

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](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 possible 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)
	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.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1965, n° 4 (oct.-déc.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1965

Collation	1 vol. (42 p.)
Nombre de vues	54
Cote	INDNAT (73)
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.73

[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 reporterà 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 abondant, 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, publant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

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

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

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

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

Revue trimestrielle

1965 - N° 4

• • • •

N° 4 — OCTOBRE-DECEMBRE 1965

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES (1).

I. — **Auto-inflammation et Combustion dite « détonante »,**
par M. R. VICHNIEVSKY p. 1

II. — **Les Souffleries hypersoniques du Centre d'Etudes Aérodynamiques et Thermiques de Poitiers,**
par M. R. GOETHALS p. 15

FORMATION DES INGENIEURS - L'ŒUVRE DE PAUL DUMANOIS
par MM. J. LECOMTE, P. de VALROGER, R. BUTY p. 33

DIVERS.

Congrès p. 44

Index — Tables des matières p. 45

(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.

Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

fondée en 1801, reconnue d'utilité publique

44, rue de Rennes, PARIS, 6^e. (LIT. 55-61)

Abonnement annuel : 28 F.

le n° : 7,50 F.

C.C.P. Paris, n° 618-48

AUTO-INFLAMMATION

ET COMBUSTION DITE "DÉTONANTE" (1)

par M. R. VICHNIEVSKY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris
Conseiller Scientifique à l'Institut français du Pétrole

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESDAMES ET MESSIEURS, j'ai choisi comme sujet de mon exposé une question qui a fait l'objet de nombreuses discussions passionnées, avec l'Ingénieur Général Dumanois, au cours de trente ans de ma carrière dans les laboratoires ou organismes techniques dont il a été le fondateur. Je voudrais faire le point des études commençées vers les années 1923 et qui ont abouti actuellement à une conception unique sur la combustion anormale, dans les moteurs à allumage commandé, et sur l'inflammation normale, dans les moteurs à allumage par compression.

1. — PROPAGATION DES FRONTS DE FLAMME DANS LES MOTEURS.

Dans un moteur à allumage commandé, le passage de l'étincelle dans le mélange carburé, de richesse comprise dans les limites d'inflammabilité, donne naissance à un front de flammes primaires. Il se propage de manière continue, comprimant devant lui les tranches de mélange frais (fig. 1). Le mélange car-

buré brûlant en dernier se trouve préalablement soumis à de fortes pressions (voisines de la pression maximale de combustion) et à des températures élevées (de l'ordre de 1.000° K). Ces conditions sont favorables aux oxydations même en l'absence de flamme chaude. Les oxydations locales peuvent conduire à la combustion franche à volume constant dans un élément de la chambre de combustion. La pression alors n'est pas égale en tous points de la chambre et son égalisation se fait par des ondes acoustiques dont la fréquence est déterminée essentiellement par l'alésage du moteur. Ainsi, le diagramme de pression en fonction de l'angle de rotation permet d'évaluer la période d'induction de la combustion anormale.

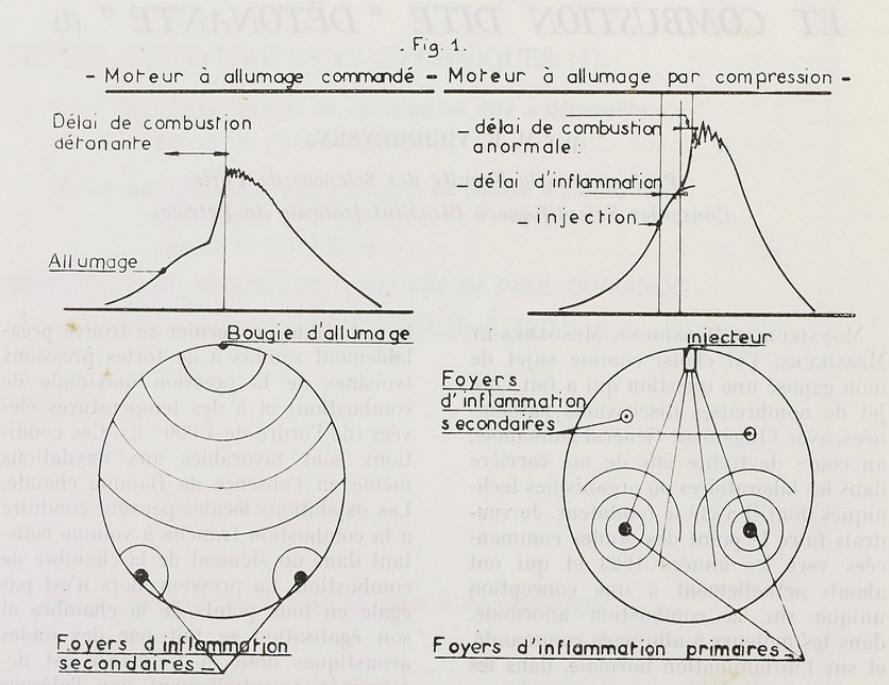
Un phénomène analogue se retrouve dans les moteurs à allumage par compression. Dans ces moteurs, l'inflammation principale a lieu peu après l'introduction du combustible dans l'air contenu dans le cylindre à la pression et à la température voisines de celles qui correspondent aux derniè-

(1) Conférence faite le 18 février 1965 à la Société d'Encouragement pour l'In-

res tranches enflammées dans le moteur à allumage commandé (température supérieure à 600° K et pression supérieure à 30 atm). Du fait de l'hétérogénéité du mélange, les conditions d'inflammation ne se trouvent réalisées que localement. Un ou plusieurs foyers apparaissent dans la charge, à partir desquels se propagent des fronts

dans la limitation de puissance des moteurs à allumage commandé et dans les moteurs à allumage par compression dans la limitation de fonctionnement des moteurs à charge partielle lorsqu'on alimente ces derniers en combustible difficilement inflammable.

En dehors de ce phénomène, tout moteur peut présenter le phénomène d'in-



de flammes primaires comme dans le cas du moteur à allumage commandé (fig. 1). La compression de la charge par le front de flammes primaires conduit également à l'inflammation à volume constant de la charge présente dans le cylindre. Ainsi, les diagrammes de pression des moteurs à allumage commandé et à allumage par compression diffèrent relativement peu.

Du point de vue technique, le problème d'auto-inflammation intervient

flamme par surface chaude. Ce dernier est nuisible dans les moteurs à allumage commandé, car il provoque le préallumage et diminue leur puissance. Par contre, il constitue probablement le facteur favorable essentiel dans l'inflammation du mélange dans les moteurs à allumage par compression où les jets de combustibles doivent atteindre les éléments de la chambre caractérisés par des températures moyennes bien déterminées.

2. — PREMIERES ETUDES SUR LE PHENOMENE DE LA DETONATION EN FRANCE.

Bien que le phénomène de combustion dite détonante dans les moteurs à allumage commandé ait été mis en évidence vers la fin du siècle dernier, ce n'est qu'à la fin de la guerre mondiale 1914-1918 qu'il a pris l'importance technique que nous lui connaissons aujourd'hui. La découverte des antidétonants organo-métalliques a précédé l'étude systématique scientifique du phénomène.

Par ses fonctions d'abord au Ministère de l'Air, puis à l'Office National des Combustibles Liquides, l'Ingénieur Général Dumanois était à même de juger l'importance du problème de la détonation pour l'avenir du moteur à allumage commandé. Dès 1926, sous son impulsion et avec sa participation, des études scientifiques sont entreprises avec la collaboration des professeurs de l'Université : Moureau, Laffitte, Prêtre, Aubert, Dufraisse, Mondain-Monval. En 1928, la Station Nationale de Recherches Techniques de Bellevue, dirigée par Claude Bonnier, aborde l'aspect technique du phénomène en relation avec les problèmes de raffinage afin d'assurer une meilleure qualification des produits.

En partant de l'hypothèse émise par Moureau, Dufraisse et Chaux, l'Ingénieur Général Dumanois admet la formation de peroxydes instables en phase gazeuse et en phase liquide au cours de la compression. Dans le déclenchement de la combustion par l'étincelle, la décomposition exothermique des peroxydes accroît la vitesse de combustion et peut la conduire à un régime analogue à l'onde explosive. La présence de peroxydes abaisse également la température d'inflammation par surface chaude. La formation des peroxydes dans les phases précédant la combustion anormale était combattue à l'époque par l'existence, en fin de compression essentiellement, des aldéhydes. Au lieu des corps oxydants, on obtenait surtout des produits réducteurs. Cependant, MM. Moureau, Dufraisse et Chaux ont pu mettre en évi-

dence la présence de peroxydes dans les moteurs. Ces expériences, reprises par l'Ingénieur Général Dumanois, Mondain-Monval et Quarquin sur un moteur, ont montré l'existence de réactions exothermiques sans flamme qui étaient suffisantes pour assurer l'entraînement du moteur.

Les moyens d'investigation dont on disposait à l'époque ne permettaient pas l'étude de l'oxydation directement dans le moteur. Ceci a conduit à adapter les dispositifs de laboratoire en prenant une échelle de temps différente.

MM. Prêtre et Laffitte ont montré l'existence de deux domaines de températures d'inflammation pour les hydrocarbures saturés, à la pression atmosphérique — la première zone correspond aux températures de formation des peroxydes qui se forment à partir de 120-130° et qui sont entièrement décomposés avant 300° C.

Townend a précisé que, pour chaque richesse de mélange combustible, il existe une pression critique où a lieu l'abaissement brutal de la température d'inflammation.

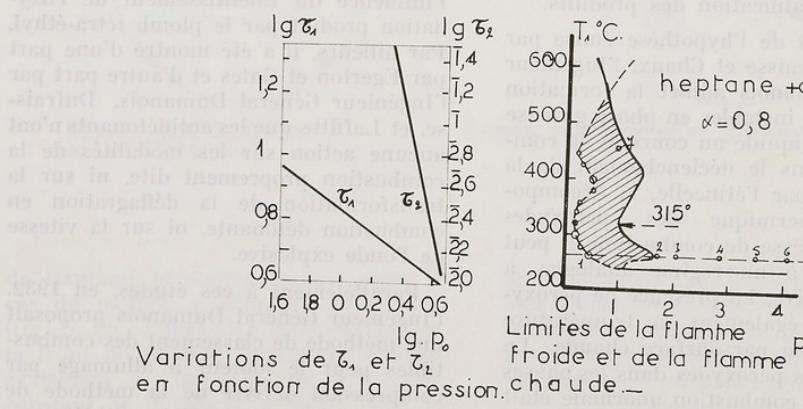
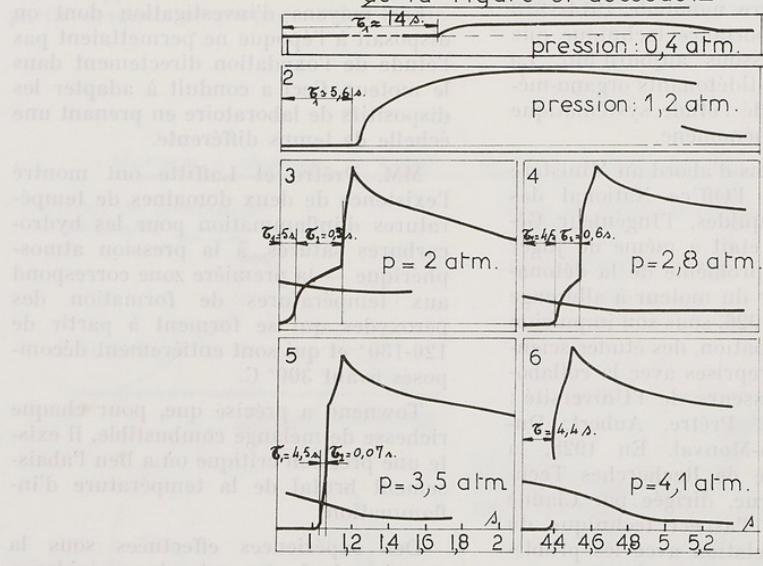
Des expériences effectuées sous la pression de 5 atm ont mis en évidence l'influence du ralentissement de l'oxydation produit par le plomb tétra-éthyl. Par ailleurs, il a été montré d'une part par Egerton et Gates et d'autre part par l'Ingénieur Général Dumanois, Dufraisse, et Laffitte que les antidétonants n'ont aucune action sur les modalités de la combustion proprement dite, ni sur la transformation de la déflagration en combustion détonante, ni sur la vitesse de l'onde explosive.

Parallèlement à ces études, en 1932, l'Ingénieur Général Dumanois proposait une méthode de classement des combustibles pour le moteur à allumage par compression dérivée de la méthode de détermination des qualités antidétonantes. Cette méthode a été normalisée et elle est utilisée encore aujourd'hui. Depuis cette époque, en France, la nature physique de la détonation a fait l'objet, dans le cadre des collaborations scien-

tifiques du Ministère de l'Air, des travaux de MM. Serruys, Labarthe, Champsseur, Duchêne, Péchard et éga-

dispositifs expérimentaux. Particulièrement ont été examinées les vitesses de propagation des flammes et des ondes

Fig. 2. Diagrammes des pressions pour les points 1 à 6 de la figure ci-dessous.



lement des études à la Station Claude-Bonnier de l'Institut Français du Pétrole, aussi bien dans les moteurs que dans les

explosives par MM. Guenoche et Manson et les phénomènes d'oxydation par MM. Frehling et Dugleux.

3. — ETAT ACTUEL des RECHERCHES SUR L'AUTO-INFLAMMATION ET LA COMBUSTION DETONANTE.

MOTEURS A ALLUMAGE COMMANDÉ :

A l'heure actuelle, la majorité des expérimentateurs partagent le point de vue exprimé par l'Ingénieur Général Dumanois qui excluait la possibilité de la formation dans une chambre de combustion d'un moteur d'une onde détonante classique au sens de Jouguet. Cette affirmation se base sur les différences de l'évolution du phénomène dans les tubes et dans les moteurs. Ces différences sont les suivantes :

1° L'addition d'antidétonants n'a pas d'influence sur la formation et sur la vitesse de propagation de la détonation dans les mélanges à oxygène.

2° La formation de la détonation dans les tubes et particulièrement dans les tubes lisses exige une longueur de parcours de la flamme avant la détonation particulièrement importante, ce qui est irréalisable dans les chambres de combustion dans les moteurs.

3° L'accroissement de la température du mélange à oxygène rend plus difficile la formation de l'onde détonante dans les tubes, tandis que l'accroissement de la température favorise l'apparition du cliquetis dans les moteurs.

4° La combustion des mélanges hydrocarbures-air dans les tubes ne donne pas lieu à l'onde détonante.

Toutes les recherches récentes confirment l'existence de foyers multiples en avant du front de flamme au moment de l'apparition du cliquetis. Ces foyers donnent lieu à des ondes de compression puissantes qui entraînent l'inflammation du reste de la charge. L'inflammation en masse est précédée par la propagation à travers la charge non enflammée de la flamme froide à des vitesses de l'ordre de 150 m/s.

Sokolik conclut que des propriétés spécifiques d'inflammation à foyers multiples peuvent conduire à la formation éventuelle de l'onde de détonation sphérique. Ceci constitue le problème principal jusqu'ici non résolu de la théorie de la détonation dans les moteurs. Cependant, quelle que soit la nature réelle de la combustion en masse, son initiation et ses conséquences sont les mêmes.

Cette attitude fort sage a été adoptée par tous les chercheurs pour faire progresser les études dans leur aspect chimique en attendant des possibilités nouvelles d'investigation.

