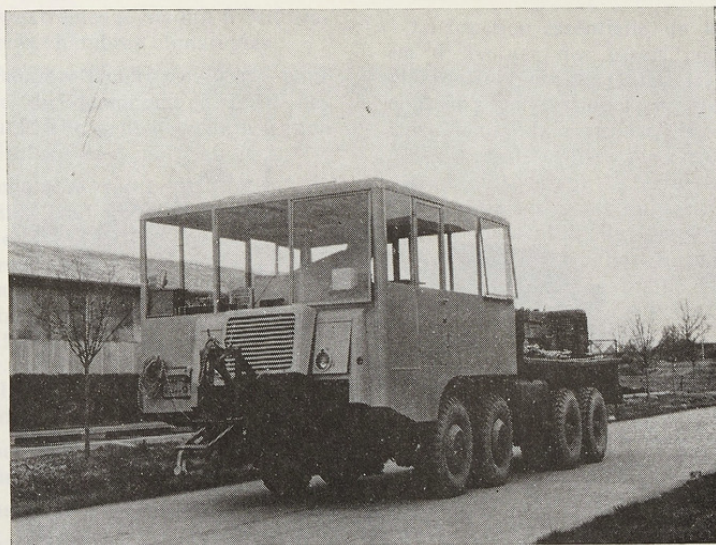


Essai de franchissement du gué.

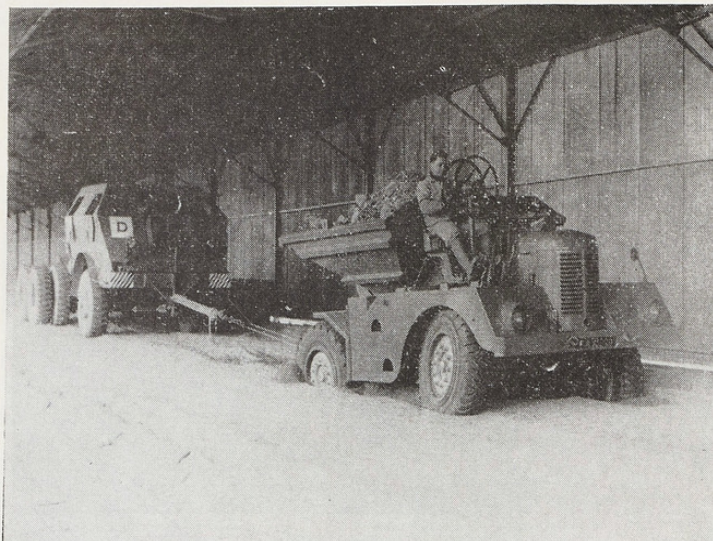
- un point fixe capable d'un effort horizontal de 100 t, situé à l'extrémité de la piste de béton, qui permet l'essai des treuils de toutes capacités ;
- un pont-bascule, sous abri, de force 60 t, régulièrement étalonné par le service des Poids et Mesures, pour la pesée des matériels et la détermination des rendements de certains engins (scraper, chargeuse et pelle en chargement sur camion, etc.) ;
- une marche de hauteur réglable de 0 à 1 m pour l'étude des aptitudes au franchissement d'un obstacle à bords francs par un véhicule à roues ou à chenilles ;
- un portique roulant d'une force de levage de 50 t, avec plate-forme inclinable pour les essais de stabilité statique et de fonctionnement des engins sur plan incliné et en dévers ;
- deux véhicules-freins, véritables laboratoires roulants, pour la réalisation des essais de traction à la barre de tous les engins à roues et sur chenilles, et pour les essais des treuils ;
- des installations spéciales pour la mesure de l'effort de poussée à la lame d'un bulldozer ou d'une niveleuse, pour les essais d'endurance des treuils de commande de scraper



Essai de traction dans le sable.



Camion-frein laboratoire.



Essai de stabilité statique transversale

à câble, pour l'étude au travail des circuits hydrauliques, etc... ;
— une butte pour déterminer l'aptitude du matériel au franchissement de

rampes. Ces rampes sont actuellement au nombre de quatre : 19 %, 25 %, 30 %, 36 % ; une rampe de 45 % est en cours de réalisation.



Franchissement de la rampe de 30 %

Il convient d'ajouter à cette liste un certain nombre d'installations et de matériels de servitude qui comprennent :

- des ateliers de mécanique, de soudure, de forge et de menuiserie pour les travaux de dépannage urgent ;
- des garages d'engins ;
- des stations de graissage, de gonflage ;
- une dizaine d'engins de parc pour l'entretien du polygone, etc... ;

La nécessité de pouvoir effectuer sur place l'essai complet d'un matériel, avec le passage au banc de son moteur thermique et éventuellement de sous-ensembles hydrauliques, a contraint la Station Nationale d'Essais à édifier un nouveau bâtiment d'essais de moteurs, de grande capacité. Ce bâtiment comprend dix salles d'essais insonorisées, reliées par un vaste couloir de mesure ; certaines dotées d'un groupe Ward-Léonard de 150 ch sont spécialisées pour les essais de groupes hydrauliques ou de groupes électrogènes.