L'étude de l'évolution de la pression due aux réactions chimiques à basse pression a permis d'établir des schémas cinétiques possibles expliquant le phénomène lui-même et l'action des additifs (fig. 2). L'observation visuelle a mis en évidence des phénomènes de luminescence désignés par les noms de flammes froides et de flammes bleues. L'apparition de ces flammes concomitantes avec la variation des pressions, définit les périodes d'induction respectivement pour le mécanisme d'oxydation à flammes froides, pour le mécanisme à flammes bleues et pour le mécanisme d'oxydation à flammes chaudes. L'effet du plomb tétra-éthyl aux différentes températures confirme ces hypothèses sur

les différentes phases d'inflammation (fig. 3). Le délai chimique est augmenté aux températures voisines de 203 et

flamme froide. On constate que, même pour une faible variation du délai d'induction chimique, le plomb tétra-éthyl

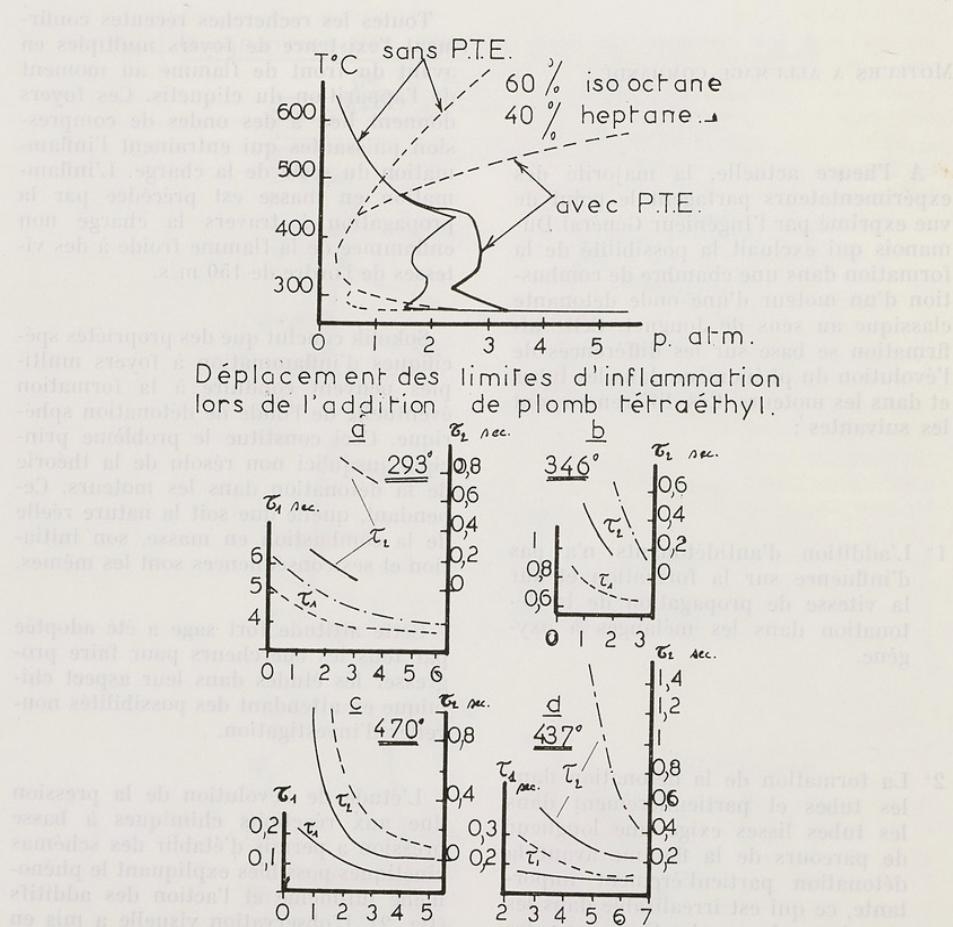


Fig. 3. Effet du plomb tétra éthyl sur les délais dans le mélange : air + 60 % iso octane + 40 % heptane ($\alpha = 0,8$)

diminué aux températures 437-470, mais dans tous les cas il correspond à l'accroissement du délai d'induction de la

modification très largement la période d'induction de la flamme chaude.

L'étude de l'auto-inflammation des hy-

drocarbures paraffiniques à haute température sous l'angle de la relation entre l'énergie d'activation et les propriétés antidétonantes a conduit Péchard à la conclusion qu'il n'y avait aucune liaison entre ces propriétés. En particulier, l'énergie de l'activation de l'iso-octane dans ces conditions est sensiblement égale à celle de l'heptane. Cette observation reflète seulement le fait que le phénomène de cliquetis dans les moteurs lors de leur alimentation en hydrocarbures paraffiniques est lié au mécanisme d'oxydation à basse température.

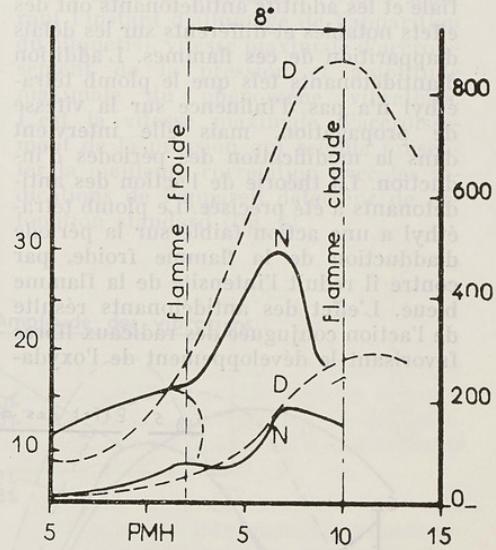
Les hydrocarbures aromatiques, considérés jusqu'en 1940 comme hydrocarbures types à oxydation à haute température, ont un comportement différent. Des additifs tels que NO_2 , qui n'ont pratiquement pas d'action sur les hydrocarbures paraffiniques, modifient considérablement les périodes d'induction. Il en est de même pour le formaldéhyde.

Le phénomène de cliquetis dans le moteur à allumage commandé, du fait de l'action du plomb tétra-éthyl, n'a pu être attribué qu'à l'inflammation à basse température de la majorité des hydrocarbures de la série paraffinique.

Les études spectrographiques sur le moteur à allumage commandé ont confirmé l'existence d'une phase à flammes froides caractérisée par la formation de l'aldéhyde excitée, d'une phase à flammes bleues caractérisée par les raies OH-CHO et de raies CH et enfin de la phase de la flamme chaude caractérisée par l'absence totale de raies C-C . Les analyses chimiques dues à Downs et Wheeler ont confirmé l'inflammation en deux phases, dont la première correspond à l'accumulation des peroxydes organiques accompagnée de flammes froides, au développement ultérieur du mécanisme d'oxydation à aldéhydes, puis la deuxième caractérisée par la flamme bleue (fig. 4).

La mise en évidence de l'effet des antidétonants dans les moteurs est donnée par le rapport de compression volumique critique où apparaît le cliquetis.

Fig. 4 Concentration des produits d'oxydation dans un moteur à allumage commandé.



Formation de peroxydes : traits pleins et d'aldéhydes : tirets

D : régime détonant : $\xi = 99$ $n = 1500 \text{ t/mn}$
 N : régime normal : $\xi = 70$ $\mu = 0,9$

Les antidétonants organo-métalliques et les corps tels que le formaldéhyde et NO_2 ajoutés aux hydrocarbures purs ont un effet en accord avec les mécanismes

d'auto-inflammation étudiés au laboratoire sous des pressions réduites. Ainsi, l'addition du NO_2 à l'iso-octane ou à l'heptane n'a qu'un effet prodétonant pratiquement nul, tandis que l'addition du NO_2 au benzène entraîne un abaissement notable du taux de compression critique (fig. 5).

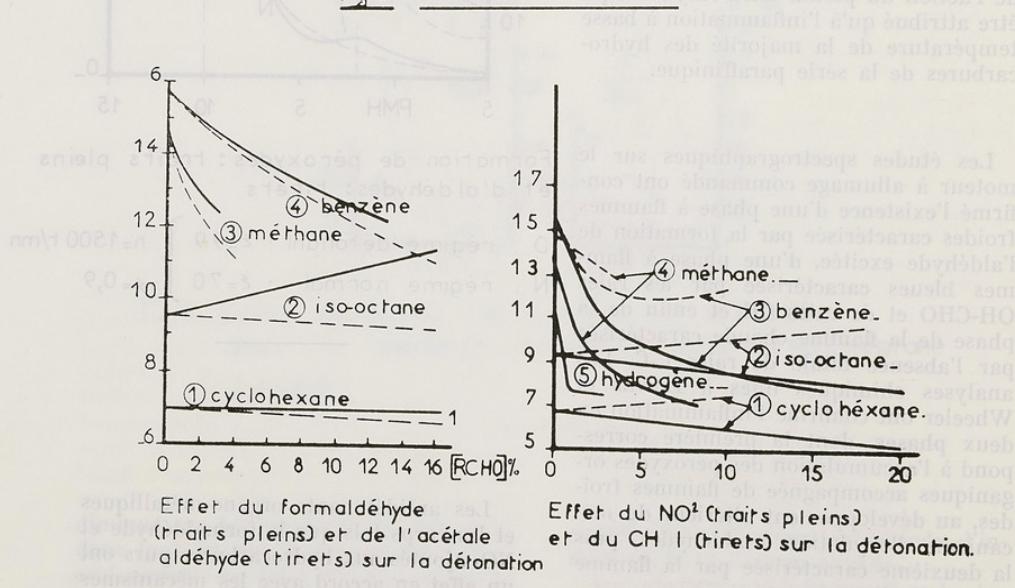
Les nombreuses études sur l'oxydation des hydrocarbures ont conduit à la théorie d'inflammation à phases multiples caractérisée par la flamme froide et les flammes éclairantes. La température initiale et les additifs antidétonants ont des effets notables et différents sur les délais d'apparition de ces flammes. L'addition d'antidétonants tels que le plomb tétraéthyl n'a pas d'influence sur la vitesse de propagation, mais elle intervient dans la modification des périodes d'induction. La théorie de l'action des antidétonants a été précisée. Le plomb tétraéthyl a une action faible sur la période d'adduction de la flamme froide, par contre il réduit l'intensité de la flamme bleue. L'effet des antidétonants résulte de l'action conjuguée des radicaux libres favorisant le développement de l'oxyda-

tion à haute température et de la distraction des centres actifs de la réaction par la surface métallique. L'action antidétonante est donc conditionnée par la destruction de composés organo-métalliques à l'instant où se développe dans le cylindre du moteur le processus pré-détonant. Par la libération du métal à l'état dispersé et oxydé superficiellement, l'antidétonant constitue un catalyseur pour la recombinaison d'atomes et de radicaux libres.

4. — CORRELATION ENTRE LES QUALITES ANTIDETONANTES DES MOTEURS ET L'ENERGIE D'ACTIVATION D'OXYDATION A BASSE TEMPERATURE.

La théorie du mécanisme d'inflammation étant la même dans les tubes et dans les moteurs sous des pressions élevées, on a cherché à établir une liaison entre les grandeurs physiques du combustible propres, telles que l'énergie d'activation et sa caractéristique technique d'indice d'octane. L'indice d'oc-

Fig. 5. Effet des antidétonants



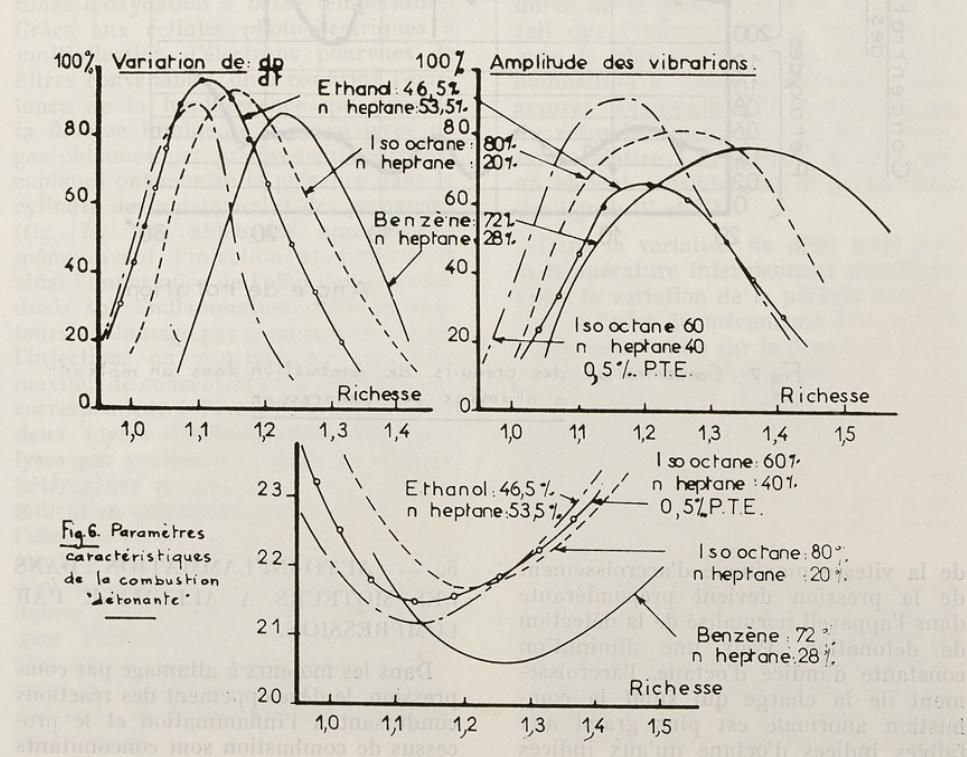
tane d'un combustible est la proportion de l'iso-octane dans le mélange iso-octane-heptane qui donne la même indication du détecteur de détonation dans les mêmes conditions sur un moteur normalisé. L'énergie d'activation des divers hydrocarbures s'oxydant à basse température peut être déduite des courbes d'évolution de la pression lors de l'inflammation dans les tubes. En effet, si on porte en ordonnée le logarithme de la période d'induction et en abscisse l'inverse de la température absolue, on obtient des courbes ou des droites dont la pente est proportionnelle à l'énergie d'activation. L'ensemble des résultats expérimentaux relatifs aux hydrocarbures à inflammation à basse température peut être représenté par la relation

$$IO = 180 - 5.E \text{ (kcal).}$$

Malgré une bonne corrélation qui peut satisfaire le physicien, cette courbe ne peut pas être utilisée pour le classement

des carburants où on met en évidence des écarts entre les qualités indétonantes de l'ordre d'un demi-point d'octane.

L'Ingénieur Général Dumanois critiquait la tendance d'introduction des grandeurs ayant une signification scientifique bien définie dans des expressions techniques empiriques, bien que fort utiles et précises, mais mal définies du point de vue physique. C'est dans ce but qu'a été effectuée une étude à l'Institut du Pétrole en prenant pour critère les caractéristiques du diagramme de pression : délai de détonation (temps séparant l'instant d'allumage de l'apparition du cliquetis), vitesse maximale d'accroissement de la pression et amplitude maximale du phénomène vibratoire. C'est la vitesse maximale d'accroissement de la pression qui semble présenter la meilleure corrélation avec les indications de l'appareil détecteur de détonation standard (fig. 6).



On peut donc dire que le même indice d'octane correspond à la conjugaison des caractéristiques différentes relatives à la combustion normale et à la combustion détonante. L'évaluation des qualités indétonantes est faite à des taux de compression de plus en plus élevés, à mesure que le combustible résiste mieux à la détonation. Ainsi, la contribution

d'octane élevés. Ceci peut expliquer la dispersion des points autour de la courbe proposée par Sokolik. Il nous paraît donc hasardeux de lier la notion conventionnelle d'indice d'octane à celle de l'énergie d'activation. Il serait souhaitable de reprendre des études de corrélation avec une définition correcte de l'intensité de détonation dans les moteurs.

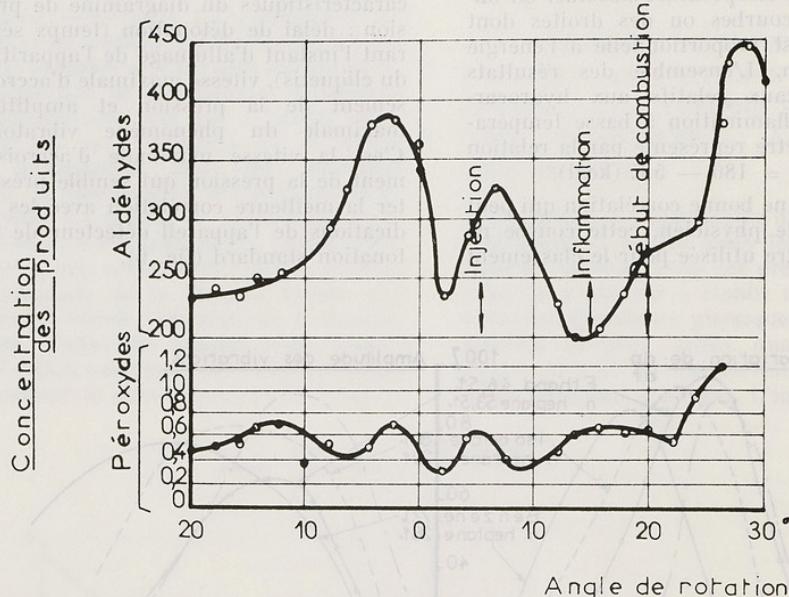


Fig. 7. Concentration des produits de combustion dans un moteur à allumage par compression.

de la vitesse maximale d'accroissement de la pression devient prépondérante dans l'appareil normalisé de la détection de détonation. Pour une diminution constante d'indice d'octane, l'accroissement de la charge qui subit la combustion anormale est plus grand aux faibles indices d'octane qu'aux indices

5. — AUTO-INFLAMMATION DANS LES MOTEURS A ALLUMAGE PAR COMPRESSION.

Dans les moteurs à allumage par compression, le développement des réactions conduisant à l'inflammation et le processus de combustion sont concomitants

à l'évaporation du combustible et à sa diffusion dans l'air comprimé. On se limite donc à l'étude des délais globaux en fonction de la pression et de la température données sous la forme :

$$\tau = p^{-n} e^{-E/RT}$$

Au voisinage de 400° C, on observe une diminution brusque de la valeur de l'énergie d'activation de 10 à 1 kcal. Ceci a conduit, par un certain nombre de recherches, à supposer qu'aux températures élevées la vitesse de réaction chimique est tellement grande que l'ensemble du phénomène est régi essentiellement par le mécanisme de diffusion.

Cependant, on a pu constater la relation linéaire entre les indices d'octane et les indices de cétane qui infirme cette hypothèse. Par ailleurs, l'état de la charge en fin de compression se trouve au-dessous de la limite séparant les zones d'oxydation à haute température et les zones d'oxydation à basse température. Grâce aux cellules photo-électriques à multiplication d'électrons pourvues de filtres convenables, on a confirmé l'existence de la luminescence qui précède la flamme lumineuse. Les analyses de gaz obtenues par prélèvements stroboscopiques ont montré la présence dans le cylindre des aldéhydes et des peroxydes (fig. 7). Les aldéhydes apparaissent même avant l'injection et confirment ainsi l'importance de l'effet des gaz résiduels sur l'inflammation dans les moteurs à allumage par compression. Après l'injection, on constate un ou deux maxima de concentration d'aldéhyde qui correspondent à l'apparition d'un ou de deux foyers d'inflammation. Les analyses par prélèvement dans les milieux hétérogènes ne pouvaient avoir qu'une indication qualitative sur la présence ou l'absence de tel ou tel corps et non par son importance dans le mélange. On peut donc se rapporter au mécanisme d'oxydation à basse température pour expliquer l'inflammation, et cela d'autant plus que la température locale au moment de l'oxydation se trouve diminuée par suite de l'évaporation du combustible liquide.

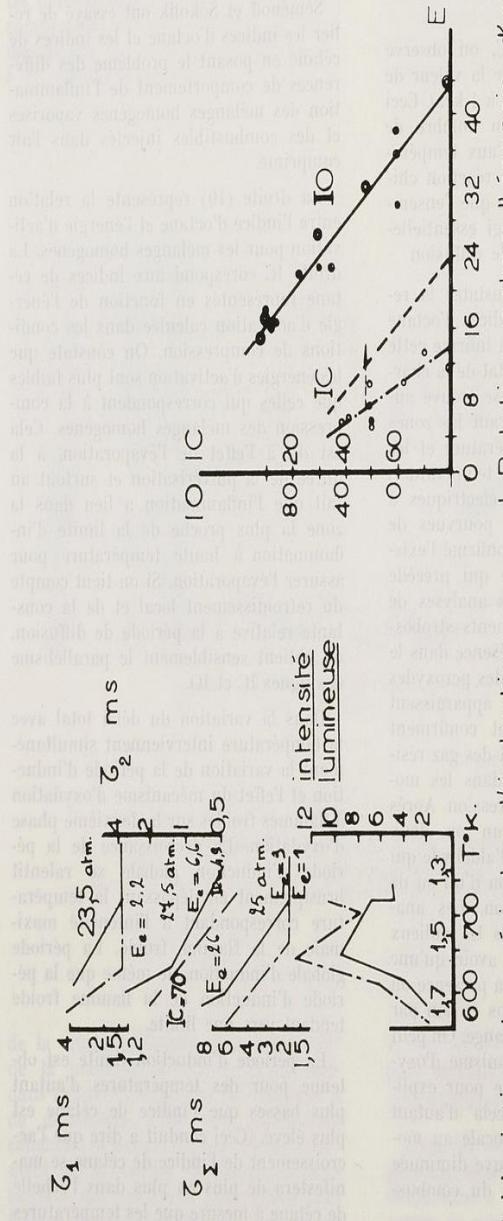
6. — CORRELATION ENTRE LES INDICES DE CETANE ET L'ENERGIE D'ACTIVATION D'OXYDATION A BASSE TEMPERATURE.

Séménoff et Sokolik ont essayé de relier les indices d'octane et les indices de cétane en posant le problème des différences de comportement de l'inflammation des mélanges homogènes vaporisés et des combustibles injectés dans l'air comprimé.

La droite (10) représente la relation entre l'indice d'octane et l'énergie d'activation pour les mélanges homogènes. La droite IC correspond aux indices de cétane représentés en fonction de l'énergie d'activation calculée dans les conditions de compression. On constate que les énergies d'activation sont plus faibles que celles qui correspondent à la compression des mélanges homogènes. Cela est dû à l'effet de l'évaporation, à la durée de la pulvérisation et surtout au fait que l'inflammation a lieu dans la zone la plus proche de la limite d'inflammation à haute température pour assurer l'évaporation. Si on tient compte du refroidissement local et de la constante relative à la période de diffusion, on obtient sensiblement le parallélisme des lignes IC et IO.

Dans la variation du délai total avec la température interviennent simultanément la variation de la période d'induction et l'effet du mécanisme d'oxydation à flammes froides sur la deuxième phase d'oxydation. La décroissance de la période d'induction globale se ralentit brusquement en dépassant la température correspondant à l'intensité maximale de la flamme froide. La période globale d'induction, de même que la période d'induction de la flamme froide tendent vers une limite.

La période d'induction limite est obtenue pour des températures d'autant plus basses que l'indice de cétane est plus élevé. (Ceci conduit à dire que l'accroissement de l'indice de cétane se manifestera de plus en plus dans l'échelle de cétane à mesure que les températures



Relation entre l'énergie d'activation de processus à flamme froide et les indices de cérame et d'octane

Variation des périodes d'induction avec la température en fin de compression pour les combustibles d'indice d'octane 49 et 70. —

Fig. 8. Energie d'activation et indice d'octane

d'inflammation deviennent faibles). Du point de vue technique, l'effet de l'indice de cétane sera d'autant plus marqué qu'on s'éloignera des conditions de fonctionnement du moteur à pleine charge.

Comme pour la combustion des mélanges homogènes, la combustion turbulente dans les moteurs à allumage par compression ne peut avoir lieu qu'à partir d'une dimension limite du foyer comparativement à l'échelle de turbulence. La présence du combustible en excès par rapport à celui nécessaire pour la formation de foyers turbulents freine le développement du mécanisme à flam-

me froide en absorbant la chaleur par l'évaporation. Il est donc souhaitable d'isoler en quelque sorte la fraction du combustible nécessaire à l'inflammation initiale.

Tous les procédés d'alimentation des moteurs à allumage par compression, où on sépare les fractions de combustible nécessaire à l'inflammation et la propagation de la flamme turbulente, constituent des moyens d'amélioration du fonctionnement du moteur à allumage par compression en réduisant simultanément le bruit et en reculant la limite de la fumée.

7. — CONCLUSION

Les études sur la combustion anormale dans les moteurs à allumage commandé, combustion dite détonante et préallumage, de même que l'inflammation dans les moteurs à allumage par compression montrent que le mécanisme d'oxydation des hydrocarbures à basse température constitue le paramètre essentiel de ces phénomènes. Ces considérations permettent de prévoir l'élargissement des zones d'utilisation des combustibles dans les moteurs dans les différentes conditions de leur fonctionnement. La meilleure connaissance de l'ac-

tion des antidétonants et des promoteurs d'inflammation n'exclut pas la possibilité de l'existence d'additifs favorables à l'inflammation et n'agissant pas sur les qualités antidétonantes du combustible.

Ainsi, l'ensemble des idées sur la combustion dans les moteurs à piston, exposées par l'Ingénieur Général Dumanois en 1933 dans la revue *Energia Thermica*, et qui ont servi en France de cadre aux recherches dans ce domaine, n'ont pas été infirmées par de très nombreuses études ultérieures.

(1) Conférence faite le 1^{er} avril 1955 à la Société Nationale des

1. *Mise au point générale en 1933* : P. DUMANOIS. — Considérations sur la combustion dans les moteurs. *Energia Thermica*, année 1933, XII, n° 1 et 2.

Notes à l'Académie des Sciences de l'Ingénieur Général DUMANOIS, relatives à la combustion dans les moteurs.

2. P. DUMANOIS. — *Au sujet de l'utilisation des antidétonants*, C.R., 1925, 180, p. 1392.
3. P. DUMANOIS. — *Au sujet de l'emploi dans les moteurs à explosion des carburants inflammables*, C.R., 1926, 183, p. 1261.
4. P. DUMANOIS. — *Sur l'effet retardateur d'inflammation produit par les corps dits antidétonants*, C.R., 1926, 182, p. 1526.
5. P. DUMANOIS et P. LAFFITTE. — *Influence de la pression sur la formation de l'onde explosive*, C.R., 1926, 183, p. 284.

1. BONE W. A. and TOWNEND D. I. A. — *Flame and combustion in gases*, London, 1927.
2. JOST W. — *Explosions und Verbammenvorgange in gasen*, Berlin, 1939.
3. *Colloque international sur la Cinétique*, Paris, 1964.

BIBLIOGRAPHIE

6. P. DUMANOIS et P. LAFFITTE. — *Sur la vitesse de l'onde explosive*.
7. P. DUMANOIS. — *Au sujet de la théorie des antidétonants*.
8. P. DUMANOIS et MM. AUBERT et PIGNOT. — *Sur l'effet des antidétonants en phase vapeur*. C.R., 1928, 186, p. 1298.
9. P. DUMANOIS et M. MONDAIN - MONVAL. — *Au sujet de l'oxydation des hydrocarbures par l'air*, C.R., 1929, 189, p. 761.
10. P. DUMANOIS et MM. PRÊTRE et P. LAFFITTE. — *Sur l'oxydation et l'inflammation des mélanges de pentane et d'air*, C.R., 1930, 191, p. 329.
11. P. DUMANOIS, MM. BRIAND, LAFFITTE. — *Influence de la température sur les limites d'inflammation de quelques vapeurs d'hydrocarbures purs*. C.R., 1933, 197, p. 322.
12. P. DUMANOIS, MM. BRIAND, LAFFITTE. — *Influence de la température sur les limites d'inflammation de quelques vapeurs d'hydrocarbures purs et de mélanges*. C.R., 1934, p. 199, 286.
4. GAYDON A. G. — *Spectroscopy and combustion theory*, London, 1948.
5. LEWIS B. et V. ELBE. — *Combustion Flames and Explosions of gases* New York, 1951.
6. SOKOLIK. — *Auto-inflammation, flammes et détonations dans les gaz*, Moscou, 1960.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

4

LES SOUFFLÉRIES HYPERSONIQUES
DU CENTRE D'ÉTUDES AÉRODYNAMIQUES
ET THERMIQUES (1)
DE POITIERS

par M. R. GOETHALS,

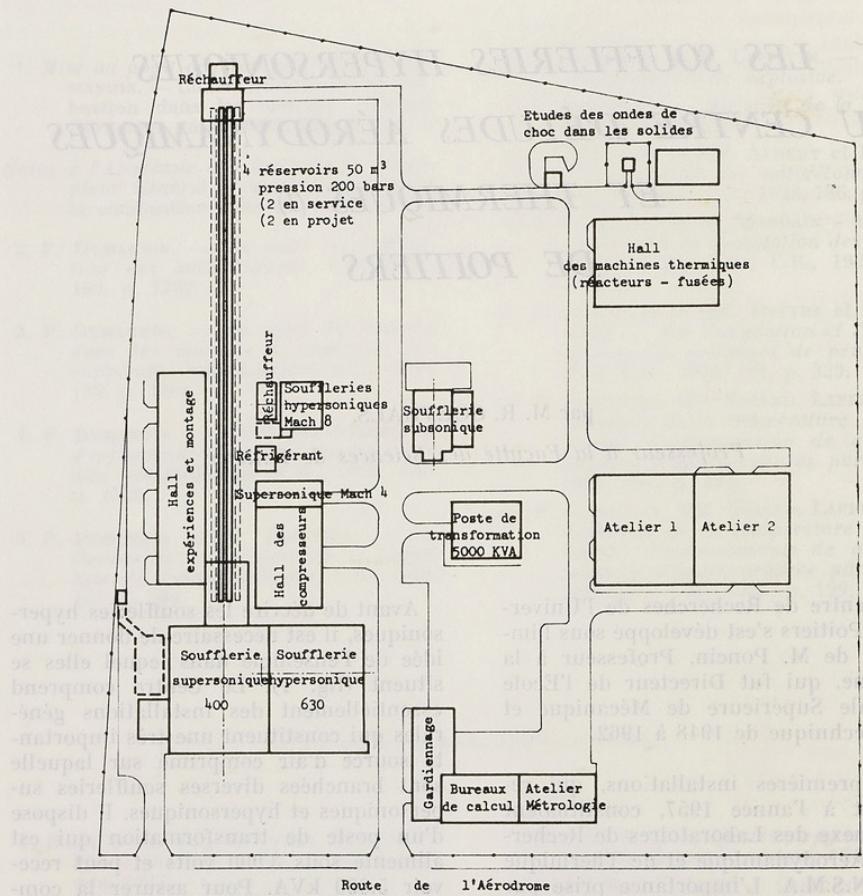
Professeur à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Ce Centre de Recherches de l'Université de Poitiers s'est développé sous l'impulsion de M. Poncin, Professeur à la Sorbonne, qui fut Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique de 1948 à 1962.

Les premières installations, qui remontent à l'année 1957, constituaient une annexe des Laboratoires de Recherches d'Aérodynamique et de Thermique de l'E.N.S.M.A. L'importance prise par le Centre a entraîné en 1963 sa transformation en un Institut d'Université entièrement autonome : le Centre d'Etudes Aérodynamiques et Thermiques. Les installations dont dispose le C.E.A.T. permettent d'entreprendre en aérodynamique des recherches expérimentales à une échelle relativement importante, particulièrement en aérodynamique hypersonique.

Avant de décrire les souffleries hypersoniques, il est nécessaire de donner une idée de l'ensemble dans lequel elles se situent (fig. 1). Le Centre comprend essentiellement des installations générales qui constituent une très importante source d'air comprimé sur laquelle sont branchées diverses souffleries supersoniques et hypersoniques. Il dispose d'un poste de transformation qui est alimenté sous 3.000 volts et peut recevoir 5.000 kVA. Pour assurer la compression de l'air, un groupe moto-compresseur (fig. 2) comprend un moteur synchrone de 1.560 CV en 5.500 volts. L'air est ensuite desséché, déshuilé et dépoussiéré, puis stocké dans des réservoirs, dont la capacité actuelle est de 100 m³ et qui contiennent de l'air à 200 bars ; un système de canalisations et de vannes permet d'alimenter des souffleries. Ces souffleries comprennent deux

(1) Conférence faite le 1^{er} avril 1965 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.



CENTRE D'ETUDES AERODYNAMIQUES ET THERMIQUES

— POITIERS —

Plan général

— Fig. 1 —

souffleries supersoniques (nombre de Mach de 1,6 à 4,3) et deux souffleries

hypersoniques (Mach 8,3) qui feront l'objet de la suite de cet exposé.