L'étude du comportement des matériels dans des conditions atmosphériques extrêmes a conduit à l'édification de trois chambres climatiques :

- une chambre froide de 40 m³ pour l'étude du démarrage à froid des moteurs. Elle peut descendre à une température de -55°C en 24 h ;
- une chambre sèche de 275 m³ de capacité, dont la température peut atteindre +70°C. Elle peut fonctionner soit en ambiance saharienne, soit en salle d'agressivité avec vent de sable d'une vitesse comprise entre 2 et 12 m/s ;
- une chambre humide de 275 m³. Elle possède trois fonctions :
 - chambre à pluie (75 mm d'eau à l'heure, température 35°C),
 - chambre à brouillard salin,
 - chambre à ambiance tropicale, à une température de 70°C avec une humidité supérieure à 90 %.

Cette énumération montre l'importance des installations de la Station Nationale d'Essais des Matériels de Génie Civil tant aux Gaubourgs, qu'au polygone de Montreuil-Belfroy. Mais ces moyens ne peuvent permettre de résoudre tous les problèmes qui se posent. Il faudrait rassembler plus d'ingénieurs, de techniciens, et beaucoup plus d'installations encore. C'est pourquoi, soucieuse de rester dans le cadre d'activité qui lui est tracé, c'est-à-dire l'essai des matériels de génie civil, la S.N.E.M.A.G. travaille dans les domaines spécialisés avec le concours d'organismes extérieurs : par exemple, le Laboratoire Central de l'Armement traite des problèmes délicats posés par les analyses métallurgiques ou chimiques, le Laboratoire local ou le Laboratoire central des Ponts et Chaussées procède aux études de sols, etc... Il convient également de citer, surtout dans le cas des essais spéciaux, la participation active des services techniques des constructeurs au bénéfice desquels les essais sont entrepris.

4. — LA S.N.E.M.A.G. - SES ESSAIS.

La fonction essentielle de la Station est d'effectuer des essais codifiés sur différents types de matériels de génie civil. Il serait fastidieux de décrire ici, voire même de résumer, les différents codes d'essais utilisés à cet effet. Néanmoins, j'insiste sur le caractère reproductible de ces essais qui est la condition fondamentale de leur valeur et nécessite l'existence de « normes ». A ce jour, la C.E.M.A.G. a publié 14 fascicules pour les matériels suivants :

- moteurs à combustion interne : fascicule Oa.
- tracteurs chenillés : fascicule De.
- chargeuses sur chenilles : annexe au fascicule De.
- niveleuses automotrices : fascicule Dm.
- pelles mécaniques : fascicule Da.
- scrapers tractés : fascicule Df.

- véhicules et engins automobiles de chantier : fascicule E.
- chargeuses sur roues : annexe au fascicule E.
- treuils : annexe au fascicule E.
- bennes-preneuses : fascicule Fe.
- groupes électrogènes : fascicule Ja.
- groupes motocompresseurs : fascicule C.
- pompes et moteurs hydrauliques : fascicule Ob.
- trancheuses automotrices : fascicule Dt.

Trois autres fascicules sont en cours d'étude : l'un sur les accessoires des circuits hydrauliques (vérins, soupapes, distributeurs, etc...), le second sur les matériels de compactage et le troisième sur les foreuses.

D'une façon générale, la rédaction de ces fascicules incombe à un groupe de travail spécialisé groupant des représentants de la S.N.E.M.A.G., des constructeurs et des utilisateurs des matériels. Ce groupe de travail propose à l'assemblée générale de la C.E.M.A.G. la rédaction du fascicule avant toute publication. Dans le cas de matériels pour lesquels la S.N.E.M.A.G. ne possède pas une expérience particulière, la présidence de ce groupe de travail peut être confiée à un autre organisme ; c'est le cas actuellement du groupe de travail qui étudie le fascicule des matériels de compactage, la présidence revenant à l'Ingénieur en Chef Arquie, du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Ces fascicules d'essais traitent dans le détail et avec précision de tous les essais standardisés auxquels peuvent être soumis les matériels d'un type déterminé pendant leur passage à la Station. Ce document ne constitue pas un cahier des charges, mais simplement une « carte » des différents essais qui peuvent être effectués à la demande du constructeur. En effet, ces fascicules

permettent, outre la reproductibilité des essais, de constituer une base de discussions avec le constructeur lors de la détermination du programme d'essais ; celui-ci est libre de n'attacher de l'importance qu'à certains essais qu'il ne peut pas réaliser chez lui, ou éventuellement de faire pratiquer par la station des essais spéciaux non codifiés en vue d'éclairer son bureau d'études sur tel ou tel point particulier d'un matériel en cours de mise au point par exemple.