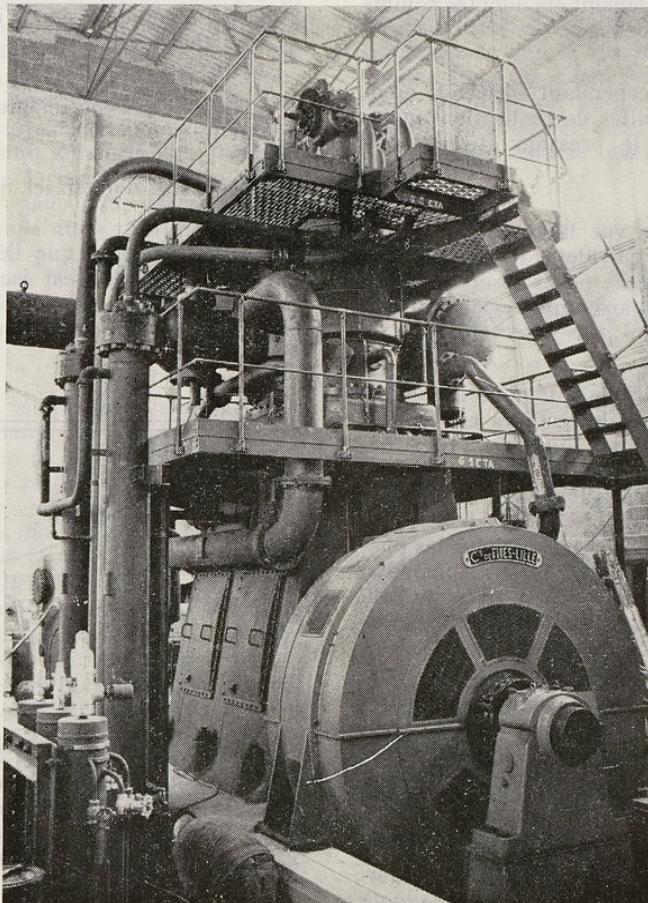


Fig. 2 Compresseur FIVES - LILLE

Pour déterminer les débits d'air nécessaires dans le réservoirs, il faut calculer les pressions dans les réservoirs.

Si l'on procède à la compression dans l'ordre précédent : compression dans le réservoir, puis dans le chambres de travail.

Bien que la conception des réservoirs ait été établie surtout pour les souffleries supersoniques, qui demandent de gros débits d'air, la solution originale qui a été adoptée mérite d'être présentée.

LES RÉSERVOIRS

Le problème économique du stockage de l'air montre qu'il y a intérêt à réaliser ce stockage à haute pression. La recherche de la puissance minimum d'une soufflerie de caractéristiques données

montre également l'intérêt des pressions élevées. C'est pourquoi la pression de 200 bars a finalement été adoptée comme pression de stockage.

On dispose cependant encore de nombreuses possibilités de réalisation quand le volume et la pression du réservoir sont donnés.

Du point de vue financier, il semble à peu près équivalent d'envisager un certain nombre de petits réservoirs avec leurs tubes de liaison qui reviennent fort cher, ou un seul gros réservoir.

L'idée essentielle qui nous a conduit à ces réservoirs particuliers est liée au fonctionnement des souffleries. Il est nécessaire que, pendant la durée d'une expérience, les caractéristiques de fonctionnement : nombre de Mach et nombre de Reynolds (caractéristique des phénomènes de viscosité), restent constants. Le calcul montre qu'il suffit pour cela de maintenir simultanément constantes la pression et la température. Il n'y a guère de problème en ce qui concerne la pression puisqu'on peut trouver facilement des vannes rapides munies d'un système de régulation. Par contre, au cours de la rafale, la température de l'air a tendance à baisser. Afin d'éviter la variation de température de l'air sortant du réservoir, nous considérons un réservoir tubulaire très long, suffisamment pour qu'on puisse admettre qu'à l'intérieur l'écoulement se fait par « tranches ». On donne à chaque tranche une température telle que, quand la détente l'amène à la sortie du réservoir, elle s'y trouve avec une température donnée qui est celle de la première tranche qui doit sortir. On aura ainsi résolu le problème.

Les travaux qui ont été effectués au laboratoire sur ce thème et qui ont conduit au réservoir sont de trois ordres [1] :

[1] Les notations entre crochets renvoient à la bibliographie *in fine*.

- 1° une étude théorique du fonctionnement en gaz parfait ;
- 2° la même étude à partir des diagrammes thermodynamiques de l'air (gaz réel) ;
- 3° une étude expérimentale sur maquette.

Je ne peux donner ici qu'un résumé de ce travail.

Nous admettrons que l'écoulement à l'intérieur du tube est isentropique et que, dans les conditions initiales, il existe une courbe de température $T = f(x)$ (fig. 3).

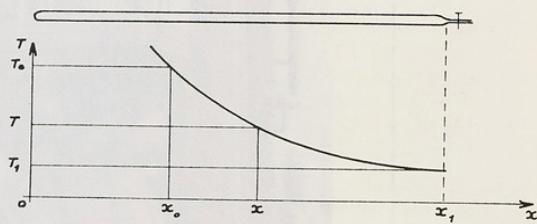


Fig. 3

Le point de sortie x_1 est à la température T_1 . Une tranche dx à l'abscisse x est à la température T ; elle doit parvenir au cours de la détente au point x_1 à la température T_1 . On a donc les relations :

$$\frac{dx}{x} = \frac{dx_1}{x_1} \text{ ou } \frac{x}{x_1} = \frac{dx}{dx_1} = \frac{\rho_1}{\rho} \quad (\text{continuité})$$

et

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \left(\frac{\rho}{\rho_1} \right)^\gamma = \left(\frac{T}{T_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

donc :

$$\frac{T}{T_1} = \left(\frac{x_1}{x} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

c'est la loi de température cherchée.

La courbe de la température dans le réservoir sera par suite : entre les points x_1 et x_0 , la courbe ci-dessus ; entre x_0 et O, une constante égale à $T(x_0)$. Le point x_0 définit la limite en débit de la rafale. En effet, quand la masse d'air contenue dans le tube entre O et x_0 occupera tout le tube à la suite de la détente, il faudra fermer la vanne, sinon on enregistrerait une baisse de la température de sortie. A un instant quelconque de la rafale, la courbe de température du fluide dans le réservoir sera, par exemple, de O à x , une constante à la température T, et de x à x_1 , la courbe définie ci-dessus.

La loi de température ainsi trouvée est indépendante de la pression. Ceci n'est plus vrai si l'on fait entrer en jeu les propriétés réelles de l'air au lieu de le considérer comme un gaz parfait. Il est nécessaire dans ce cas de préciser les données numériques du problème : nous considérons la rafale faisant tomber la pression dans le réservoir de 200 à 40 bars, elle correspond à un maximum et peut d'ailleurs être fragmentée. On envisage le processus thermodynamique suivant : l'air subit, en négligeant les frottements dans le réservoir (vitesses faibles) et les échanges thermiques (en un point donné les températures du fluide et de la paroi restent voisines), une détente isentropique jusqu'au col de la vanne où la vitesse du son est atteinte, puis une recompression isenthalpique jusqu'à la chambre de tranquillisation, et une nouvelle détente isentropique jusqu'à la veine d'essais.

Pour déterminer la courbe de température à établir dans le réservoir, on considère le processus théorique inverse du précédent : compression d'air à 40 bars depuis la chambre de tranquillisation en se plaçant sur l'isenthalpe qui donnera 15°C à 200 bars dans le réservoir. En opérant par étapes successives à partir de l'air résiduel supposé resté dans le réservoir à la fin de la précédente rafale,

on obtient à 200 bars une représentation par tranches de l'air contenu. La masse, la température, le volume et la position de chaque tranche sont ainsi connus pour tout le réservoir. En outre, chaque étape du calcul donne la composition du réservoir en cours de vidange quand la pression est tombée de 200 bars à la pression caractérisant l'étape considérée.

La figure 4 donne des courbes de température obtenues dans les deux approximations : gaz parfait et gaz réel.

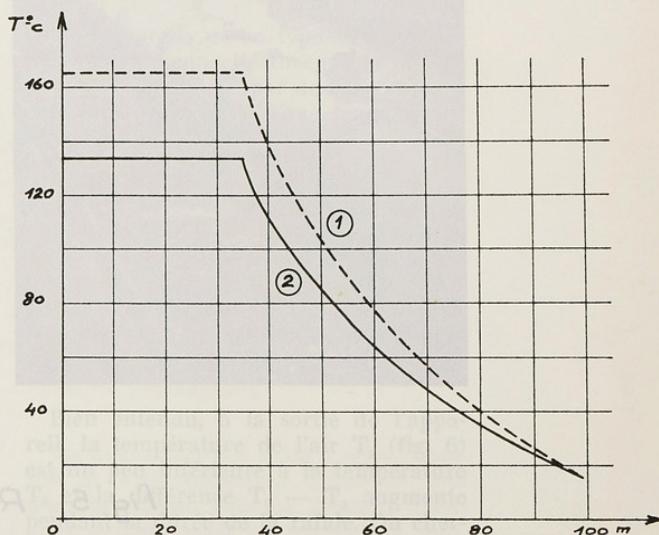


Fig. 4

(1) Gaz parfait (2) Gaz réel

Il va sans dire que, si la première approximation aide à comprendre et à fixer des ordres de grandeur, les valeurs numériques seront demandées à la deuxième.

Par contre, la loi de température est stable pour un tube vertical dès qu'elle est croissante vers le haut. Nous avons cherché la pente minimum qui correspondait au maintien de la loi de tempé-

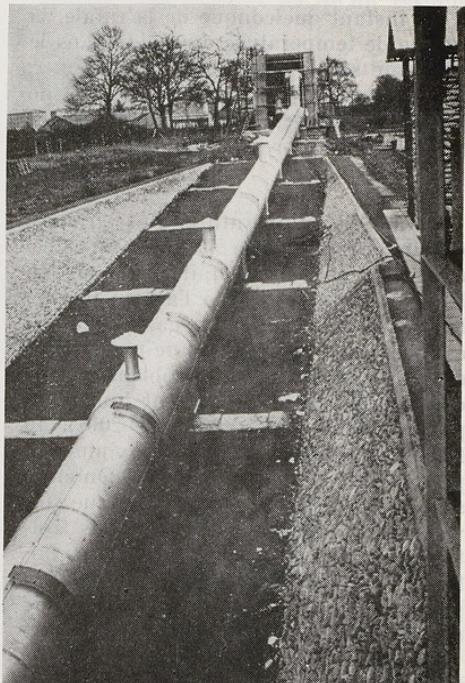
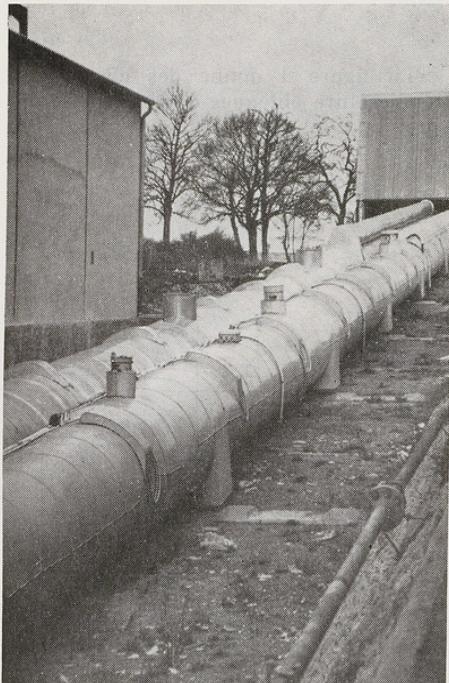


Fig 5 Réservoirs

Il faut ensuite que la courbe de température que l'on vient d'établir soit effectivement réalisable. Si l'on part d'un tube horizontal, les turbulences dans l'air à haute pression ont tôt fait d'égaliser les températures dans le tube.

L'air sortant de ces réservoirs, à une pression imposée par les vannes asservies, assure l'écoulement soit dans des tuyères supersoniques, soit dans des tuyères hypersoniques. Nous ne nous intéresserons ici qu'à ces dernières.

Deux soufflées hypersoniques existent en ce moment au C.E.A.T. : une grande et une petite, appelée pilote, qui comprend plusieurs tuyères. Lors de l'étude de la grande installation, il est apparu en effet nécessaire d'en réaliser une plus petite pour assurer nos techniques et pour former le personnel.

La différence fondamentale entre les soufflées supersoniques et hypersoniques est liée à une question de température : lorsqu'on prend de l'air à la température ambiante et qu'on le détend à travers une tuyère, sa température s'abaisse suivant une loi à peu près adiabatique. On peut ainsi obtenir, en partant de la température ambiante, des écoulements jusqu'à $M = 4,5$ environ, mais, au-delà, la température de l'air détendu est inférieure au point de liquéfaction de l'oxygène (90° K) et il y a condensation. Pour éviter cela, il n'y a qu'une solution : chauffer l'air ; une soufflerie hypersonique est par suite toujours précédée d'un réchauffeur.

Le réchauffeur est placé dans la tuyère de la soufflerie hypersonique. Il est constitué par un tube en cuivre de diamètre 10 mm et de longueur $1,5 \text{ m}$. L'air passe à l'intérieur du tube et est chauffé par un circuit extérieur dans lequel circule de l'eau chaude. Le réchauffeur est placé dans la tuyère de la soufflerie hypersonique. Il est constitué par un tube en cuivre de diamètre 10 mm et de longueur $1,5 \text{ m}$. L'air passe à l'intérieur du tube et est chauffé par un circuit extérieur dans lequel circule de l'eau chaude.

LE RECHAUFFAGE DE L'AIR

Les soufflées hypersoniques du C.E.A.T. sont prévues pour fonctionner aux alentours de $M = 8$, ce qui impose une température de départ d'au moins 800° K. Par ailleurs, la pression amont des tuyères, donc également la pression dans le réchauffeur, a été fixée à 100 bars. Si l'on ajoute que le débit de l'air est d'environ 2 kg par seconde dans la soufflerie pilote, et 18 kg par seconde

dans la grande soufflerie, et qu'on prévoit des temps de fonctionnement de 20 secondes pour les deux installations, on peut définir les réchauffeurs.

Les réchauffeurs de nos soufflées ont été conçus par le groupe de thermique de l'E.N.S.M.A., sous la direction de M. le Professeur Cordier.

L'ordre de grandeur de la puissance calorifique qu'il faut fournir à l'air dans la grande installation est de 9.000 kilowatts. La seule façon raisonnable de fournir cette puissance est de le faire par l'emploi d'un réchauffeur du type à accumulation.

Les appareils de ce type sont constitués par une capacité thermique importante que l'on porte, par des moyens qui peuvent être divers, à une température uniforme T_0 .

Au cours de la rafale, l'air comprimé à réchauffer circule sur la capacité thermique qui cède en un temps très court une partie de la chaleur qu'elle avait accumulée.

Bien entendu, à la sortie de l'appareil, la température de l'air T_a (fig. 6) est un peu inférieure à la température T_0 et la différence $T_0 - T_a$ augmente pendant la durée de la rafale. On cherche à ce que la valeur maximum de cette différence ne dépasse pas une certaine valeur, reliée à la variation maximum admise du nombre de Reynolds.

Etant donné l'échelle de notre installation, on ne peut admettre la solution facile souvent utilisée, qui consiste à construire un réchauffeur largement surabondant.

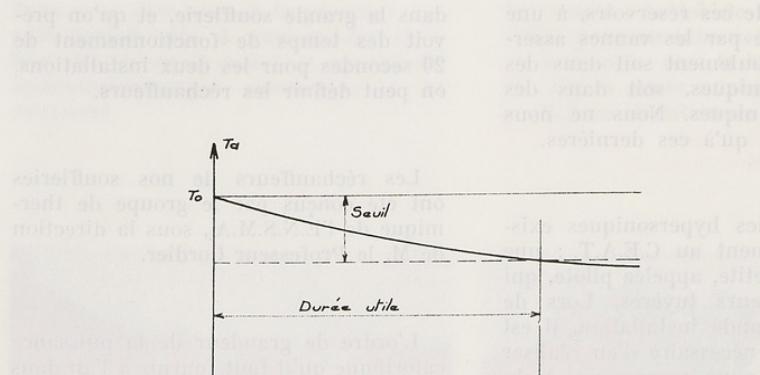


fig. 6

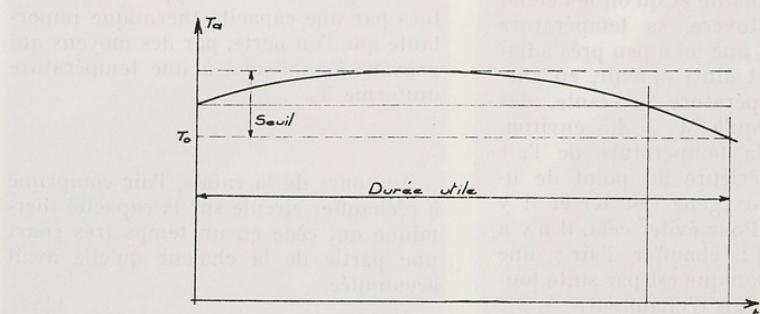


Fig. 7

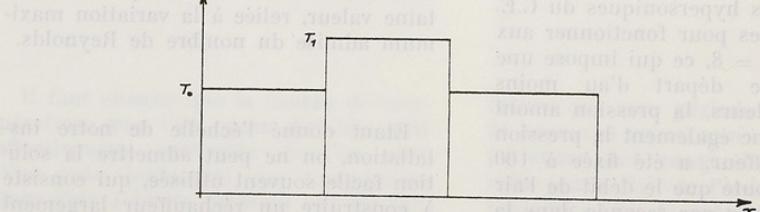


fig. 8

Pour un appareil de dimensions données, on peut espérer augmenter la durée pendant laquelle la variation de T_a ne dépasse pas un seuil déterminé en faisant en sorte que la différence ($T_0 - T_a$) soit d'abord négative, passe par un minimum, s'annule, puis devienne positive. On remplace ainsi la variation classique de température de la figure 6 par celle de la figure 7.

On a respecté cette condition en imposant au réchauffeur avant la rafale une répartition de température du type représenté figure 8 (en abscisse, la distance à l'entrée du réchauffeur), une portion du réchauffeur étant portée à une température T_1 supérieure à T_0 .

Du point de vue réalisation, nous avons essayé de séparer les deux difficultés : température et pression. D'une part, un récipient intérieur contient des billes de nickel, dans lequel plongent des résistances électriques ; d'autre part, une paroi extérieure doit supporter les 100 bars de pression intérieure, mais il faut maintenir cette paroi à une température assez basse, de toute façon inférieure à 250°C .

Dans la plupart des souffleries étrangères, on utilise pour cela un calorifuge qui a pour effet d'augmenter considérablement le diamètre du réchauffeur, et par suite son prix de revient. Avec l'usure, ce calorifuge produit des poussières dont l'effet d'abrasion sur les maquettes est désastreux. Nous avons cherché à garder le diamètre minimum pour le réchauffeur ; pour cela, nous avons utilisé (voir fig. 9) des tôles (réflecteur en acier inoxydable poli), entre lesquelles on peut éventuellement faire circuler de l'air froid. La température de paroi ainsi obtenue ne dépasse jamais 150° pour une température des billes de 530°C (800°K).

L'axe du réchauffeur est vertical (fig. 10) et lors du chauffage des billes, quand

le réservoir est à la pression atmosphérique, la convection naturelle a pour effet de donner une courbe de température avec un maximum dans le tiers supérieur.

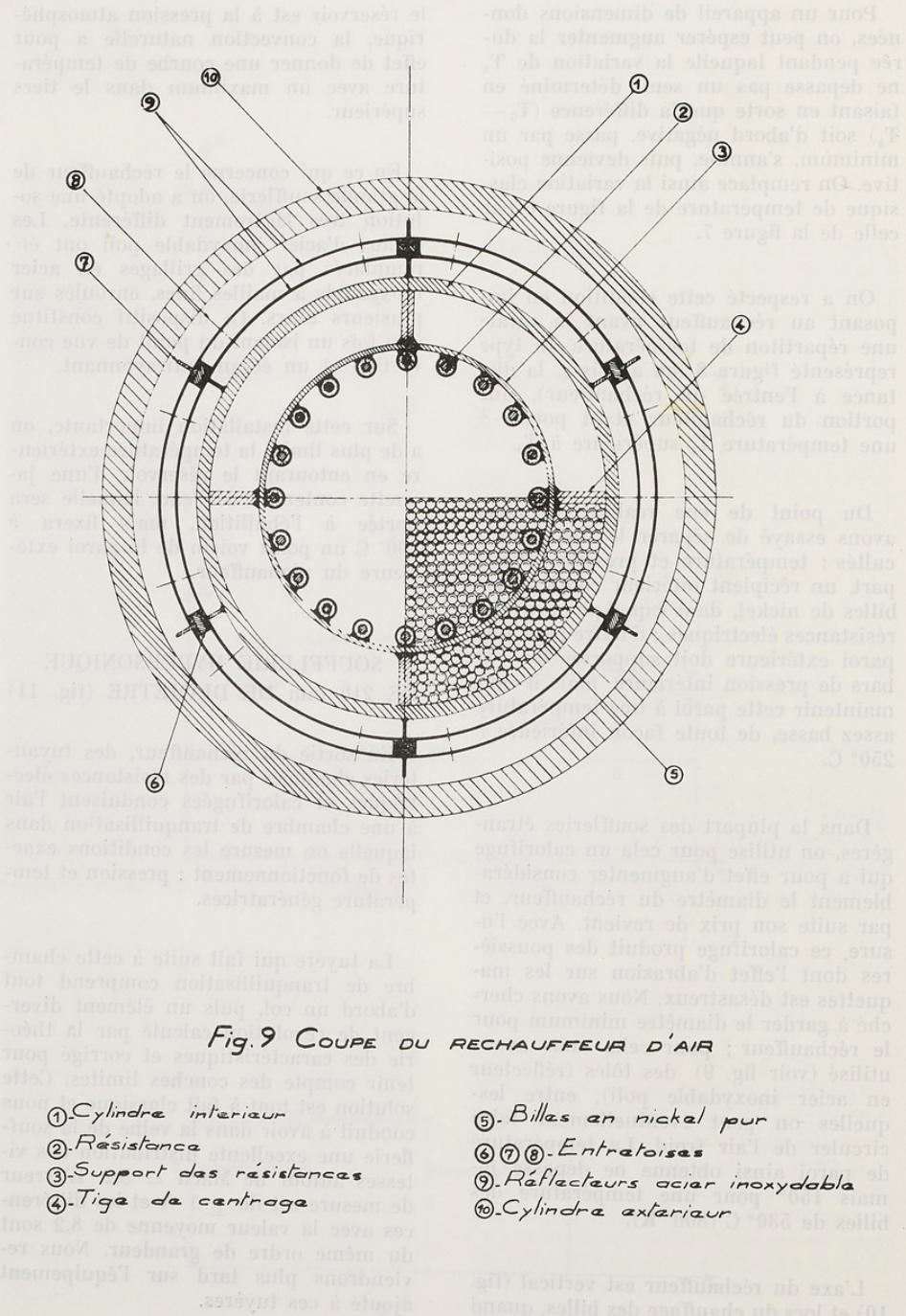
En ce qui concerne le réchauffeur de la grande soufflerie, on a adopté une solution très légèrement différente. Les écrans d'acier inoxydable poli ont été remplacés par des grillages en acier inoxydable à mailles fines, enroulés sur plusieurs tours. Ce dispositif constitue à la fois un isolant du point de vue convection et un écran antirayonnant.

Sur cette installation importante, on a de plus limité la température extérieure en entourant le réservoir d'une jaquette contenant de l'eau, laquelle sera portée à l'ébullition, mais fixera à 100°C un point voisin de la paroi extérieure du réchauffeur.

SOUFFLERIE HYPERSONIQUE DE 210 mm DE DIAMETRE (fig. 11)

En sortie du réchauffeur, des tuyauteries chauffées par des résistances électriques et calorifugées conduisent l'air à une chambre de tranquillisation dans laquelle on mesure les conditions exactes de fonctionnement : pression et température génératrices.

La tuyère qui fait suite à cette chambre de tranquillisation comprend tout d'abord un col, puis un élément divergent de révolution calculé par la théorie des caractéristiques et corrigé pour tenir compte des couches limites. Cette solution est tout à fait classique et nous conduit à avoir dans la veine de la soufflerie une excellente distribution des vitesses autour de $\text{Mach} = 8,2$. L'erreur de mesure est de $\pm 1\%$ et les différences avec la valeur moyenne de 8,2 sont du même ordre de grandeur. Nous reviendrons plus tard sur l'équipement ajouté à ces tuyères.



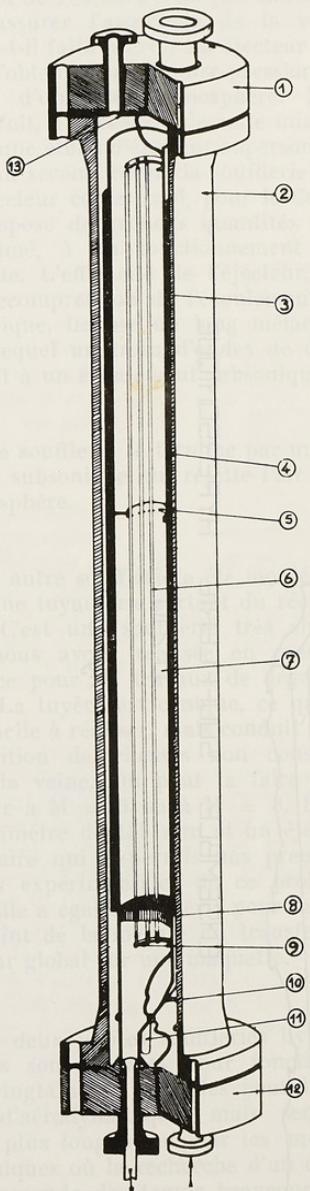
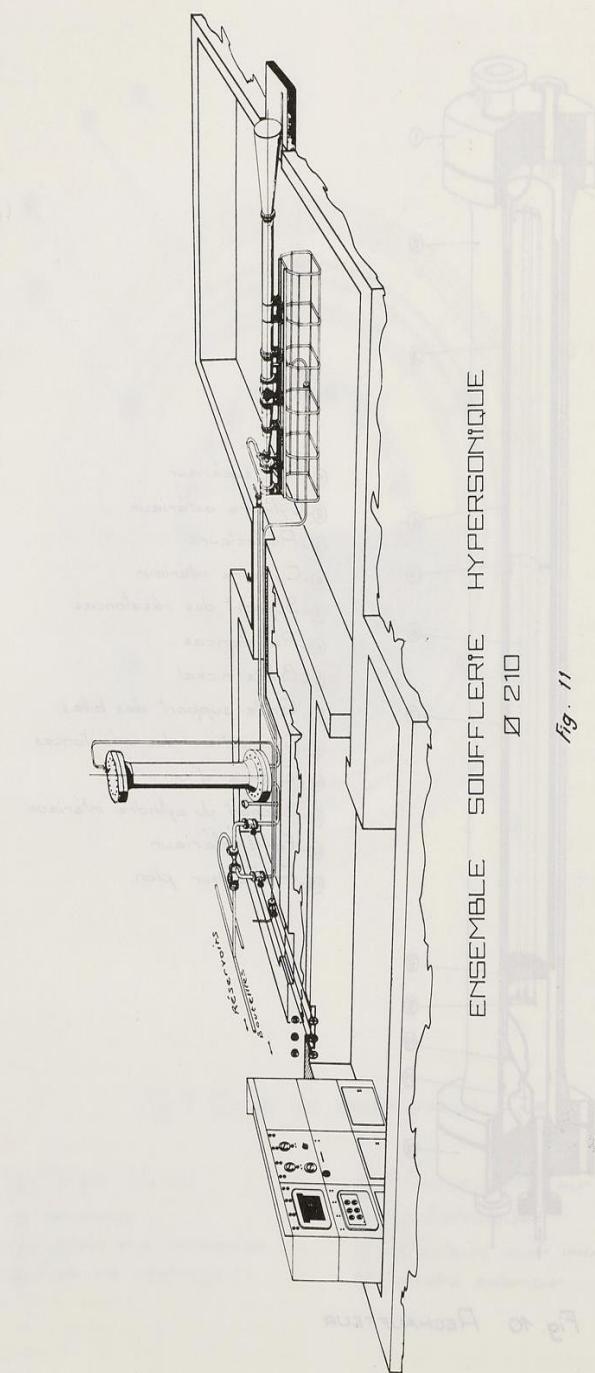


Fig. 10. RECHAUFFEUR

Fig. 13. The same
as in Fig. 12, but
with the upper
limbs removed.

- ① - Fond supérieur
 - ② - Cylindre extérieur
 - ③ - Réflecteurs
 - ④ - Cylindre intérieur
 - ⑤ - Support des résistances
 - ⑥ - Résistances
 - ⑦ - Billes nickel
 - ⑧ - Grille support des billes
 - ⑨ - Connection des résistances
 - ⑩ - Entrée d'air
 - ⑪ - Support du cylindre intérieur
 - ⑫ - Fond inférieur
 - ⑬ - Réflecteur plan



En ce qui concerne l'écoulement, la pression de 100 bars n'est pas suffisante pour assurer l'amorçage de la veine, aussi a-t-il fallu prévoir un éjecteur aval afin d'obtenir une contre-pression de l'ordre d'une demi-atmosphère. Nous avons fait, à l'occasion de cette mise au point, une étude d'éjecteur supersonique placé au second col de la soufflerie [2]. Cet éjecteur correspond, pour le Centre qui dispose de grandes quantités d'air comprimé, à un fonctionnement très pratique. L'efficacité de l'éjecteur, liée à la recompression de l'écoulement supersonique, impose un long mélangeur dans lequel un train d'ondes de chocs conduit à un écoulement subsonique.

Cette soufflerie se termine par un diffuseur subsonique qui rejette l'air dans l'atmosphère.

Une autre soufflerie a été montée sur la même tuyauterie sortant du réchauffeur. C'est une soufflerie très simple, que nous avons réalisée en première urgence pour les travaux de dégrossissement. La tuyère est conique, ce qui est très facile à réaliser, mais conduit à une répartition de vitesses non constante dans la veine. On peut la faire fonctionner à $M = 6$ ou à $M = 8$. Elle a un diamètre de 135 mm et un éjecteur annulaire qui a permis nos premières études expérimentales de ce problème [2]. Elle a également servi pour la mise au point de la mesure du transfert de chaleur global sur une maquette.

Les deux petites souffleries hypersoniques sont prévues pour fonctionner une vingtaine de secondes pour les essais d'aérodynamique, mais sensiblement plus longtemps pour les mesures thermiques où la recherche d'un équilibre demande des temps beaucoup plus importants.

Ces souffleries disposent d'équipements optiques classiques : ombres,

strioscopie, strioscopie interférentielle, et également d'un dispositif original qui a fait l'objet d'une recherche au laboratoire et permet de réaliser une strioscopie localisée dans l'espace : la méthode des moirés [3].

En ce qui concerne la mesure des pressions, on dispose d'un équipement classique : multimanomètres et capteurs de pression avec enregistreurs. Pour la mesure des forces, nous disposons d'une balance à strain-gages qui permet la mesure, sur une maquette d'engin placée dans la veine avec une incidence variable de façon continue de 0 à 90°, des trois composantes de la force et des trois composantes du moment résultant. Toutes ces mesures sont enregistrées de façon continue, mais aucun dispositif de dépouillement automatique n'a, pour le moment, été prévu.

Nous utilisons par ailleurs une autre balance étudiée au laboratoire, et qui présente des caractéristiques beaucoup plus originales. La mesure de chaque force repose sur le principe suivant :

DYNAMOMETRE A CHAMP DE PRESSION.

Chaque balance utilise des dynamomètres dont l'invention est due à M. Ducasse, Ingénieur du C.N.R.S. La figure 12 montre le principe de la transformation de la mesure de la force en une mesure de pression, laquelle peut être reportée plus loin et en particulier à l'extérieur de la veine. Les billes sont maintenues en équilibre hydrostatique par un petit débit d'huile à haute pression (180 bars). Le groupement des dynamomètres permet d'obtenir une balance interne à la maquette de très faible encombrement [4].

L'autre avantage de cette circulation d'huile est d'assurer un refroidissement de l'ensemble maquette-balance, ce qui

réalisé est très « raide », c'est-à-dire que les temps de réponse sont très courts, ce qui est aussi un avantage dans le cas

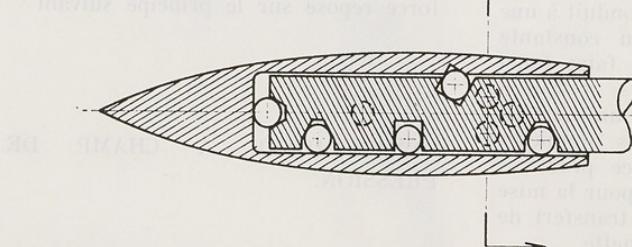
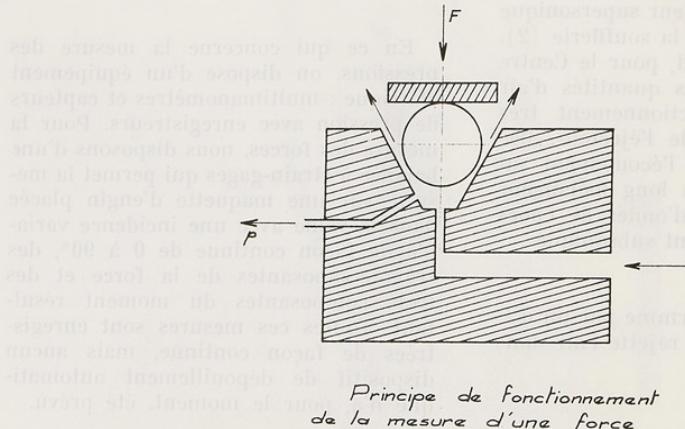


Fig. 12

devient très intéressant dans le domaine hypersonique à cause des températures élevées de l'écoulement. Le système ainsi

de mesure de grandeurs rapidement variables.