Les essais sont effectués par du personnel de la Station exclusivement, mais il est recommandé au constructeur de les suivre en permanence afin d'éviter toute contestation dans les résultats finaux. La durée de ces essais est extrêmement variables suivant les types de matériel et suivant l'importance du programme ; alors que pour un moteur le passage au banc complet ne nécessite la mise à la disposition du matériel que pendant une semaine, il faut pour l'essai complet d'un tracteur chenillé un délai de quatre mois environ par des conditions atmosphériques moyennes.

A l'issue des essais, la station rédige la minute d'un certificat d'essais qui reprend tous les résultats des vérifications et essais effectués, ainsi que les spécifications techniques essentielles du matériel. Ce document est transmis par le Président de la C.E.M.A.G. au constructeur pour examen et, après accord de celui-ci sur un texte définitif, le certificat d'essais reçoit la signature du Président de la C.E.M.A.G. Ce document, qui ne fait mention d'aucune appréciation subjective ni qualitative, est la propriété exclusive du constructeur et ne peut être diffusé que par lui. S'il le désire, il peut être imprimé soit intégralement, soit sous forme de certificat réduit sur quatre pages.

Je signale, à ce sujet, que toutes les personnes qui participent aux essais, ou qui ont à en connaître, sont tenues au secret professionnel.

Au 31 décembre 1963, le nombre des matériels ayant fait l'objet de certificats d'essais à la station s'élève à 113, dont :

- 16 moteurs,
- 5 groupes électrogènes,
- 3 groupes motocompresseurs,
- 6 pompes et moteurs hydrauliques,
- 16 tracteurs sur pneus et sur chenilles,
- 8 chargeuses,
- 10 niveleuses,
- 22 pelles,
- 2 grues,
- 8 scrapers,
- 2 bennes,
- 1 châssis porteur tous chemins,
- 1 centrale d'enrobage,
- 3 treuils,
- 4 dumpers,
- 6 divers.

Dans le temps, cette activité est concrétisée par le nombre de certificats par année.

Bien sûr, la plupart des matériels essayés sont de construction française, néanmoins, depuis quelques années apparaissent des matériels étrangers importés ou construits sous licence en France.

La création d'organismes européens, dont la Fédération Européenne de Manutention et le Comité Européen des Matériels de Génie Civil, devrait d'ailleurs, dans les années qui viennent, contribuer à accroître la proportion des matériels étrangers par rapport aux matériels français. Par ailleurs, je vous signale qu'il existe en Europe Occidentale une autre station d'essais, analogue à la nôtre, mais plus spécialisée dans certains domaines, c'est la station anglaise de Christchurch (MEXE) avec laquelle la S.N.E.M.A.G. entretient d'excellentes relations qui sont l'objet de confrontations techniques régulières.

5. — L'ÉVOLUTION DES MATÉRIELS DE TRAVAUX PUBLICS VUE A TRAVERS LES ESSAIS A LA S.N.E.M.A.C

Il est intéressant d'examiner, avant de conclure, l'évolution des matériels français de Génie Civil à travers les essais effectués à la station.

Si les tracteurs chenillés, les pelles mécaniques classiques à câbles — matériels qui ont été la base de l'industrie française des matériels de Génie Civil au lendemain de la guerre — peuvent être considérés pour l'instant comme stabilisés, le développement des commandes hydrauliques, l'amélioration considérable de la qualité des pneumatiques ont permis des développements qui ne pouvaient être entrevus en 1945. Bien sûr, l'amélioration des tracteurs chenillés et des pelles à câbles se poursuit encore, mais elle porte sur des détails, fort appréciés des utilisateurs, qui ne peuvent être considérés comme révolutionnaires aux yeux des expérimentateurs et des techniciens.

Passons en revue les principaux matériels :

LES MATÉRIELS DE TRANSPORT.

De plus en plus, le caractère d'un chantier de terrassement est lié à la distance de transport et au volume quotidien à transporter ; c'est pourquoi les matériels de transport se sont spécialisés en fonction de ces paramètres et l'apparition de gros dumpers, de camions-bennes, de plusieurs dizaines de m³, mais surtout de motoscrapers, constitue une étape importante dans la mécanisation des chantiers.

— DUMPERS.

Les dumpers sont constitués par une benne montée sur un châssis porteur spécialisé dont les mouvements de basculement s'exercent très généralement sans intervention de vérins. C'est la position du centre de gravité de la

benne en charge par rapport aux points d'articulation qui permet le virage, et, parmi les caractéristiques importantes de ces matériels, il faut citer les rampes limites sur lesquelles ces mouvements restent possibles. Etant donné les conditions de fonctionnement de ces matériels, les châssis, les moteurs et les transmissions doivent être très robustes. Pour améliorer la mobilité de ces matériels en toutes circonstances, il est souhaitable de concevoir des matériels à adhérence totale, c'est-à-dire dont toutes les roues sont motrices. Bien que la vitesse supérieure soit limitée à 27 km/h pour respecter les conditions du code de la route, les démultiplications de la boîte de vitesses permettent de vaincre les efforts importants qui s'opposent au roulement sur sols accidentés ou mauvais porteurs, malgré une puissance à la tonne (5 ch/t) plus faible que sur les autres matériels. Les dumpers sont normalement utilisés pour des distances de transport inférieures à 1 km.