SOUFFLERIE HYPERSONIQUE de 630 mm DE DIAMETRE (fig. 13)

La grande soufflerie qui est à l'échelle 3 de la précédente n'est pas encore tout à fait terminée. Les éléments principaux sont actuellement en place, l'ensemble de l'installation hypersonique étant alimenté en air comprimé, à partir des réservoirs, par une vanne d'arrêt de 200 mm. Deux tuyauteries alimentent séparément l'éjecteur et le réchauffeur. Sur le circuit réchauffeur, une vanne de régulation Latécoère de 66 mm de diamètre assure le maintien de la pression dans le réchauffeur à la valeur demandée, en principe 100 bars.

Le réchauffeur a une hauteur de 6 m et un diamètre de 1 m 70, le diamètre de l'enveloppe de force étant seulement de 1 m 08 ; son poids total est de 35 tonnes. Il contient 7,5 tonnes de billes de nickel pur. La puissance installée pour le chauffage des billes est de 400 kVA.

Afin de réduire au maximum les pertes de chaleur, le collecteur de la tuyère hypersonique a été placé à l'intérieur même du réchauffeur, la section du col étant pratiquement au niveau de la paroi externe du réchauffeur. La veine a 630 mm de diamètre. Les caractéristiques de l'écoulement doivent être exactement les mêmes que celles de sa maquette à l'échelle 1/3. Des hublots de 600 mm de diamètre utile en silice permettront l'analyse optique des écoulements ; un dispositif de stroboscopie utilisant des miroirs de 600 mm de diamètre est en cours de réalisation.

Toute la partie aval de la soufflerie est terminée (éjecteur, mélangeur, diffuseur subsonique), mais nous n'avons pas encore pu entreprendre la réalisation des balances de cette grande soufflerie.

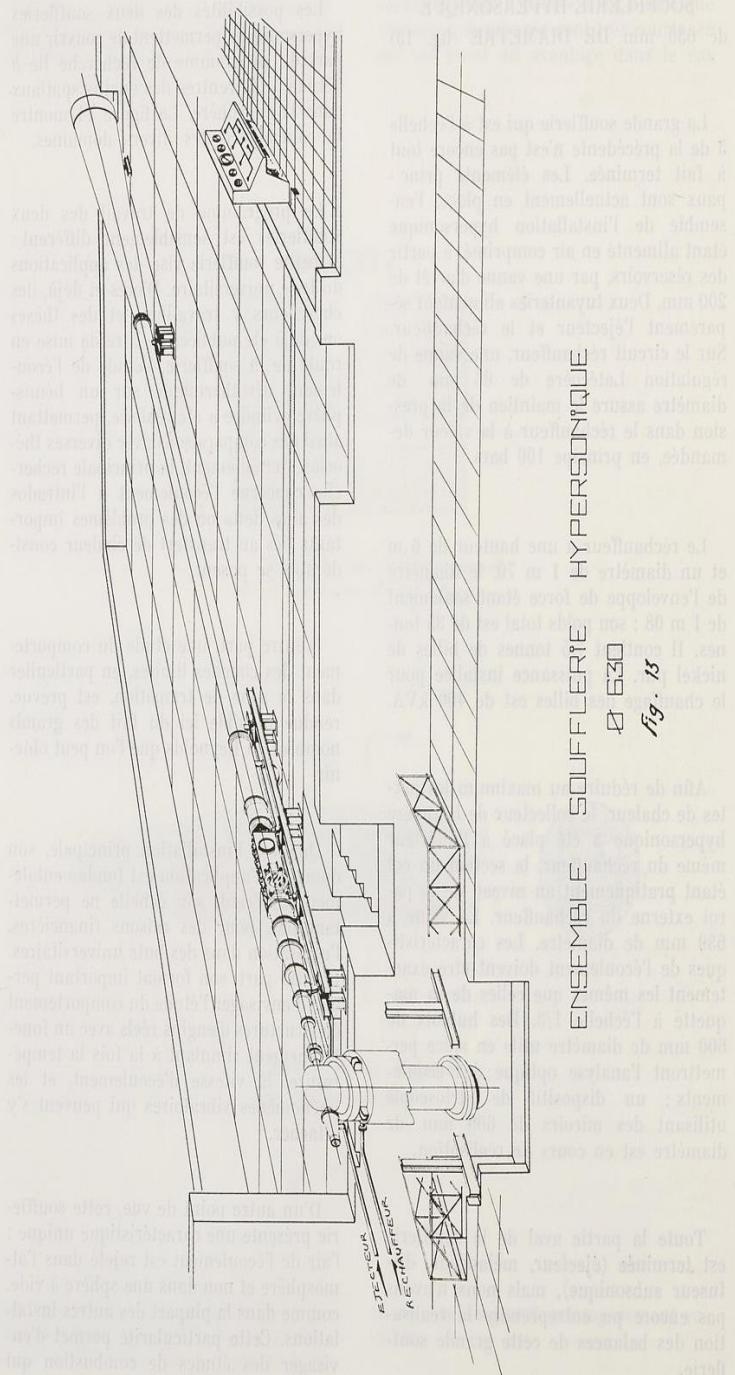
Les possibilités des deux souffleries hypersoniques permettent de couvrir une part du programme de recherche lié à l'étude de la rentrée des engins spatiaux dans l'atmosphère. La figure 14 montre la coïncidence des divers domaines.

Le programme de travail des deux souffleries est sensiblement différent : la petite soufflerie vise des applications du type universitaire. D'ores et déjà, des chercheurs y travaillent et des thèses ont déjà été publiées. A titre de mise en route de la soufflerie, l'étude de l'écoulement aérothermique sur un hémisphère-cylindre a été réalisée, permettant ainsi des comparaisons avec diverses théories. Actuellement, la principale recherche concerne l'écoulement à l'intrados des ailes delta où des problèmes importants liés au transfert de chaleur considérable se posent.

D'autre part, une étude du comportement des couches limites, en particulier dans la zone de transition, est prévue, rendue possible ici du fait des grands nombres de Reynolds que l'on peut obtenir.

Quant à l'installation principale, son domaine d'application est fondamentalement différent, son échelle ne permettant pas, pour des raisons financières, l'utilisation dans des buts universitaires. D'autre part, son format important permet d'envisager l'étude du comportement de structures d'engins réels avec un fonctionnement simulant à la fois la température, la vitesse d'écoulement, et les phénomènes vibratoires qui peuvent s'y attacher.

D'un autre point de vue, cette soufflerie présente une caractéristique unique : l'air de l'écoulement est rejeté dans l'atmosphère et non dans une sphère à vide, comme dans la plupart des autres installations. Cette particularité permet d'envisager des études de combustion qui



couvrent en particulier les domaines peu connus des stato-réacteurs hypersoniques et de la combustion externe.

tial commun et qui vise particulièrement le planeur hypersonique.

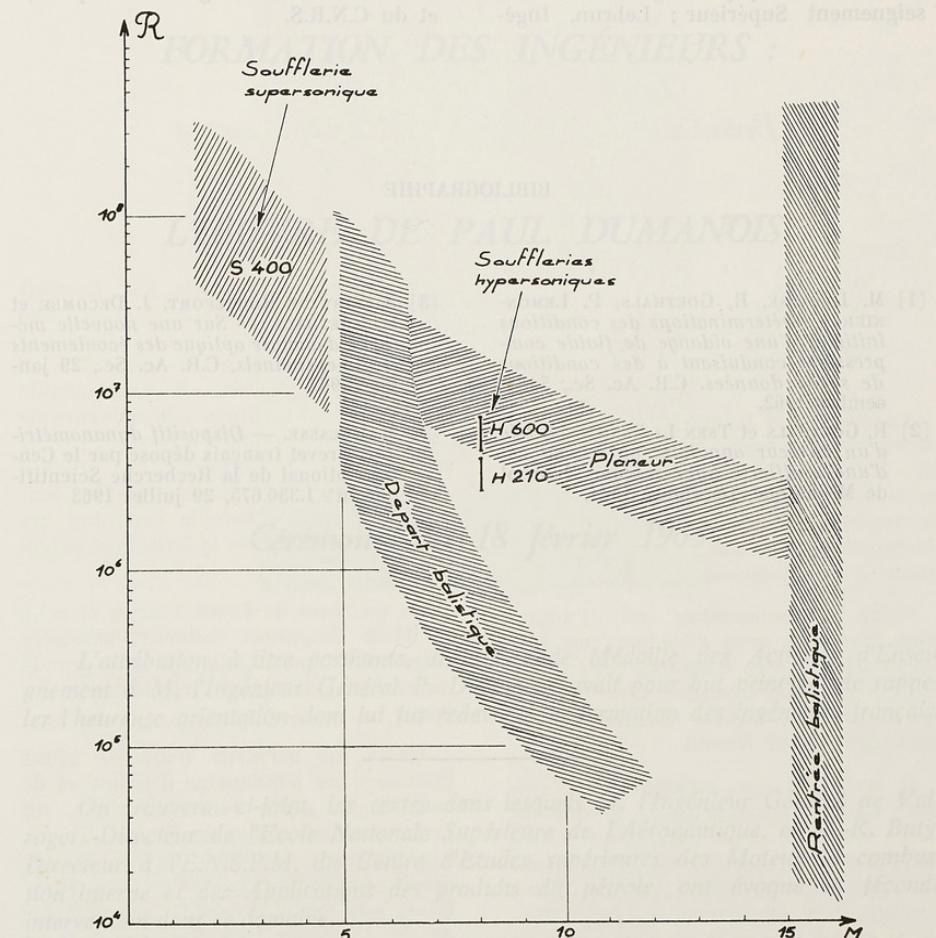


Fig. 14

La Société d'Encouragement à l'Industrie a été invitée à cette occasion manquer de s'inscrire sur le plan de **Domaines d'utilisation** de la cérémonie d'inauguration à la mémoire de celui qui a été l'initiateur de l'ensemble des études sur les matériaux de combustion et leur application à la propulsion des fusées.

On peut espérer, étant donné l'originalité de cette installation, que son programme de travail intéressera non seulement la France, mais l'Europe qui a déjà commencé à établir un programme spa-

Pour terminer, je voudrais indiquer que ces importantes réalisations n'ont pu être menées à bien que grâce aux efforts d'une équipe d'enseignants, de chercheurs et d'ingénieurs.

Outre les collègues précédemment cités, cette équipe comprenait : MM. Saigne, Directeur-Adjoint de l'E.N.S.M.A. ; Decombe, Ducasse, Rébillat, Ingénieurs au C.N.R.S. ; Lapeyre, Ingénieur de l'Enseignement Supérieur ; Lebrun, Ingé-

nieur Civil de l'Aéronautique ; Arnau-don, Chef de Travaux d'Aérodynamique ; Tsen Li Fang, Lemonnier, Alziary de Roquefort, chercheurs au C.N.R.S., et nos techniciens de l'Enseignement Supérieur et du C.N.R.S.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. DUCASSE, R. GOETHALS, P. LEMONNIER. — *Déterminations des conditions initiales d'une vidange de fluide compressible conduisant à des conditions de sortie données.* C.R. Ac. Sc., 5 décembre 1962.
- [2] R. GOETHALS et TSEN LI FANG. — *Etude d'un éjecteur annulaire au second col d'une soufflerie hypersonique.* Journal de Mécanique. Décembre 1964.
- [3] ALZIARY DE ROQUEFORT, J. DECOMBE et R. GOETHALS. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse optique des écoulements tridimensionnels.* C.R. Ac. Sc., 29 janvier 1962.
- [4] M. DUCASSE. — *Dispositif dynamométrique.* Brevet français déposé par le Centre National de la Recherche Scientifique, n° 1.336.675, 29 juillet 1963

FORMATION DES INGÉNIEURS :

L'ŒUVRE DE PAUL DUMANOIS

Cérémonie du 18 février 1965

L'attribution, à titre posthume, de la Grande Médaille des Activités d'Enseignement à M. l'Ingénieur Général P. Dumanois, avait pour but principal de rappeler l'heureuse orientation dont lui fut redévable la formation des ingénieurs français.

On trouvera, ci-joint, les textes dans lesquels M. l'Ingénieur Général de Valroger, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, et M.-R. Buty, Directeur à l'E.N.S.P.M. du Centre d'Etudes supérieures des Moteurs à combustion interne et des Applications des produits du pétrole, ont évoqué sa féconde intervention dans ce domaine.

La Société d'Encouragement ne pouvait toutefois à cette occasion manquer de situer aussi sur le plan de l'action scientifique et technique la cérémonie d'hommage à la mémoire de celui qui avait été comme Président de son Comité des Arts Mécaniques un animateur non moins remarquable.

La conférence de M. Vichnievsky qui figure au début du présent numéro traite, dans un exposé de synthèse, un ensemble de questions auxquelles M. Dumanois consacra des études où s'affirmaient pareillement son savoir et son sens des réalités

Allocation inaugurale de M. Jean LECOMTE,

Membre de l'Institut,

Président de la Société d'Encouragement

MADAME,
MESDAMES,
MESSIEURS,
MES CHERS COLLÈGUES,

Le nombre et la qualité de nos hôtes de ce soir rendraient impossible la tâche de les saluer individuellement. On m'excusera donc si je leur exprime collectivement toute ma gratitude pour l'honneur qu'ils nous font en se joignant à nous pour cette Cérémonie.

Notre reconnaissance est d'autant plus vive que nous attachons un prix tout particulier au succès de cette manifestation commémorative d'un homme qui a joué ici comme ailleurs un rôle particulièrement fécond.

Il ne s'agit pas aujourd'hui d'évoquer toute la carrière de M. Dumanois. Cette évocation a été faite d'une façon magistrale l'an dernier notamment par M. l'Ingénieur général Bonte. Dans l'œuvre de M. Dumanois, il a fallu choisir le thème à retenir, et c'est son activité en matière d'Enseignement que nous allons rappeler ce soir.

Les Membres de notre Société, qui ont pendant si longtemps connu et apprécié son action parmi nous, m'en voudraient cependant si je ne rappelais pas qu'il fut Vice-Président de notre Société et Président de notre Comité des Arts Mécaniques et qu'à ce dernier titre il se montra extrêmement actif dans l'organisation de nos

Conférences et le choix des lauréats de nos Prix et Médailles. C'est ainsi que chaque année, à la remise solennelle des Prix et Médailles, il présentait le lauréat de la Médaille Louis Pineau, instituée à la mémoire de notre ancien Président. Le soin extrême avec lequel il accomplissait sa mission de rapporteur fait que la liste des lauréats de cette Médaille constitue un véritable livre d'or de la technique pétrolière.

La mémoire de Louis Pineau et celle de Paul Dumanois resteront associées dans notre esprit. Ce sont là deux grands noms de la politique française des pétroles.

Qu'on me permette d'ajouter à cet hommage un témoignage d'estime et de souvenir à notre récent disparu, un grand pétrolier lui aussi, Pierre Minard, Vice-Président de notre Société. Je suis convaincu que dans cette salle nombreux sont ceux qui ont eu le privilège de le connaître, de l'estimer et de l'aimer.

En ouvrant cette séance, je tiens à remercier tout particulièrement.

— Notre Comité des Arts Mécaniques et son Président, M. l'Ingénieur Général de Leiris, qui ont eu l'initiative de la manifestation d'aujourd'hui.

— M. l'Ingénieur Général de Vairoger, qui, malgré ses lourdes tâches, a accepté d'être notre rapporteur.



Cet enseignement longtemps, en le faisant à mesure de nombreux accomplis au quotidien obligeant à maintenir une certaine anonymie, aboutit par les records de durabilité.

— M. Robert Buty, qui évoquera devant nous la figure de M. Dumanois en tant que fondateur et animateur de cette Ecole des Moteurs qui nous est particulièrement chère, puisque nous avons eu naguère l'honneur de l'abriter dans nos murs.

— Enfin, M. Vichnievsky, grâce auquel cette séance se prolongera tout à fait dans l'esprit qui était celui de M. Dumanois par une conférence de synthèse qui, mieux que tous les dis-

cours, nous conduira auprès de lui dans ce domaine où la science et l'industrie se rencontrent, domaine qui est le nôtre, où nous parlons un langage commun, domaine aussi que M. Dumanois a marqué tout au long de sa carrière par de brillantes réalisations.