— CAMIONS-BENNES.

Comme leur nom l'indique, ces matériels sont construits à partir d'un châssis de camion généralement renforcé et dont la chaîne cinématique permet l'existence de couples importants. Les roues, équipées de pneumatiques à basse pression de façon à diminuer la pression unitaire au sol, sont le plus souvent toutes motrices afin d'améliorer, comme pour les dumpers, la mobilité du matériel. La capacité des bennes varie de 3 à 40 m³ et plus ; le mouvement de ces bennes est assuré hydrauliquement.

— SCRAPERS.

Sous ce nom, on peut grouper divers matériels de transport constitués d'une benne qui participe à la rigidité du véhicule et qui peut se vider par l'avant, par l'arrière, latéralement ou par le fond. Le vidage peut avoir lieu par simple basculement ou par ouverture de trappe. Dans le cas des scrapers et pour des petites distances de transport, le tracteur peut être un matériel che-

nillé ou mieux un matériel sur pneus. Le matériel le plus évolué et qui recueille la faveur des entrepreneurs de Travaux Publics pour leurs gros chantiers est le motoscraper qui se présente sous la forme d'un châssis semi-remorque, un avant-train moteur, un arrière-train porteur, la direction se fait par rotation relative de l'avant-train par rapport au scraper. Ces matériels sont utilisés pour des transports n'excédant pas en général 2 à 3 km. Le volume des bennes peut atteindre 30 m³.

— CHARGEUSES.

De plus en plus, les chargeuses sur pneumatiques constituent un moyen de transport à faible distance particulièrement commode et efficace. Ce type de matériel très développé aux Etats-Unis est constitué par un châssis à quatre roues motrices portant un godet de capacité variable, en général de l'ordre de 2 m³, capable de prendre des matériaux, de les lever et de les déverser, soit sur un camion à proximité de l'endroit de la prise, soit sur un tas situé à quelques dizaines de mètres. Les perfectionnements apportés à la chaîne cinématique de ces matériels permettent de réduire les temps morts au maximum. L'existence quasi-générale d'un convertisseur de couple accroît encore leur mobilité. La chargeuse sur roues équipée de pneumatiques de grandes dimensions connaît actuellement un engouement dans les entreprises de Travaux Publics même les plus petites. L'avantage de ce genre de matériel est de pouvoir, par ailleurs, être utilisé pour lever des charges sur des quais d'embarquement, porter à l'arrière une petite pelle hydraulique pour faire des tranchées, poser des canalisations, etc...

LES MATERIELS DE TERRASSEMENT PROPREMENT DITS.

— TRACTEURS.

Les développements qui précèdent ne doivent pas faire croire à l'abandon du

tracteur chenillé ; celui-ci demeure un engin de base du chantier pour tous les travaux qui correspondent à des distances de transport de quelques dizaines de mètres et pour ceux qui exigent un effort de poussée ou de traction très important. Ils ne subissent cependant actuellement que des améliorations de détail : améliorations de la qualité, facilité accrue de conduite, développement des équipements spéciaux.

A côté de ces matériels, il y a lieu de signaler l'apparition de tracteurs niveleurs angledozer sur roues à pneumatiques basse pression de grandes dimensions. L'intérêt de tels matériels est qu'ils peuvent se déplacer facilement sur route par leurs propres moyens et que leur mobilité leur permet des rendements intéressants dans des opérations de dessouchage ou d'abattage de haies en vue du remembrement des terres. Par contre, ils présentent l'inconvénient de ne pouvoir exercer que des efforts de poussée limités en raison de l'adhérence plus faible du pneumatique par rapport à la chenille. Ils peuvent constituer pour certaines grosses entreprises un tracteur d'appoint spécialisé dans des opérations déterminées.

— NIVELEUSES.

Dans la construction de plateformes pour les grands travaux routiers, la niveleuse ne peut être dissociée du tracteur et du motoscrapier. Certaines niveleuses à adhérence totale permettent d'exécuter des travaux légers de terrassement aussi bien qu'avec des tracteurs.