Je donne la parole à M. l'Ingénieur général de Valroger pour son rapport.

*Rapport sur l'attribution de la Grande Médaille
des Activités d'Enseignement
à M. l'Ingénieur Général P. DUMANOIS*
par M. l'Ingénieur Général P. DE VALROGER,
Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MADAME,
MESSIEURS,

Vous m'avez demandé, Monsieur le Président, de venir exposer ici quelle fut, en matière d'Enseignement, la contribution de l'Ingénieur Général Dumanois.

Je crois excellent de rappeler les différents aspects de cette contribution. C'est excellent et utile pour l'avenir, car on ne peut construire le futur sans tenir compte de l'expérience acquise dans le passé. Or cette expérience a été aussi originale que fondamentale.

Mais c'est un devoir de le faire, car l'influence de l'Ingénieur Général Dumanois a été importante, notamment à l'Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs et au Conseil de perfectionnement de l'Ecole Polytechnique. J'estime même qu'elle a été capitale, en ce qui concerne l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique que j'ai l'honneur de diriger.

Je ferai ce rappel avec d'autant plus d'intérêt que j'ai bien connu M. Dumanois. Il m'a souvent parlé de ses travaux, et j'ai eu à connaître de ses enseigne-

ments. Il m'a aussi fait part de ses idées et de son expérience, avec cette ardeur et aussi cette verve que nous aimions tant retrouver en lui.

Aussi est-ce avec des sentiments de reconnaissance que je vais faire cette évocation, non sans une certaine émotion, en me souvenant que nous l'avons, ici même, bien souvent rencontré.

M. Dumanois a toujours été attiré par les recherches. Celles qu'il a poursuivies se situent dans le domaine de la Mécanique. Elles ont concerné principalement la combustion dans les moteurs.

Sa compétence en Mécanique l'a conduit rapidement, étant alors ingénieur du Génie Maritime, à accorder sa collaboration à l'Ecole Polytechnique. Dès 1914, il y fut nommé répétiteur, pour occuper ensuite les fonctions d'examinateur des élèves jusqu'en 1955.

J'ai eu personnellement, voilà bien longtemps, un examen à passer avec M. Dumanois. J'ai encore présent à l'esprit le sérieux de ses questions. Il n'aimait pas qu'on lui développât longuement une démonstration. Il n'hésitait pas à vous interrompre pour exiger, à brûle-pourpoint, un résultat ou une application.

Nous savons qu'en 1916, au moment où le développement de l'Aéronautique militaire s'affirmait, M. Dumanois avait pris en charge le groupe moteurs de la Section Technique de l'Aéronautique nouvellement créée, tout en continuant ses travaux sur les cycles et phénomènes de combustion. La valeur de ses travaux le conduit, bien qu'encore jeune ingénieur, à professer le cours d'Aéronautique à l'Ecole du Génie Maritime, cours que reprendra plus tard son collègue M. Leroux, et à professer simultanément le cours de Cycles moteur et combustion à l'Ecole Supérieure d'Aéronautique.

Cet enseignement, il le poursuivra longtemps, en le faisant évoluer au fur et à mesure de tous les travaux nombreux accomplis sur les moteurs, et en particulier des siens sur les phénomènes de combustion dans les cylindres. Il le fera pendant 35 ans, battant ainsi tous les records de durée.

Nous savons tous qu'il était un brillant interlocuteur. Rien d'étonnant à ce qu'il fut également un professeur brillant. Trente-cinq générations d'ingénieurs témoignent de la qualification d'un enseignement qui ne repose pas sur des formules, mais sur des réalités.

La réalité pour le chercheur est dure. Aux espoirs succèdent les déceptions. Les réalisations qui vous apparaissaient si simples nécessitent des mois de mise au point.

Mais c'est pour cela que la réalité est formatrice. Quelle meilleure formation donner à des élèves ingénieurs que de leur communiquer son expérience !

Cette communication, M. Dumanois savait la réaliser et maintenir un contact permanent avec ses élèves. Il savait par-dessus tout leur communiquer ce bon sens qui est la qualité primordiale de l'ingénieur, et qui ne saurait s'apprendre dans un cours.

Si l'enseignement de M. Dumanois à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique prit fin en 1955, c'est parce que l'enseignement sur les moteurs à

pistons y avait été considérablement réduit. Au moment où on s'apprêtait à le supprimer, puisque l'aviation renonçait pratiquement à ce type de moteur, il était normal de ne plus enseigner ce qui en constituait les prémisses.

Vous devinez combien il est difficile, dans une Ecole, de supprimer un enseignement, et combien il faut entourer de précautions les démarches que l'on doit faire à cet effet, surtout quand le professeur est une personnalité connue et estimée.

Je connaissais trop bien la hauteur d'esprit de M. Dumanois pour savoir qu'on pouvait aborder avec lui la question franchement. Et j'ai reçu un acquiescement qui m'était signifié sans arrière-pensée, j'ose même dire avec son approbation totale.

Mais si le gros moteur à quatre temps a vécu, le moteur à pistons reste inégalable dans beaucoup de cas. Il existe toujours un enseignement spécialisé sur le moteur à pistons, précisément dans cette Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs que M. Buty évoquera tout à l'heure, et dont M. Dumanois assura la direction jusqu'en 1961.

Cette Ecole n'est-elle pas son enfant, puisqu'elle eut pour origine l'option Mécanique de l'Ecole Supérieure d'Aéronautique lorsque celle-ci fut nationalisée ? C'est d'ailleurs M. Dumanois qui assura la survie de cette option, en la faisant prendre en charge par l'Office National des Combustibles Liquides sous le nom d'Ecole Nationale des Moteurs qu'il dirigea lui-même. Cette Ecole, reprise par l'Institut Français du Pétrole, a fusionné en 1955 avec l'Ecole Nationale Supérieure du Pétrole dépendant de ce même Institut.

On saisit ainsi l'ampleur de l'activité enseignante de l'Ingénieur Général Dumanois. Quoi de plus naturel qu'un chercheur se passionne pour l'enseignement, puisque Recherche et Enseignement doivent aller de pair !

Mais cet apport fait à l'Enseignement serait loin d'être complet si je n'expliquais pas les idées maîtresses qui ont guidé M. Dumanois dans toutes ses actions en vue de promouvoir une efficacité toujours plus grande des Ecoles d'ingénieurs.

Nous avons connu les propos qu'a tenus M. Dumanois, souvent vifs, parfois même tranchants, mais toujours empreints d'un profond bon sens, et aussi d'un humour qui permettait à son interlocuteur d'en apprécier la portée. On a pu parler d'une philosophie de l'action propre à M. Dumanois. Il me paraît intéressant de montrer ce qu'elle a pu être dans le domaine de l'Enseignement.

Ne pouvant en donner qu'un aperçu, je me contenterai de parler de son action à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, depuis 1935, à partir du moment où son rôle d'Inspecteur Général de l'Enseignement et des Recherches l'amena à s'occuper des destinées de cette Ecole. Mais comment se présentait alors l'organisation de l'Ecole et de ses enseignements ?

Pour montrer ce qu'était l'organisation de l'Ecole avant 1940, je ne saurais mieux faire que de donner la parole à M. Dumanois en lisant la préface que je lui avais demandé de faire, en 1956, pour la « Notice de l'Ecole ».

« L'initiative du Directeur, écrit-il non sans ironie, consistait alors à transmettre au Ministre les propositions du Conseil de l'Ecole, obligatoirement consulté sur toutes les affaires importantes. Ce Conseil comprenait trente membres, tous éminents, dont près de la moitié participait à l'activité de l'Aéronautique.

« C'est ce Conseil irresponsable qui fixait les programmes, proposait la nomination des professeurs, déterminait le nombre d'élèves à admettre, et le Ministre responsable entérinait les décisions prises. La valeur de l'enseignement se mesurait par la quantité des cours qu'on y professait, auxquels on ajoutait sans rien supprimer. »

« A part ces adjonctions, l'immuabilité était assurée et la machine, bien que toute jeune, tournait avec cette régularité et cette perfection qu'on ne rencontre d'habitude que dans les administrations chenues qui ont été polies par le frottement des années. »

Aussi, dès qu'il le peut, profitant du renouveau qui souffle en 1940, et arguant de ses fonctions d'Inspecteur Général de l'Enseignement et des Recherches aéronautiques, il entreprend les réformes sur lesquelles son expérience passée lui avait permis de méditer.

Quel est l'esprit qui domine ces réformes dont M. Dumanois a parlé à bien d'autres qu'à moi, et dont il était, à juste titre, très fier ?

« Il ne sert à rien, écrit-il, d'entasser dans les cerveaux des jeunes, par un unique effort de mémoire, les connaissances les plus diverses qu'ils se dépêcheront d'oublier. Il faut leur donner des bases solides dont dépendra leur rendement ultérieur.

« Pour cela, il faut des cours de base bien choisis, aérodynamique et résistance des matériaux en particulier, autour desquels gravitera l'enseignement. En dehors de ces cours, des conférences initieront les élèves aux techniques accessoires que comportent les réalisations aéronautiques. »

De quelle façon doit s'effectuer l'enseignement ? M. Dumanois est un fervent partisan de l'enseignement verbal. « Seul cet enseignement est fructueux, écrit-il. S'il n'en était pas ainsi, on ne pourrait qu'économiser un temps précieux en supprimant les amphithéâtres et en donnant aux élèves les cours imprimés. C'est que seul l'enseignement verbal établit un lien continu entre le professeur et les élèves, permettant une véritable dissection de la matière enseignée, en attirant l'attention sur les difficultés ou les points particulièrement importants. Ce lien est tenu d'ailleurs ; il suffit que le professeur

cesse un moment de vivre son cours pour en lire des passages pour que ce lien disparaisse. »

« Il est indispensable, continue-t-il, que cet enseignement soit vivant. Pour qu'il en soit ainsi, il faut d'abord que le professeur ait lui-même vécu l'enseignement qu'il professe, autrement dit qu'il soit dans le bain. On ne convainc un auditoire que si l'on est soi-même convaincu, et l'autorité du professeur qui enseigne une technique dépend essentiellement du nom qu'il s'est fait dans cette technique. »

Partant de ces prémisses, il était facile de dire ce que devait être l'organisation d'une Ecole d'ingénieurs.

« Le premier point, écrit M. Dumanois, est de fixer les programmes d'enseignement et de choisir les professeurs en prenant comme idée directrice que l'Ecole est faite pour les élèves et non les élèves pour l'Ecole, les professeurs pour les élèves et non les élèves pour les professeurs. »

« Pour l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, poursuit-il, il a paru qu'il n'était pas indispensable de se mettre sous le couvert d'un conseil aulique. Le problème est simple. Il y a le Ministre, en l'espèce le Directeur Technique et Industriel de l'Aéronautique, l'Inspecteur Général Technique, son agent de renseignement, le Directeur de l'Ecole qui en assure le fonctionnement. Il appartient à ces trois personnes responsables d'établir les programmes et de choisir les professeurs. »

« Comme, bien entendu, les trois personnes qui assument cette tâche n'ont pas l'outrecuidance de se croire infatigables, elles sont assistées d'un Conseil de perfectionnement, purement consultatif, et comprenant, en dehors d'elles, le Chef d'Etat Major de l'Armée de l'Air, le Directeur de l'Aéronautique Civile, trois représentants de l'Industrie Aéronautique, autrement dit les utilisateurs des cadres qui se recrutent à l'Ecole, et un représentant des anciens élèves. »

C'est sur ces bases qu'a été réorganisée l'Ecole depuis 1940. Ce n'est pas sans une certaine fierté que M. Dumanois aimait rappeler la consécration de son œuvre qui se résumait dans une loi du 27 octobre 1940 comportant essentiellement deux articles : le premier, disant que les dispositions anciennes, rendues réglementaires par décret, étaient abrogées ; le second, que des nouvelles dispositions seront prises par décret. Ce décret, c'est celui du 28 octobre 1940, rédigé, dans sa plus grande partie par M. Dumanois lui-même, et qui régit toujours l'organisation et le fonctionnement de l'Ecole.

Mais ces conceptions ne se situent pas uniquement sur le plan des principes. M. Dumanois avait des vues très précises sur leur exécution.

C'est ainsi qu'il reconnaît que le cours oral n'est pas tout : « La tâche du professeur ne doit pas s'arrêter au cours professé *ex cathedra*. Il faut que les élèves aient la possibilité d'accéder à sa pensée, soit par des demandes d'explications complémentaires, même pendant l'amphi, soit par l'application du cours à des questions traitées en commun, au cours des bureaux d'étude. C'est là qu'apparaît le rôle capital de ces séances d'application que constituent les bureaux d'étude où le professeur est en général présent une partie de la séance et où il est, dans tous les cas, représenté par des chefs de travaux choisis par lui, et qui travaillent sur ses directives, en vue de permettre une excellente assimilation du cours professé. »

M. Dumanois termine enfin : « Quelle que soit la valeur d'un enseignement ainsi réalisé, il resterait sur un plan purement théorique s'il n'était pas complété par un enseignement pratique. Il ne suffit pas d'avoir concrétisé par des calculs et des schémas le fonctionnement d'un appareil. On formerait des esprits ayant tendance à méconnaître les difficultés que présente la mise en œuvre des idées. »

Je pense que l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique a évolué dans la ligne tracée par M. Dumanois, si l'on en juge par le regroupement de ses enseignements, leur évolution facilitée par le système de nomination annuelle des membres du corps enseignant, enfin par le grand nombre de ses membres, ce qui a permis de multiplier les bureaux d'étude et travaux pratiques.

Je m'excuse d'avoir parlé presque uniquement de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique. Mais, si j'ai insisté sur cet exemple que je connais bien, c'est parce que M. Dumanois a toujours estimé que le statut de cette Ecole était son œuvre personnelle, et que son organisation traduisait ses conceptions en matière d'enseignement pour la formation des ingénieurs.

Je tiens aussi à insister sur le caractère d'originalité de la formule. A l'étranger, dans tous les pays sans exception, l'Ingénieur est formé dans des Facultés, en général polytechniques. La France est le seul pays à posséder des Ecoles d'ingénieurs qui n'ont pas comme support principal l'Université, mais qui reposent essentiellement sur les Industries qu'elles alimentent.

Il n'est pas question d'opposer des modes de formation. Mais il semble excellent qu'il y ait des Ecoles où l'ingénieur soit formé presque exclusivement par ses pairs.

Dans ces Ecoles, les enseignements fondamentaux seront plus pratiques, et surtout plus proches des réalités courantes. La possibilité de choisir exclusivement pour Maîtres ceux qui participent aux études et réalisations avancées permet d'avoir des enseignements tou-

jours en pointe. Le fait que l'Ecole n'a pas à fournir aux professeurs les moyens d'étude importants qui leur sont nécessaires donne à l'Ecole des structures légères et un fonctionnement souple et économique.

Dans l'Aéronautique, où l'Industrie est fortement encadrée, on peut alors demander à de véritables équipes d'ingénieurs de venir enseigner et conseiller les élèves. C'est ainsi qu'actuellement près de 350 ingénieurs collaborent aux enseignements de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, ce qui a permis de les développer considérablement, en donnant une très large part au recyclage et au perfectionnement.

Je sais bien que certaines dispositions de ce statut ont paru à l'époque révolutionnaire. Tel est le cas de la nomination des professeurs faite chaque année par le Ministre. J'ajoute qu'il a fallu un certain courage à M. Dumanois pour défendre sur ce point des conceptions qui ne sont pas encore admises, bien évidemment, par tous les enseignants.

Mais ces conceptions résultent d'une expérience vécue. M. Dumanois a exercé le métier de professeur. Ce fut un professeur éminent qui a tiré de son expérience des leçons profondes, aussi bien pour ses élèves que pour les directeurs des Ecoles.

C'est donc bien, à juste titre, que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale décerne aujourd'hui sa Grande Médaille des activités d'enseignement à l'Ingénieur Général Dumanois, en marquant ainsi le caractère véritablement fondamental de sa contribution à la formation des ingénieurs.

III

Hommage d'un ancien élève de l'École des moteurs

par M. Robert BUTY,

Directeur à l'ENSPM

du Centre d'études supérieures des Moteurs à combustion interne

et des Applications des produits du pétrole

MADAME,
MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESDAMES,
MESSIEURS,

Avec les anciens élèves de M. Dumanois, membres du Comité des Arts Mécaniques de votre Société, vous m'avez demandé, Monsieur le Président, d'évoquer en quelques minutes la grande figure du fondateur de l'Ecole des Moteurs.