En ce qui concerne ces deux types de matériel (tracteurs et niveleuses), une nouvelle évolution est amorcée ; en effet, au Salon des Matériels de Travaux Publics « EXPOMAT » 1962, la Société Richier a présenté une niveleuse et un tracteur à transmission hydrostatique. Les difficultés techniques rencontrées pour la mise au point de ces matériels ont empêché jusqu'ici leur développement ; néanmoins les recherches et les mises au point continuent et l'on peut penser que, grâce au développement et

à l'amélioration des fabrications de sous-ensembles hydrauliques, une telle solution verra le jour. Elle existe déjà aux Etats-Unis et en Allemagne sur quelques exemplaires de matériels. Le problème essentiel qui se pose aux constructeurs est celui du rendement d'une telle transmission qui ne dépasse pas encore 60 %, alors qu'avec une transmission entièrement mécanique, on peut atteindre aisément 80 % ; ceci conduit à surdimensionner le moteur, donc à accroître le prix de revient d'une opération déterminée.

— PELLES HYDRAULIQUES.

La pelle hydraulique est déjà connue depuis plusieurs années, mais l'apparition de la haute pression a permis d'améliorer considérablement les rendements et les prix de revient des matériels. Dans ce domaine, la production française est aujourd'hui une des meilleures, sinon la meilleure, du monde. Deux sociétés se partagent un marché sans cesse plus étendu et l'on est parvenu à une fabrication quasi-irréprochable. Par rapport à la pelle mécanique à câbles, la pelle hydraulique offre plusieurs avantages :

- augmentation considérable de l'effort aux dents pour la pénétration dans des sols durs,
- possibilité de multiplier les équipements (benne-preneuse, outil de forage, curage de fossé, etc...),
- suppression des câbles métalliques dont le remplacement sur le chantier est une opération longue,
- diminution du poids de l'ensemble du matériel pour un rendement supérieur grâce à l'augmentation des pressions qui atteignent 250 kg/cm², cette limite ne semblant pas être dépassée pour le moment en raison des coups de bélier qui se produisent pendant le travail et qui entraînent la rupture des canalisations souples dont la structure ne permet pas encore le fonctionnement à des pressions plus élevées.

A côté de ces matériels, sont apparus des engins plus spécialisés : c'est le cas des trancheuses venues des Etats-Unis et d'Angleterre et des foreuses à faible profondeur. En ce qui concerne ce dernier matériel, les progrès de l'hydraulique permettent maintenant d'adapter ce genre de commande aux outils de forage ; ceci offre l'avantage de diminuer les encombrements des transmissions et surtout d'apporter un limiteur de couple commode pour éviter la destruction du matériel.

J'ai insisté, dans ce tableau très rapide de l'évolution des matériels sur l'importance prise par la commande hydraulique. On peut penser que cette évolution continuera et permettra de réduire encore les dimensions et les poids de certains engins, tout en accroissant, pour une même puissance, leur rendement. Il y a dix ans, la commande des lames de poussée des tracteurs chenillés se faisait par câble ; aujourd'hui, elle se fait par vérins hydrauliques ; demain la translation du tracteur pourra elle-même être hydraulique.

6. — CONCLUSION.

L'étendue des moyens mis à la disposition des constructeurs pour les essais de matériels à la S.N.E.M.A.G. est, nous l'avons vu, considérable.

D'autres investissements sont prévus ou en cours. L'incessante évolution des techniques de construction des matériels et le nombre toujours croissant des types de matériels qui font l'objet d'essais à la Station contraignent ingénieurs et techniciens à rechercher en permanence

de nouvelles améliorations à apporter aux techniques d'essais et aux appareils de mesure qu'ils utilisent.

Dans un cadre européen, avec le Comité Européen des Matériels de Génie Civil, comme dans un cadre national, la S.N.E.M.A.G. continue son action ; les résultats acquis, le potentiel actuel et la volonté d'agir de tous : constructeurs, utilisateurs et expérimentateurs, sont les plus sûrs garants de son avenir.

Comptes rendus bibliographiques

COMPTE RENDU BIBLIOGRAPHIQUE

LAKE : *Comptes rendus de l'enseignement des mathématiques modernes. Tome Premier : Théorie et Exercices*. 1 vol. in-8°, raisin (16 x 24) de 230-232 pages, 134 figures, relié, 11,50 F. Paris, Librairie Polytechnique Béranger, 1952.

Comme il le devait, dans un ouvrage qui s'adresse essentiellement à des ingénieurs, celui-ci se caractérise par la clarté des exposés et la persécution constante des applications pratiques.

Il ne s'en tient pas même sur un plan élevé : les auteurs s'efforcent, en effet, de « faire comprendre la nature des théories et leur essence, de façon que ces théories ne paraissent pas une pure construction de l'esprit, mais reposent sur des bases assez réelles que possible ».

À la lecture du tome I^{er}, intitulé « Théorie et Exercices », on constate qu'ils ont réussi à donner à la fois un précieux outil de travail qui permet notamment aux ingénieurs qui, depuis leurs études, ont perdu le contact avec les mathématiques et sont parfois déroutés par les notions nouvelles, d'accéder aux mathématiques modernes et de s'en servir ; et un livre intéressant, car il remonte assez haut pour permettre à

des mathématiciens dans des domaines où elles ont pris récemment un développement considérable.

KLEINGÖGEL (A.), HASSELBAUGH (A.)

Formulaires des cadres à liaisons multiples, traduit de la 7^e édition allemande de *Modultabellen* par KLEINGÖGEL (A.). Tome I : 1 vol. (16 x 25) de xxx-100 pages, Relié, Tome II : 1 vol. (16 x 25) de xx-100 pages, Relié, Paris, Librairie Polytechnique Béranger, 1954.

Le titre de l'ouvrage indique à quels besoins des ingénieurs et des constructeurs les auteurs ont voulu répondre.

Les formules s'appliquent aux cadres de 4 et à 5 étages et donnent des tableaux de valeurs numériques pour des formes particulières.

Les auteurs ont pris les plus grands soins pour éviter toute ambiguïté dans l'interprétation des formules.

Le tome I donne 92 formes de cadres, le tome II : 62, chacune constituant un chapitre indépendant. Toutefois, grâce aux notes et aux commentaires généraux, les relations indiquées entre les différentes formes permettent la généralité des conceptions.

Comptes rendus bibliographiques

LABOUREUR (M.), CHOSSAT (M.),
CARDOT (C.) : *Cours de Calcul mathé-
matique moderne*. Tome Premier :

Théorie et Exercices, 1 vol. in-8°,
raisin (16 × 34) de xxiv-492 pages,
133 figures, relié, 77,50 F. Paris,
Librairie Polytechnique Béranger,
1963.

Comme il le fallait, dans un ouvrage
qui s'adresse essentiellement à des ingé-
nieurs, celui-ci se caractérise par la
clarté des exposés et la préoccupation
constante des applications pratiques.

Il ne s'en place pas moins sur un plan
élevé : les auteurs s'efforcent, en effet,
de « faire comprendre la nature des
théories et leur essence, de façon que
ces théories ne paraissent pas une pure
construction de l'esprit, mais reposent
sur des bases aussi réelles que possi-
ble ».

A la lecture du tome 1^{er}, intitulé
« Théorie et Exercices », on constate
qu'ils ont réussi à donner à la fois un
précieux outil de travail qui permet
notamment aux ingénieurs qui, depuis
leurs études, ont perdu le contact avec
les mathématiques et sont parfois déroutés
par les notions nouvelles, d'accéder
aux mathématiques modernes et de s'en
servir ; et un livre intéressant, car il
remonte assez haut pour permettre à

ceux-ci d'apprécier l'évolution de ces
mathématiques dans des domaines où
elles ont pris récemment un développe-
ment considérable.

KLEINGLOGEL (A.), HASELBACH (A.) :

*Formulaire des cadres à travées mul-
tiples*, traduit de la 7^e édition alle-
mande de Mehrfeldrahmen par RE-
BER (R.). — Tome I : 1 vol. (16 × 25)
de xxxii-460 pages. Relié. Tome II :
1 vol. (16 × 25) de xx-400 pages.
Relié. Paris, Librairie Polytechnique
Béranger, 1964.

Le titre de l'ouvrage indique à quels
besoins des ingénieurs et des construc-
teurs les auteurs ont voulu répondre.

Ces formulaires s'appliquent aux ca-
dres de hall et à étages et donnent des
tableaux de valeurs numériques pour
des formes particulières.

Les auteurs ont pris les plus grands
soins pour éviter toute ambiguïté dans
l'interprétation des formules.

Le tome I donne 92 formes de cadre,
le tome II : 62, chacune constituant un
chapitre indépendant. Toutefois, grâce
aux notes et aux remarques générales,
les relations indiquées entre les différen-
tes formes rappellent la généralité des
conceptions.

Comptes rendus bibliographiques

LABOUREUR (M.), CHOSSEAT (M.),
CARBOT (C.) : *Éléments de Calcul différentiel*.
Tome Premier : Analyse moderne. Tome
deuxième : Exercices. 1 vol. 1963.
128 pages, 17,50 F.
Librairie Polytechnique Béranger.

Le Président de la Société, Directeur-Gérant : J. LECOMTE, D.P. n° 1080.

VOIGEL (A.), HASSELBACH (A.) :
Formules des courbes à tangentes multiples.
Traduit de la 7^e édition allemande par R.
BEH (R.). Tome I : 1 vol. (16 x 25)
de xxii-480 pages. Tome II :
1 vol. (16 x 25) de xx-480 pages.
Helm, Paris. Librairie Polytechnique
Béranger, 1964.

Comme il se fait dans un ouvrage
qui s'adresse essentiellement à des lecteurs
qui ne sont pas spécialistes, les auteurs ont
cherché à exposer et la présentation
constante des applications pratiques.

Il ne s'agit pas moins sur un plan
général : les auteurs s'efforcent, en effet,
de faire comprendre la nature des
théories et leur essence, de façon que
les lecteurs ne perdent pas une partie
de la construction de l'ouvrage, mais puissent
sur des bases aussi riches que possi-
bles.

A la lecture du tome I, intitulé
« Théorie et Exercices », on constate
qu'ils ont réussi à donner à la fois un
précieux outil de travail qui permet
notamment aux ingénieurs qui, depuis
leurs études, ont perdu le contact avec
les mathématiques et sont parfois décon-
cortillés par les notions nouvelles d'analyse
aux mathématiques modernes et de leur
interprétation des formules.

I.F.Q.A.-CAHORS. — 40.537. — Dépôt légal : III-1964

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 pelliior, in-4° coquille, comportant 472 pages et 4 planches hors-texte

Prix : 60 F.

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52 x 52

SPECIALITES :

FILTRES SANS CENDRES

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

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



Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

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

Registre du Comm. de la Seine N° 722-521-2-3 Téléphone : ARCHives 03-51

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

20, rue Malher, PARIS (4°)

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

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LA GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 19.595.800 F.

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

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTÉS

ENGINEERING - CONSTRUCTIONS D'USINES HYDROGÈNE

GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE

AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS



VENTE A CRÉDIT PAR LA **Din**



L.P.F. 0.197

403

404

VOITURES DE QUALITÉ

PEUGEOT

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 F.

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

**ENTREPRISES GENERALES
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENT
EQUIPEMENT ELECTRIQUE**

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	ELECTRIFICATION DES VOIES FERREES
GRANDS POSTES DE TRANSFORMATION	ELECTRIFICATIONS RURALES
LIGNES DE TRANSPORT DE FORCE	EQUIPEMENTS ELECTRIQUES INDUSTRIELS

**SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
et des
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE**

**ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN**

SIEGE SOCIAL : 10, RUE DU GENERAL-FOY - PARIS (8°)

TELEPHONE : EUROPE 31-00

ADRESSE TELEGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS



SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

RHÔNE POULENC

- PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES DE SYNTHÈSE
- PRODUITS MINÉRAUX PURS
- MATIÈRES PLASTIQUES

La Société des Usines Chimiques RHÔNE-POULENC fabrique environ 3.000 produits chimiques : produits organiques industriels, produits minéraux fins, produits pharmaceutiques, matières plastiques, etc...

Elle fait partie du groupe Rhône-Poulenc S.A. qui comporte de nombreuses sociétés chimiques, pharmaceutiques et textiles, en France et à l'étranger.

A elle seule, elle dispose de 8 usines, d'une surface totale de 500 hectares et emploie 13.000 personnes.

Ses Services de Recherches sont particulièrement importants, répartis en des centres spécialisés (chimie organique pure et des hauts polymères, chimie pharmaceutique, matières plastiques, etc...) dans lesquels travaillent environ 1.600 personnes.

22 AV. MONTAIGNE
PARIS - ALM. 40-00

MAISON FONDÉE EN 1895

“ LES ÉLECTRICIENS DE FRANCE ”

Ets JULES VERGER & DELPORTE

Société Anonyme, au Capital de 10.000.000 de F

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES, ÉLECTRONIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

Siège Social, Bureau d'Etudes, Services : 141 bis, 141 ter, rue Saussure, PARIS-17^e
6 lignes « départ » groupées : MAC. 29-56 (4 lignes groupées), CAR. 07-17 (2 lignes groupées),
Usine et Départements : Réparations — Bobinage — Radio — Télévision — Electronique — Automation
53, rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. GRE. 39-90, 62-28

Département : ELECTRO-VAPEUR - 92, avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. ETO. 42-70

Agence de VERSAILLES : 1, place Gambetta - Tél. 950-56-50 - Mag. 21, rue d'Anjou - Tél. 950-01-10

MAGASINS DE VENTE : Radio — Télévision — Electro-Ménager — Froid :

92, Avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. ETO. 42-70

53, Rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. GRE. 39-90, 62-28.

EN AFRIQUE : SENEGAL - DAKAR

Côte-d'Ivoire - SAINT-LOUIS

Dahomey - ABIDJAN

Mauritanie - COTONOU

Haute-Volta - PORT-ETIENNE

Togo - OUAGADOUGOU

- LOME

: Bureaux-Magasins : 164, rue Blanchot - B. P. 968 - Tél. 227-26, 227-29.

Ateliers : Km 6,5, route de Rufisque, Hann - Tél. 451-39.

: B. P. 101 - Tél. 51.

: B. P. 4140 - Tél. 553-95.

: B. P. 184 - Tél. 27-76.

: B. P. 68, NOUAKCHOTT : B. P. 3 - Tél. 23-06.

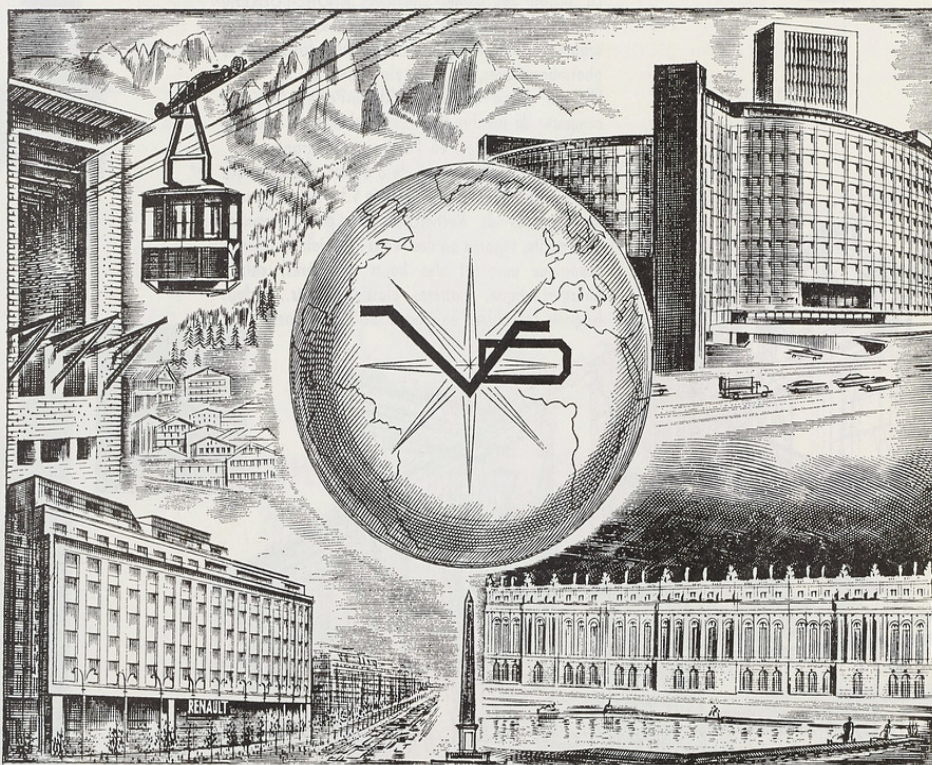
: B. P. 394 - Tél. 23-54 — BOBO DIOULASSO : B. P. 334 - Tél. 26.

: B. P. 437.

quelques réalisations récentes

VAL D'ISERE - Téléphérique

MAISON DE LA RADIO



RENAULT (Champs-Élysées)

PALAIS DE VERSAILLES

« LES ELECTRICIENS DE FRANCE » SONT JOUR ET NUIT
DIMANCHE ET FETES A LA DISPOSITION DE LEUR CLIENTELE

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 A B I D J A N (Côte-d'Ivoire)

**TRAVAUX PUBLICS
BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIT
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES**

RÉSUMÉS DES ARTICLES

(Suite de la page 2 de la couverture)

LES PILES A COMBUSTIBLES leurs perspectives d'application

par Mme Odile BLOCH, p. 15

La transformation directe de l'énergie chimique des combustibles en énergie électrique fait actuellement l'objet de nombreux travaux.

Des piles à hydrogène-oxygène ont déjà été réalisées et sont surtout envisagées pour les applications spatiales.

Les recherches sont actives sur des piles utilisant les combustibles plus intéressants, car plus maniables et moins coûteux : méthanol, hydrocarbures.

Les résultats obtenus permettent d'envisager avec optimisme les applications à plus grande échelle, notamment en traction.

LA STATION NATIONALE D'ESSAIS DES MATÉRIELS DE GÉNIE CIVIL A ANGERS

par M. Aimé TRÉMOUILLES, p. 31

La Station Nationale d'Essais des Matériels de Génie Civil située à Angers, a été créée en 1955, au sein de l'Etablissement d'Expériences Techniques d'Angers, qui dépend de la Direction des Etudes et Fabrications d'Armement.

Elle est constituée de deux ensembles, l'un à Angers même, au Polygone des Gaubourgs, l'autre à Montreuil-Belfroy, à 11 km d'Angers. Des moyens techniques importants et perfectionnés permettent d'assurer les essais de matériels complets de génie civil de toute nature, mais aussi de sous-ensembles partiels (moteurs thermiques, pompes et moteurs hydrauliques, génératrices et moteurs électriques, etc...).

Les méthodes d'essai qui visent à leur reproductibilité sont décrites dans les divers fascicules d'essais, actuellement au nombre de 14, édités par la Commission d'Essais des Matériels de Génie Civil, organisme interministériel dont la Station Nationale d'Essais des Matériels de Génie Civil est l'organe exécutif.

Depuis 1955, 120 matériels différents ont été essayés et ont donné lieu à la délivrance de certificats d'essais.

L'évolution technique des matériels présentés aux essais fait apparaître un rapide développement de l'hydraulique et une amélioration des pneumatiques basse-pression qui rendent possibles de nouvelles performances.