J'ai accepté cet honneur sans hésiter, comptant sur l'indulgence des anciens élèves de notre école, et surtout sur votre bienveillance, Madame, si je n'arrive ce soir qu'à traduire bien imparfaitement nos sentiments de reconnaissance envers notre Directeur — cet homme éminent que nous avons le privilège d'appeler simplement, mais respectueusement et affectueusement, *Monsieur Dumanois*.

M. l'Ingénieur Général de Valroger vient de rappeler l'activité d'enseignement de M. Dumanois, activité qui doubla, tout au long de sa carrière, ses hautes fonctions officielles au service du pays.

C'est elle qui motive aujourd'hui cette séance solennelle où M. le professeur Vichnievsky va montrer l'apport fondamental des travaux de M. Dumanois dans le domaine de la combustion.

Mécanique, combustion, moteurs, ces mots évoquent immédiatement un nom : *Dumanois*.

Et pour ceux qui eurent la chance d'être *ses élèves dans son école*, ils éveillent le souvenir des exposés passionnantes de cet exceptionnel pédagogue.

Son goût pour l'enseignement, qui s'est manifesté très tôt, se développe parallèlement à sa carrière.

Vers 1930, M. Dumanois, professeur, pourrait paraître comblé : l'ingénieur mathématicien enseigne à l'X, l'ingénieur physicien à Sup'Aéro et à Sup'Pétrole.

Comblé ? Non.

Il ne le sera vraiment qu'après avoir fondé l'Ecole Nationale des Moteurs dont il sera tout à la fois l'animateur, le principal Professeur et le Directeur.

Sa personnalité y trouve alors son plein accomplissement.

La classe et l'originalité de l'enseignement dispensé dans cette Ecole attirent des candidats de toute formation. Au milieu d'un petit nombre d'élèves que M. Dumanois considère comme ses fils, il livre la synthèse de son expérience d'ingénieur mécanicien. En donnant libre cours à son génie d'éducateur, il prépare les esprits à réagir avec bon sens devant les problèmes techniques, économiques ou humains, qu'ils affronteront demain dans l'industrie.

Je puis témoigner qu'ils n'oublieront jamais ce qu'ils lui doivent.

Vous m'avez rappelé, Monsieur le Président, que la Société d'Encouragement avait eu l'honneur d'abriter ici-même cette Ecole pendant la guerre. Cet honneur, votre Société le partage avec Polytechnique et Sup'Aéro qui accueillirent aussi quelques années la jeune Ecole des Moteurs avant qu'elle ne trouve son statut définitif au sein de l'Institut Français du Pétrole.

Et, lorsqu'en 1955, l'Ecole Nationale des Moteurs fusionne avec sa sœur ainée l'Ecole Nationale Supérieure du Pétrole, le prestige personnel et la compétence du fondateur de l'Ecole des Moteurs font de

M. Dumanois le premier Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs.

Madame, dans quelques instants, M. le Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale va vous remettre la Grande Médaille des Activités d'Enseignement, attribuée à titre posthume à M. l'Ingénieur Général Paul Dumanois.

C'est avec une grande fierté que ses anciens élèves participent à l'hommage qui lui est rendu ce soir.

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs, j'ai parlé jusqu'ici comme aurait pu le faire — et peut-être mieux que moi — tout autre élève de M. Dumanois. Mais puisque mon titre apparaît sur la carte d'invitation, permettez-moi maintenant d'associer à cette cérémonie la Direction Générale de l'Institut Français du Pétrole en rappelant trois lignes écrites l'année dernière par M. Navarre :

« Le souvenir de M. Dumanois fait partie de ceux que l'on désirerait conserver au fond de son cœur et cultiver en silence : on a peur que les mots traduisent mal la qualité et l'intensité des sentiments que sa mémoire inspire. »

Si j'avais cité cette phrase en prenant la parole, qu'aurais-je pu dire ensuite ?

Remise de la médaille à Madame DUMANOIS

par M. J. LECOMTE, Président

-079 MADAME.

C'est toute la Société d'Encouragement qui, par ma voix, vous remercie de l'honneur que vous lui avez fait en consentant à venir à cette séance.

Je salue les Membres de votre famille qui ont bien voulu se joindre à vous.

En vous remettant la Grande Médaille des Activités d'Enseignement, décernée

à titre posthume à votre regretté mari, j'ai conscience d'accomplir un des actes les plus solennels de mes fonctions de Président, puisqu'à la liste des noms illustres de la science et de l'industrie auxquels nos devanciers ont rendu hommage pendant un siècle et demi nous ajoutons aujourd'hui celui d'un grand serviteur de l'intérêt national et du prestige français.

DIVERS**Congrès**

L'organisation d'un « Congrès-Croisière International de la Pêche et des Produits de la Mer » est envisagée pour le mois de mai 1966.

Pour tous renseignements, s'adresser au Secrétariat de la Société des Ingénieurs Civils de France, 19, rue Blanche, Paris (9^e). Tél. : TRInité 66-36.

INDEX POUR 1965 DES AUTEURS DES CONFERENCES PUBLIEES

BOILEAU (R.). — Les locomotives électriques	n° 1, p. 33
BRUN (B.). — La traction diesel	n° 1, p. 1
CHAFFIOTTE (P.). — Les locomotives à turbines à gaz	n° 2, p. 1
GOETHALS (R.). — Les souffleries hypersoniques du Centre d'Etudes aérodynamiques et thermiques de Poitiers	n° 4, p. 15
GUILLOT (G.). — Acquisitions récentes dans le domaine de la conservation par le froid des denrées d'origine animale	n° 3, p. 24
LABBENS (R.). — Réflexions sur un projet de locomotive à turbine à gaz	n° 2, p. 13
MARCELLIN (P.). — Exposé sur l'emploi des matières plastiques pour favoriser la conservation des produits alimentaires d'origine végétale	n° 3, p. 9
ULRICH (R.). — Exposé sur le froid et ses adjuvants	n° 3, p. 2
VICHNIEVSKY (R.). — Auto-inflammation et combustion dite « détonante »	n° 4, p. 1

TABLE DES MATIERES

ANNÉE 1965

1^o Conférences

La traction diesel, par M. Raymond BRUN	n° 1, p. 1
Les locomotives électriques, par M. Robert BOILEAU	n° 1, p. 33
Les locomotives à turbines à gaz, par M. Pierre CHAFFIOTTE	n° 2, p. 1
Réflexions sur un projet de locomotive à turbine à gaz, par M. Maurice BARTHALON	n° 2, p. 13 n° 2, p. 24
La conservation des denrées alimentaires (colloques)	
I. — Produits d'origine végétale	n° 3, p. 1
II. — Produits d'origine animale	n° 3, p. 24
Auto-inflammation et combustion dite « détonante », par M. Rotislav VICHNIEVSKY	n° 4, p. 1
Les souffleries hypersoniques du Centre d'Etudes aérodynamiques et thermiques de Poitiers, par M. Raymond GOETHALS	n° 4, p. 1

2° *Divers*

Grand Prix de la Société d'Encouragement	n° 1, h.-t.
Comptes rendus bibliographiques	n° 2, p. 27 n° 3, p. 92
Allocution du Président de la Société d'Encouragement à la Cérémonie de remise des Prix et Médailles du 29 mai 1965	n° 3, p. 45
Liste des Prix et Médailles décernés au cours de la séance du 29 mai 1965	n° 3, p. 48
Rapports sur les attributions de Prix et Médailles	n° 3, p. 53
Congrès	n° 3, p. 92 n° 4, p. 44
Formation des Ingénieurs, l'Œuvre de Paul DUMANOIS	n° 4, p. 33

TABLE DES MATIÈRES

Année 1965

1. Généralité

La direction générale par M. Raymond Bens

Les promotions effectuées par M. Raymond Bens

Les promotions effectuées par M. Pierre Gauthier

Realisations sur un poste de fonctionnaire pour M. M. M.

La conception des horaires d'enseignement (collège)

1. — Précision d'ordre régional

2. — Précision d'ordre national

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

I.F.Q.A.-CAHORS. — 50.485. — Dépôt légal : IV-1965

Les souscriptions pour M. Raymond Gauthier

Les demandes de bourse pour M. Raymond Gauthier

Éditions du
CENTRE NATIONAL de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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

C.C.P. PARIS 9061-11

Tél. 705-93-39

Colloque International

Nº 125

STRUCTURES FEUILLETÉES

Grenoble 25-30 juillet 1963

Ce colloque a été consacré aux « propriétés globales des systèmes de Pfaff complètement intégrables ».

Sujets traités au cours des conférences :

- Systèmes différentiels ordinaires.
 - Equations aux dérivées partielles (systèmes linéaires, systèmes liés au calcul des variations et équations de conservation).
 - Variétés feuilletées classiques, étudiées à divers points de vue.
 - Théories généralisant directement les variétés feuilletées.
 - Systèmes différentiels associés aux connexions (d'ordre supérieur).

Ouvrage de 276 pages, in-8° raisin, relié 35 F

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

4. Passage Louis-Philippe - PARIS-XI^e

construit tous
les appareils

CHEVENARD

- pour l'analyse physico-thermique : dilatomètres, thermo-magnétomètre, analyseur thermique différentiel.
- pour les essais thermogravimétriques : thermobalances.
- pour les essais mécaniques des métaux à froid et à chaud : machines de fluage, de rupture, de traction.
- appareils pour les mines et l'industrie du gaz.
- fours électriques de laboratoire.
 - balance analytique uniplateau "TALENTA 164"

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^e - Tél INV. 44-30

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTÉS

ENGINEERING-CONSTRUCTIONS D'USINES
HYDROGÈNE

GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE

AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS



PEUGEOT
403.404
VOITURES DE QUALITÉ

L.P.F. 0,285.

VENTE A CRÉDIT PAR LA **Din**

L.P.F. 306

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

RÉSUMÉS DES ARTICLES

AUTO-INFLAMMATION ET COMBUSTION DITE " DÉTONANTE "

par M. R. Vichnievsky, p. 1

L'auto-inflammation et la combustion dite détonante, phénomènes reliés entre eux, jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des moteurs à combustion interne. L'Ingénieur Général Dumanois a été le promoteur en France de nombreuses recherches faites dans ce domaine. Le rôle des peroxydes dans l'auto-inflammation, l'influence de la température sur leur formation, l'effet des additifs tels que le plomb tétraéthyl ont été précisés par des recherches au laboratoire. Des études sur moteurs ont montré la complexité de phénomènes que certains attribuaient à la véritable onde de détonation. Des recherches plus récentes effectuées en France, aux Etats-Unis et en U.R.S.S., ont apporté des compléments d'information sur le mécanisme de la combustion, de la détonation, dans les moteurs à allumage commandé et sur l'auto-inflammation dans les moteurs à allumage par compression. Ces études réalisées avec les moyens de recherches modernes n'ont pas infirmé l'interprétation des phénomènes proposée en 1933 par l'Ingénieur Général Dumanois.

LES SOUFFLÉRIES HYPERSONIQUES DU CENTRE D'ÉTUDES AÉRODYNAMIQUES ET THERMIQUES DE POITIERS

par M. R. Goethals, p. 15

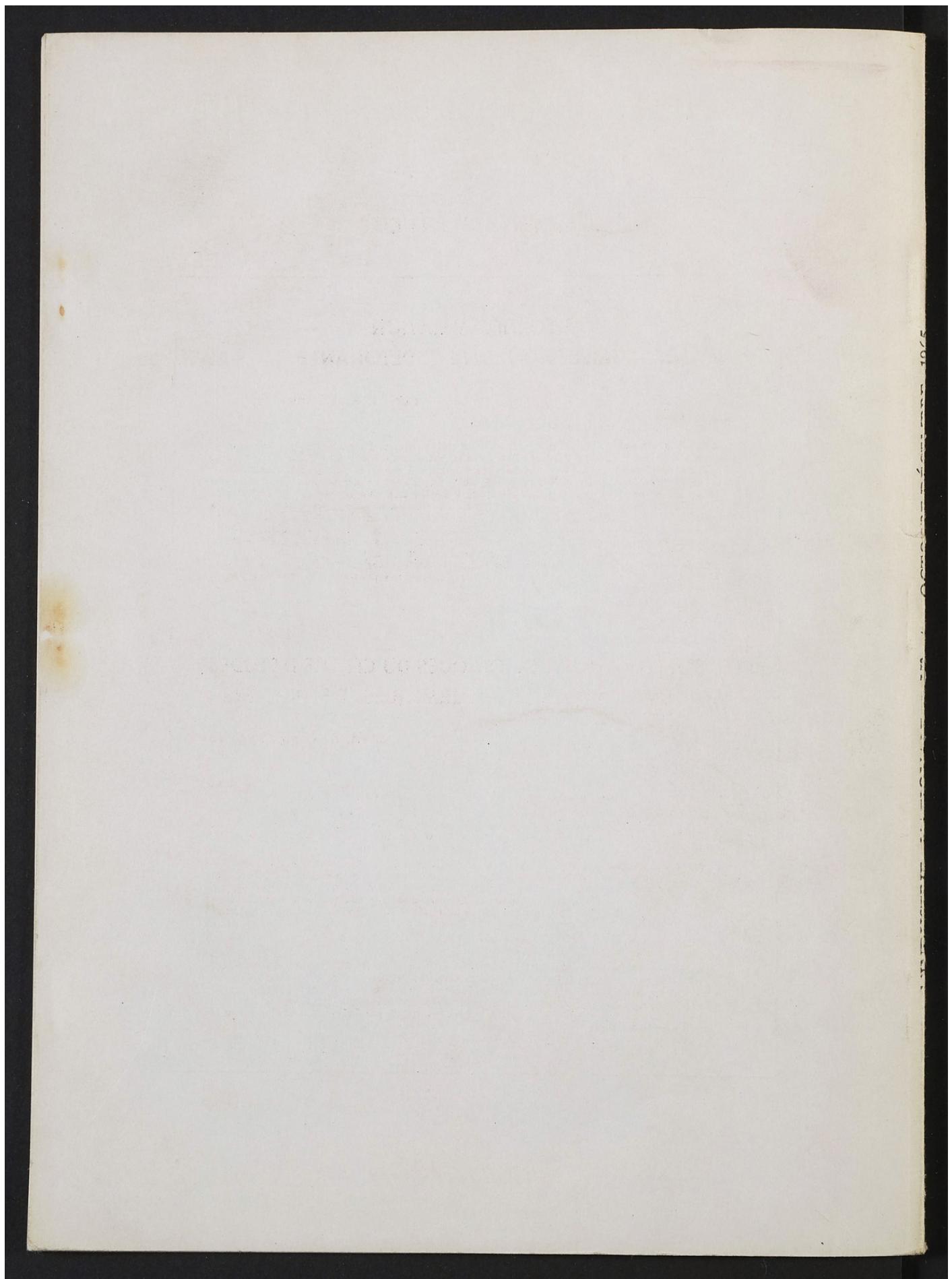
Le C.E.A.T. groupe un certain nombre d'installations de recherches qui utilisent un potentiel important d'air comprimé à 200 atm et de sources de chaleur.

Un compresseur de 1100 kw muni d'un dessicateur, déshuileur, dépoussiéreur, remplit d'air à 200 atm deux réservoirs de 50 m³ chacun. Ces réservoirs sont longs (100 m) de façon à pouvoir être conditionnés en température de telle sorte qu'au cours d'une vidange, même rapide, la température de sortie reste constante.

L'air ainsi extrait traverse un réchauffeur qui amène sa température aux environs de 800° K, la pression dans le réchauffeur étant maintenue à 100 atm ; la détente à travers une tuyère permet d'obtenir un écoulement à $M = 8,3$ dans une veine de 210 mm. Il est possible d'y installer des maquettes sur lesquelles on effectue des visualisations ou des mesures : pressions, températures, flux de chaleur, et forces à l'aide de dispositifs dont certains sont classiques et d'autres originaux.

Une autre installation semblable, mais à l'échelle 3 de la précédente, est montée en parallèle, elle n'est pas encore mise en route.

Les programmes de travail de ces deux installations sont différents : la première est essentiellement universitaire et doit permettre des recherches de thèse sur des questions de base : problèmes de rentrée et comportement de couches limites, d'ondes de choc, problèmes d'interaction, etc. ; la seconde vise surtout à participer au programme national ou européen d'étude de planeur hypersonique et peut-être au problème de la combustion hypersonique.



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires