

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

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

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

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1958, n° 4 (oct.-déc.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1958

Collation	1 vol. (p. [59]-84) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	42
Cote	INDNAT (45)
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.45

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

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

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

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

PUBLIÉS AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1958

N° 4

Revue trimestrielle

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

publiés sous la direction de **M. Georges DARRIEUS**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours de la Commission des Publications et 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.

N° 4 : OCTOBRE-DÉCEMBRE 1958

SOMMAIRE

TENDANCES ACTUELLES DANS LA CONCEPTION DES APPAREILS MOTEURS DE NAVIRES MARCHANDS — APERÇUS SUR LA PRO- PULSION ATOMIQUE,

par M. J.-P. RICARD. 59

★

BIBLIOGRAPHIE 79

INDEX DES NOMS D'AUTEURS 80

★

RÉPERTOIRE QUINQUENNAL 1954-58.

I. — Répartition 81

II. — Répertoire général des Matières. 81

III. — Index des Auteurs de textes 84

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

Le n° 750 Fr.

C. C. P. Paris n° 618-48

LE NAVIRE MODERNE (II).

TENDANCES ACTUELLES DANS LA CONCEPTION DES APPAREILS MOTEURS DE NAVIRES MARCHANDS APERÇUS SUR LA PROPULSION ATOMIQUE (1)

par M. J. P. RICARD,

Ingénieur en Chef de la Compagnie Générale Transatlantique, Adjoint au Directeur Technique.

Mesdames, Mesdemoiselles,
Messieurs,

Il est fréquent d'entendre rappeler à tout propos les jours heureux de la « Belle Époque » — J'entends par là le début du siècle — Je céderai aussi à cette mode.

L'Ingénieur naval qui, vers 1900, devait concevoir l'appareil moteur de quelque navire de guerre ou de commerce ne restait pas longtemps perplexe devant les solutions possibles. Le choix n'était pas difficile. Il était limité à la machine alternative à vapeur, soit compound, soit le plus souvent à triple expansion, plus rarement à quadruple expansion. Du côté de la chaudière son choix se limitait à celle cylindrique, dite encore « écossaise », ou à quelque chaudière « tubuleuse » Belleville ou Niclausse. Et remarquons que dans ce domaine des générateurs de vapeur l'Industrie française de l'Époque avait, grâce à l'originalité et à la qualité de sa production, un large marché ouvert à l'exportation.

La turbine de Sir Charles Parsons en était à ses premières expérimentations sur le « Turbina » de la Marine Militaire britannique et dans la Marine Marchande on la concevait, en ce temps, moins comme un appareil moteur complet que comme l'heureux complément permettant de récupérer la détente tronquée d'une machine alternative. Quant au moteur Diesel il n'en était guère question pour des navires endurants et il faudra attendre les campagnes sous-marines allemandes de la première guerre mondiale pour que l'on réalise pleinement les immenses possibilités qu'il offre, justement sous ce rapport de l'endurance et du rayon d'action, pour la propulsion du navire marchand.

* * *

Aujourd'hui par contre quel luxe de possibilités s'offrant à l'Ingénieur naval...

Nous avons toujours la vieille machine alternative à vapeur mais rajeunie, pour les faibles puissances, par des emprunts à la

(1) Conférence faite le 30 janvier 1958 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

L'industrie nationale — octobre-décembre 1958.

technologie du moteur Diesel. Nous avons la turbine à vapeur et aussi à gaz, mais surtout à vapeur, qui pour les grandes puissances reste sans égale et pour les moyennes lutte avantageusement avec le Diesel. Nous avons enfin les nombreuses marques de ces moteurs Diesel lesquels, à l'heure actuelle, animent près de 60 p. 100 du tonnage mondial.

Les possibilités individuelles de ces machines sont en outre multipliées par les arrangements qui s'offrent pour transmettre, directement ou indirectement, la puissance de la machine elle-même à l'arbre porte-hélice : transmissions par réducteurs d'engrenages à simple ou double réduction, accouplements flexibles mécaniques, hydrauliques, électro-magnétiques, voire parfois pneumatiques, transmission électrique classique; enfin plus récemment inverseurs de sens de marche et hélice réversible sont encore venus étendre le champ des combinaisons. Quel choix aussi, pour ce qui est de la génération de vapeur, avec les différentes marques de chaudières à petits tubes d'eau, à circulation naturelle, à circulation forcée, à combustion forcée! Tout récemment c'est le générateur à gaz à piston libre qui est venu ouvrir un nouveau domaine de possibilités à la turbine à gaz. Demain enfin, ce sera l'énergie dégagée par la fission nucléaire qui viendra ajouter ses immenses possibilités, à celles offertes par l'énergie classique fossile.

Devant un tel luxe de moyens, que la technique moderne met à sa disposition, l'Ingénieur naval reste parfois hésitant devant le meilleur choix à faire. Il lui est de plus en plus difficile d'embrasser toutes les techniques intéressées. Placé face à un avant-projet, il lui est difficile de réunir tous les éléments autorisant un choix sûr, fondé sur une étude comparée impartiale, technique et économique, des multiples solutions qui s'offrent, en tenant compte bien entendu des incidences qu'a chacune d'elles sur le projet de coque lui-même. De telles études exigent d'ailleurs au stade de l'avant-projet un travail long et coûteux que ni les Services techniques de l'Armateur, ni très souvent ceux des Chantiers, n'ont ni le temps ni les moyens de faire. Aussi n'est-il pas rare de voir le choix fait à priori en fonction de préférences que je qualifierai de sentimen-

tales ou en fonction des enseignements d'une expérience déjà ancienne de l'Armateur alors que le progrès technique va de nos jours si vite.

On sent en ce domaine essentiel de la propulsion, qui conditionne l'économie d'une exploitation pendant vingt ans, trente ans même pour un paquebot, le besoin d'un travail plus rationnel dans la conception par une spécialisation plus poussée, en faisant appel à des Bureaux d'Etudes spécialisés, qui pourraient se consacrer à la technique conceptionnelle du navire mieux que ne peuvent le faire des Chantiers hantés essentiellement par les techniques constructives et de productivité. Un de nos anciens, l'Ingénieur Le Reverend, l'avait déjà préconisé il y a une quinzaine d'années. Cela se fait couramment à l'étranger. Il faut convenir qu'en France c'est assez peu dans le goût de l'organisation traditionnelle de la Marine fondée sur la polyvalence de l'Ingénieur naval omniscient. Cela paraît devoir être une évolution demain inéluctable du fait de la complication des techniques.

* * *

Entrons maintenant dans le détail des différents modes de propulsion.

Tout d'abord, par son droit d'ancienneté, traitons de la vapeur et en premier de la bonne vieille machine alternative.

Elle a rajeuni par un emprunt aux techniques du moteur Diesel disions-nous. Il s'agit, par exemple, du remplacement de la distribution classique par tiroirs plans ou cylindriques par une distribution par soupapes à ouverture et fermeture rapides permettant de réduire les pertes par laminage et espace mort, de réduire le rapport d'introduction et par conséquent d'améliorer le rapport de détente donc le rendement, de permettre un certain degré de surchauffe. Il s'agit aussi de la réalisation de groupes Compound avec manivelles calées à 90°, avec écoulement « Uniflux » de la vapeur par des lumières d'échappement, ce qui a permis d'éliminer le réservoir intermédiaire, et de supprimer la plus grande partie des pertes dues à l'effet de paroi. Appliquées à des machines compound ou double compound de 1 500 à 5 000 ch (1 100 à 3 700 kW) et

même davantage, ces dispositions ont permis de réaliser des machines rustiques, faciles à construire et à réparer, ayant la souplesse traditionnelle de l'ancienne triple expansion, autorisant des consommations par cheval/heure effectif de l'ordre de 0,400 kg de mazout (au lieu de 0,550 kg) (0,540 kg au lieu de 0,750 par kWh) avec des pressions à l'introduction atteignant 30 kg/cm² et des températures de surchauffe de l'ordre de 375° C.

Il serait trop long de citer les différentes marques de machines d'une telle conception. Nous nous bornerons à la dernière en date, la machine « Skinner », mise au point aux U. S. A. et qui a fait l'objet d'assez nombreuses applications dans ce pays, pendant et après la guerre, sur des navires de servitudes, remorqueurs, dragues, ferry-boats, et même sur des unités plus importantes telles que des porte-avions d'escorte et des transports de minerais des Grands-Lacs atteignant des puissances de l'ordre de 8 000 ch (6 000 kW).

L'adoption d'une turbine d'échappement entraînant la ligne d'arbres par l'intermédiaire d'un réducteur et d'un accouplement hydraulique Vulcan permet d'améliorer encore les performances par une utilisation plus complète de la détente de la vapeur. D'autres dispositifs arrivent au même résultat par l'adoption de la resurchauffe intermédiaire de la vapeur entre cylindres HP et BP ou bien par une combinaison de compression et de surchauffe intermédiaire à l'aide d'un turbo-compresseur entraîné par la vapeur d'échappement. Il s'agit des systèmes North-Eastern et Johansson Göta-verken.

Mais malgré ces améliorations la machine à vapeur n'est plus aujourd'hui qu'assez rarement employée et le dernier rapport de la Chambre Syndicale des Constructeurs de Navires soulignait récemment que nos Chantiers n'ont plus construit de navire de commerce avec machine alternative depuis la livraison, en 1955, de deux charbonniers destinés au Brésil. Il faut en voir les raisons dans l'intérêt que présente la suppression des chaudières grâce au Diesel lorsqu'on n'est pas condamné à brûler du charbon et dans la mise au point de moteurs de ce type aptes à brûler du combustible lourd bon arché.

* *

On pouvait penser il y a quelques années que la disparition progressive des paquebots, c'est-à-dire des unités de grande puissance justifiant la turbine à vapeur, entraînerait également le déclin de ce type de machine dans la Marine Marchande. Or, il n'en a rien été, bien au contraire et ceci du fait de l'énorme demande en tonnage de navires pétroliers et de l'accroissement continu de la taille de ceux-ci et par conséquent de la puissance de leurs machines. En 1957 les Chantiers mondiaux ont construit 7 800 000 t de jauge brute de navires marchands de différents types dont 4 000 000 tx de pétroliers. Sur ce total les unités de plus de 30 000 t deadweight exigeant des machines de 12 000 à 20 000 ch (9 000 à 15 000 kW) représentent un pourcentage considérable. Or, il n'y a pas longtemps encore on considérait qu'il n'était guère pratique, en technique de Diesel, de dépasser une puissance unitaire par cylindre de 800 ch (600 kW) et au-delà de 10 cylindres par moteur la construction des arbres manivelles entraînait des difficultés technologiques et métallurgiques qu'il paraissait à beaucoup de spécialistes préférable d'éviter. Le Diesel est donc devenu insuffisant dès que des puissances unitaires de plus de 8 000 ch (6 000 kW) sont devenues nécessaires.

Pour la facilité de manœuvre en canal, pour le meilleur rendement propulsif en navigation courante, la plupart des Armements pétroliers ont une préférence très nette pour l'hélice unique. Cette préférence se justifie par la réduction des investissements car le pétrolier est un navire à vie relativement courte que l'on doit amortir vite. On comprend donc la vogue dont jouit la vapeur pour ce type de navire lorsqu'il exige plus de 8 000 ch (6 000 kW) de puissance. Malgré quelques déboires elle a donc permis d'aborder les gros tonnages d'où une amélioration décisive quant à l'économie d'exploitation et à l'abaissement du prix de revient de la tonne transportée. Les événements du Proche-Orient et de Suez ont précipité le mouvement vers ces gros tonnages; ils ne l'ont pas déclenché, il a précédé ces événements et je crois qu'on le doit en grande partie aux possibilités offertes par la turbine alimentée en vapeur à haute pression, 45 à 60 kg/cm² et à haute

surchauffe = 450 °C à 480 °C permettant en service des consommations de mazout par cheval/heure effectif de l'ordre de 250 g (340 g par kWh).

La technique de ces groupes de turbines à vapeur de puissance échelonnées entre 10 000 et 20 000 ch (7 500 et 15 000 kW) paraît aujourd'hui bien assise. Après quelques tentatives vers de plus hautes pressions et des surchauffes de l'ordre de 500 °C, il est en général apparu que pour ces puissances, 45 kg/cm² et 450 °C assuraient une économie très satisfaisante avec de meilleures garanties d'endurance et la plus grande simplicité des groupes turbo-réducteurs. La vapeur est en général fournie par deux chaudières à tubes d'eau dont la vaporisation est très largement calculée afin qu'une seule puisse assurer la propulsion. Le groupe de turbines est le plus souvent à double réduction avec deux corps seulement : un corps HP et un corps BP de marche avant entraînant deux pignons indépendants. Leurs ailettes sont, en général, à réaction mais avec une roue de tête simple, parfois double, à action dans la HP. La turbine de marche arrière est parfois incorporée entièrement dans le corps BP de marche avant, parfois aussi elle est doublée : un disque d'action HP en corps indépendant, en porte à faux à l'extrémité du pignon HP de marche avant, et ensuite un ou plusieurs étages BP à réaction, incorporés dans la B. P. de marche avant. Des solutions à action pure ont également été réalisées.

Les différences les plus importantes que l'on trouve d'une installation à l'autre ont trait au cycle lui-même, c'est-à-dire à l'ensemble des réchauffeurs, récupérateurs de calories des purges, dégazeur, disposés entre la pompe d'extraction au condenseur et le refoulement à l'économiseur des chaudières. Elles tiennent surtout au fait que dans certains cas on a estimé préférable de remplacer l'habituel réchauffeur d'air parcouru par les fumées par un réchauffeur d'air à vapeur basse-pression prise sur soutirage à la turbine BP. Avec la deuxième solution on est mieux abrité des corrosions du réchauffeur d'air par point de rosée. Elle conduit toutefois à réduire la température de réchauffage HP de l'eau d'alimentation sur soutirage aux turbines, c'est-à-dire le rendement du cycle, si on ne veut pas trop perdre sur le rendement des chaudières elle-mêmes. C'est une

balance à faire. Il serait certes intéressant, dans l'intérêt du prix de revient et de la rapidité de construction que les différents Armateurs et Constructeurs puissent se mettre d'accord pour ce type de navire sur un cycle normalisé qui permettrait d'étendre les avantages de la construction normalisée et préfabriquée aux installations de la machine, notamment les accessoires de tuyauterie sur cloisons, comme cela se fait paraît-il couramment au Japon.

Lors de la Conférence faite ici même le 27 janvier 1955 sur « Le Navire d'aujourd'hui » nous avons souligné en rendant compte de l'expérience faite par la Compagnie Générale Transatlantique sur ses quatre paquebots à vapeur, haute pression, haute surchauffe, construits après la Libération (« Ville de Marseille » — « Ville de Tunis » — « Flandre » — « Antilles ») que la vapeur moderne avait donné quelques déboires au début de la mise en service. D'autres que nous, notamment dans l'Armement pétrolier, ont fait depuis leur expérience de ces déboires.

Le talon d'Achille de ces installations modernes à vapeur est incontestablement la chaudière par le circuit des gaz d'une part, par celui de l'eau d'autre part.

Du côté du circuit des gaz il est évident que le fait d'avoir relevé la pression de régime, a relevé la température de saturation, donc de vaporisation ce qui, avec la recherche d'un rendement élevé et d'une surchauffe poussée a eu pour effet de développer considérablement la surface des échangeurs par convection placés après chambre de combustion, par rapport aux anciennes chaudières. En outre, la mode qui tend à assurer la vaporisation totale avec un plus petit nombre d'unités qu'auparavant, mais de plus grande vaporisation unitaire (les unités de quarante à cinquante tonnes de vaporisation sont en effet devenues monnaie courante), entraîne aussi un accroissement relatif des surfaces d'échange par convection par rapport aux surfaces rayonnantes. La perte de charge sur le circuit des fumées a augmenté de ce fait et ce circuit est beaucoup plus sensible qu'auparavant à la salissure due aux irrégularités de la combustion. Ceci se lit dans les caractéristiques des ventilateurs de chauffe dont la pression est passée en quinze ans de quelque 300 mm

à 600 mm, et même davantage. Cette sensibilité s'accuse d'autant plus que les combustibles hétérogènes d'aujourd'hui sont plus difficiles à brûler et contiennent une proportion croissante de soufre. Il a suffi des événements de Suez pour que la limite supérieure tolérée de 4 p. 100 de teneur en soufre fût franchie. Les dépôts sulfureux qui se forment sur les parois du faisceau tubulaire, notamment sur le surchauffeur, lorsque la combustion est mauvaise, ne sont pas tellement dangereux en ce sens qu'ils forment en général des sulfates solubles s'éliminant par lavages périodiques mais il n'en reste pas moins que si du fait des circonstances de l'exploitation, et on sait combien elles sont impératives sur les pétroliers, ils subsistent trop longtemps, ils ralentissent les échanges, provoquent une élévation de la température des gaz au voisinage de la paroi du surchauffeur qu'ils isolent et peuvent créer alors un support favorable à la formation du « pentoxyde de vanadium » le mazout contenant aussi beaucoup trop de vanadium à notre gré. Ce pentoxyde fond vers 650 °C en formant un dépôt adhérent et corrosif. Le surchauffeur haute température est évidemment le point le plus sensible d'accrochage, accrochage qui a d'autant plus de chances de se produire que la surchauffe est plus élevée et que ce faisceau est exposé à une température plus élevée dans le circuit des gaz.

Le deuxième point sensible de la chaudière côté circuit des fumées, est la zone froide de l'économiseur côté entrée eau et surtout le réchauffeur d'air lorsque celui-ci, parcouru par les fumées, est suffisamment développé pour abaisser en régime normal de marche la température de ces fumées au voisinage de 150 °C. Il est évident qu'aux bas régimes de vaporisation, au mouillage, par temps froid, des températures encore beaucoup plus basses peuvent être atteintes, mettant alors en jeu le mécanisme de la corrosion par point de rosée. Ce sont ces considérations qui ont parfois conduit à placer les réchauffeurs d'air sur soutirage BP aux turbines au prix d'une légère chute du rendement global. C'est notamment cette solution qui a été adoptée pour le nouveau paquebot « France ».

Côté circulation eau-vapeur les chaudières modernes sont en général très sensibles à la

qualité de l'eau d'alimentation, à savoir sa teneur en chlorures et sa teneur en gaz dissous, principalement oxygène et CO². Notons ici que nous ne nous trouvons pas en face d'un problème de sensibilité tellement lié à la pression et à la température de la vapeur, encore que ces paramètres aient en général pour effet d'accentuer et aggraver tous les phénomènes de corrosion mais en face d'un problème dans lequel la charge calorifique des éléments les plus chargés du faisceau vaporisateur joue un rôle dirimant. Les chaudières modernes à parois froides très développées et à forte vaporisation unitaire autorisent certes un accroissement de la charge calorifique moyenne par mètre cube de volume de chambre de combustion par rapport à leurs devancières de l'époque du « Normandie » par exemple. Cette charge peut atteindre 1 200 000 à 1 400 000 calories par m³/h alors qu'elle n'était que de 500 000 calories auparavant, mais il faut veiller à ce que les tubes les plus chargés en vaporisation ne dépassent pas une charge limite par centimètre carré, laquelle est fonction d'ailleurs du coefficient de brassage, c'est-à-dire à l'intensité de la circulation, à partir de laquelle des sels même solubles s'incrustent à la paroi, en régime normal de marche, amorçant des corrosions ou entraînant une altération progressive des caractéristiques du métal. On a constaté ce phénomène sur certaines chaudières à circulation forcée ou à combustion forcée et à circulation forcée dans lesquelles le principe même de la circulation et de la combustion forcées paraissait autoriser un accroissement de la charge calorifique par mètre carré. D'une façon générale on peut dire que les chaudières marines modernes exigent une grande vigilance en ce qui concerne la limitation de salinité, le dégazage de l'eau et le contrôle de son acidité ou de son alcalinité (pH), l'excès d'alcalinité pouvant être un défaut au même titre que l'acidité par l'abus des phosphates d'addition entraînant une salinité totale excessive. La base d'une bonne conduite réside essentiellement dans le parfait fonctionnement des bouilleurs qui distillent l'eau salée pour produire l'eau distillée à moins de 5 mmg/l nécessaire à la réparation aux chaudières. Il est prudent de se réserver, par un tracé convenable des faisceaux, la possibilité du

câblage interne et périodique des tubes afin d'éliminer les amorces de corrosions.

La vapeur moderne implique donc des sujétions la rendant bien peu comparable à l'ancienne vapeur basse et moyenne pression, si rustique, des machines alternatives ayant équipé des générations de cargos. Les problèmes de contrôle de la combustion avec des combustibles liquides dont la qualité s'avilit tous les jours davantage, la pratique du contrôle de l'eau d'alimentation exigent un personnel d'une qualification très différente de celui convenant notamment pour la conduite des moteurs Diesel. On a fait largement la preuve qu'il y avait quelques risques à les aborder avec une maîtrise de qualification insuffisante ou instable à bord parce que trop rare dans notre Marine. Le navire à vapeur moderne a essentiellement besoin d'une maîtrise stable. On n'assimile pas aussi rapidement le tuyautage compliqué d'un vapeur moderne ni les pratiques de laboratoire pour le contrôle de l'eau que les détails technologiques aujourd'hui tous très ressemblants des cinématiques du moteur Diesel. Nous ne pensons pas nous tromper en prédisant que le navire atomique de demain ressemblera plus au vapeur qu'au motorship par la qualité du personnel qu'il exigera. Cette maîtrise, rare aujourd'hui, il faut donc la former car elle sera de plus en plus nécessaire.

Nous verrons un peu plus loin que, face à la vapeur, le Diesel, un moment désarçonné, a trouvé les voies d'un redressement qui s'amorce aujourd'hui nettement. Quelles sont les possibilités d'améliorations que la vapeur peut espérer pour faire face, en faisant bien entendu abstraction de celles qui s'offriront à elle en combinaison avec l'Energie atomique?

Il ne paraît pas opportun de les rechercher dans une élévation des caractéristiques thermodynamiques, c'est-à-dire pression et température initiales, et ceci à cause de la chaudière elle-même. Dans le cadre des puissances en jeu une augmentation de pression ne serait guère payante. Une augmentation de la température de surchauffe initiale le serait théoriquement davantage. Les centrales terrestres atteignent couramment aujourd'hui 550 °C mais, et ceci est essentiel, avec des chaudières chauffant au charbon, n'entraînant pas les difficultés de combus-

tion, ne produisant pas les suies collantes et corrosives dont la Marine a la triste expérience avec le mazout. Par contre il semble que c'est du côté de la resurchauffe et pour les unités de moyenne puissance que des possibilités intéressantes s'offrent.

La resurchauffe a fait l'objet de quelques applications épisodiques avec des machines alternatives de faible puissance dans lesquelles on resurchauffait la vapeur reprise à la sortie du cylindre HP en la faisant passer dans un échangeur parcouru par la vapeur vive suffisamment surchauffée dans la chaudière et qui se refroidissait ainsi avant son introduction au cylindre HP. Cette solution relativement simple avec échangeur vapeur/vapeur était possible dans ce cas du fait de la limitation de température à l'admission de la machine alternative imposée par les exigences de son graissage. Elle n'était plus possible dans le cas de la turbine dans laquelle il n'y a aucune raison d'introduire la vapeur à une température inférieure à celle de surchauffe maxima réalisable dans la chaudière. Dans ce cas il faut faire la resurchauffe dans un foyer spécial des chaudières ou bien dans une chaudière spécialement prévue à cet effet. Avec tous les by-pass et sectionnements nécessaires pour les manœuvres, on conçoit les complications auxquelles on serait arrivé lorsque la vaporisation exigeait un grand nombre d'unités. Le problème s'est considérablement simplifié avec les concentrations de vaporisation réalisées sur les unités actuelles. Un pétrolier de 20 000 ch (15 000 kW), nous l'avons déjà souligné, s'accommode de deux chaudières seulement et les nouveaux paquebots britanniques de la P & O faisant 40 000 t et 80 000 ch (60 000 kW) s'accommoderont de 3 unités d'une vaporisation individuelle de 130 t/h. Avec ces fortes concentrations il devient possible de placer les chaudières à côté des turbo-réducteurs eux-mêmes, dans le même compartiment. Le retour à la chaudière de la vapeur déjà détendue dans la turbine HP devient ainsi possible sans complications et pertes de charge excessives. Ceci explique l'application de la resurchauffe sur le paquebot britannique « Empress of Britain » mis en service en 1956, de beaucoup l'unité la plus importante ayant fait l'objet d'une telle application, puisque ce navire de 30 000 t, à deux hélices, développe 27 000 ch (20 000 kW),

La consommation en service serait de l'ordre de 220 g au cheval/heure (300 g au kWh) effectif pour une pression aux chaudières de 48 kg/cm², et une température de surchauffe initiale, puis de resurchauffe de 457 °C.

La vapeur est produite dans deux chaudières Foster Wheeler pourvues d'un foyer auxiliaire de régulation de la surchauffe et la resurchauffe se fait dans une unique chaudière de la même marque qui est automatiquement by-passée au cours des manœuvres.

Il est possible que cette première application ouvre la porte à d'autres, non seulement pour des paquebots, mais nous pensons qu'elle peut se justifier aussi sur de grands pétroliers à grand rayon d'action sans beaucoup plus de complications que n'en comportent les installations classiques. On peut même estimer que du point de vue de l'endurance du matériel une telle solution est préférable, tout en étant d'exploitation aussi, sinon plus économique, qu'une installation sans resurchauffe faisant appel à des conditions thermodynamiques initiales plus élevées, par exemple de l'ordre de 70 kg/cm²/520 °C. La resurchauffe est toutefois évidemment plus coûteuse d'investissements en ce sens qu'elle exige une chaudière supplémentaire et trois corps de turbines, un HP, un MP et un BP, ainsi qu'un plus grand développement de tuyautages haute et moyenne pression. Mais une installation à 70 kg/cm² et 520 °C exigerait aussi 3 corps de turbines probablement.

* * *

Le Diesel reste le mode de propulsion, sinon idéal, du moins le plus pratique pour les caboteurs, cargos long et moyen courriers, minéraliers ou ore carriers de moyen tonnage, petits et moyens pétroliers, qui échappent à la servitude de la puissance imposant la turbine, bref dans les échelonnements de puissance depuis quelques centaines jusqu'à une dizaine de milliers de chevaux.

Je n'insisterai pas sur l'avantage bien connu du Diesel, à savoir sa faible consommation spécifique pondérale en combustible liquide soit 150 g par ch/h (200 g par kWh) contre 250 g (340 g par kWh) pour la vapeur moderne sans resurchauffe et 220 g (300 g par kWh) avec resurchauffe approximativement.

C'est peut-être à l'heure actuelle le moins décisif des avantages, compte tenu des progrès réalisés par la vapeur dans la voie de la consommation spécifique pondérale et de la pratique aujourd'hui bien au point de produire par distillation d'eau de mer l'eau servant à la réparation des pertes aux chaudières.

L'avantage essentiel du Diesel réside dans sa simplicité d'installation, dans le fait qu'il constitue un bloc moteur qui se monte d'une seule pièce en bout d'arbre porte-hélice, bloc moteur faisant l'objet d'une fabrication par éléments normalisés, pouvant être essayé au frein Froude en Usine, avant montage à bord, dans des conditions très voisines du fonctionnement à bord. Ceci supprime tous les aléas au moment des essais de recette du navire qui ont si souvent retardé la mise en service de navires à turbines à vapeur ou paralysé les premiers mois de leur exploitation. Il est évident en effet que l'ensemble complexe que constitue une installation à vapeur avec ses chaudières, ses turbines, son condenseur, toutes les pompes, réchauffeurs, récupérateurs, dégazeur du cycle ne peut être essayé qu'en tout dernier lieu après montage à bord. C'est là un avantage appréciable pour le moteur Diesel : pour l'Armateur il élimine pratiquement les risques financiers d'une mise en service différée, pour les chantiers, plus particulièrement ceux spécialisés dans la construction des coques, il leur permet d'aborder la construction navale marchande courante en faisant l'économie d'états-majors et de techniciens de la machine coûteux en frais généraux.

Cette simplicité et facilité d'installation du Diesel, surtout lorsqu'il entraîne directement l'arbre porte-hélice, ce qui est le cas le plus général, explique qu'il serve aujourd'hui à la propulsion de 60 p. 100 du tonnage mondial, c'est-à-dire de la plus grande majorité des navires à l'exception des paquebots, des grands pétroliers ou de certains cargos que des trafics très particuliers condamnent, de plus en plus rarement d'ailleurs, à la vapeur et au charbon. On doit en effet considérer comme tout à fait exceptionnel le cas des nombreux « Liberty ships » encore en service, pour lesquels des impératifs de production industrielle du temps de guerre imposèrent la machine à vapeur alternative.

Mais la généralisation des très gros ton-

nages exigeant de plus grandes puissances ne pouvait pas laisser indifférents, à la longue, les constructeurs de Diesels. Après des années de progrès uniquement technologiques qui avaient porté le moteur à quatre temps et le moteur à deux temps presque toujours à simple effet, au degré de perfectionnement reconnu aujourd'hui il devenait nécessaire d'aborder des progrès plus décisifs dans les voies, d'une part de la puissance unitaire, en fait celle de la cylindrée, et d'autre part dans celle de l'économie de consommation financièrement parlant. La première a été abordée par l'application de la Suralimentation au cycle à deux temps. La seconde par la combustion en remplacement du Diesel oil, des fuels oils plus lourds et partant moins coûteux. Le prix du Diesel oil est actuellement, en moyenne, de 250 shillings la tonne contre 180 shillings pour le fuel oil. L'écart de 37 p. 100 n'est plus compensé par l'écart des consommations spécifiques pondéreuses du Diesel et de la vapeur moderne, surtout si l'on considère que la consommation d'huile du Diesel, qui n'est pas négligeable, vient grever son bilan et si l'on fait entrer en ligne de compte les dépenses d'entretien en général plus élevées sur le Diesel. Tout change si l'on arrive à brûler sinon du fuel oil chaudières mais tout au moins du fuel oil n° 1 notablement meilleur marché que le Diesel oil.

Ce problème difficile paraît aujourd'hui résolu grâce à la mise au point des procédés d'épuration par lavage et centrifugation des combustibles, tout au moins lorsqu'il s'agit de moteurs à régime lent, c'est-à-dire à vitesse linéaire des pistons modérée de l'ordre de 6 m/s. La combustion au combustible lourd, d'une viscosité de l'ordre de 800 à 1 500 s Redwood, se généralise de plus en plus et nous pouvons même citer le cas de la Compagnie Maritime Belge qui a réussi à appliquer cette combustion à des moteurs à deux temps double effet qui posent évidemment à cet égard les problèmes les plus difficiles.

L'écueil réside dans l'usure des chemises des cylindres et des garnitures de pistons que les Armateurs trouvent déjà trop rapide lorsqu'ils brûlent du Diesel oil et que l'emploi de combustibles d'une forte teneur en résidus asphaltiques et en impuretés corrosives que l'on ne peut éliminer complètement

vient à priori accélérer. On fonde un grand espoir à l'heure actuelle sur l'emploi d'huiles minérales dans lesquelles on incorpore par émulsion des solutions aqueuses alcalines neutralisant les résidus acides et aptes par conséquent à combattre l'usure par corrosion. Il va sans dire que la stabilité de telles émulsions est de la plus grande importance.

La suralimentation aujourd'hui pratiquement au point, même limitée à un taux modéré, a permis récemment de porter la puissance de la cylindrée, dans les moteurs à deux temps simple effet à 1 250/1 500 ch (900/1100 kW) et l'on peut donc dorénavant envisager des moteurs Diesel de 8 à 12 cylindres de puissances échelonnées entre 12 000 et 20 000 ch (9 000 et 15 000 kW) couvrant les besoins de pétroliers de gros tonnage. Remarquons d'ailleurs que par suite de l'impossibilité d'augmenter le tirant d'eau des très gros pétroliers envisagés actuellement, proportionnellement à leurs autres dimensions, ce qui limite diamètre et puissance de l'hélice, la tendance est pour ces très gros navires de répartir la puissance entre deux lignes d'arbres ce qui constitue une évolution devenant favorable au Diesel, qui se justifie en outre par le fait que ces navires sont trop gros pour naviguer en canal et que leur taille et leur coût légitiment aussi la sécurité du dédoublement de la machine. Ainsi va la lutte entre la vapeur et le Diesel.

On a appréhendé l'addition de la turbo-soufflante de suralimentation, organe à priori un peu délicat. L'expérience montre que des turbo-soufflantes endurantes sont actuellement sur le marché après des perfectionnements apportés à leurs paliers, notamment aux roulements, aux filtres, et réfrigérants d'air et à la conception générale facilitant les visites d'entretien. Bref, les résultats démontrent que les moteurs avec turbo-soufflantes offrent la même sûreté de marche que les moteurs non suralimentés et d'ores et déjà, au point de vue de l'entretien, certains armateurs préfèrent avoir un moteur suralimenté qu'un moteur ordinaire de même puissance, ayant un plus grand nombre de cylindres. Cette opinion s'étend parfois aux groupes électrogènes auxiliaires.

D'une façon générale la préférence des Armateurs et des Constructeurs va aux moteurs à régime lent, depuis 100 jusqu'à 140 tours, attaquant directement l'hélice. Pour

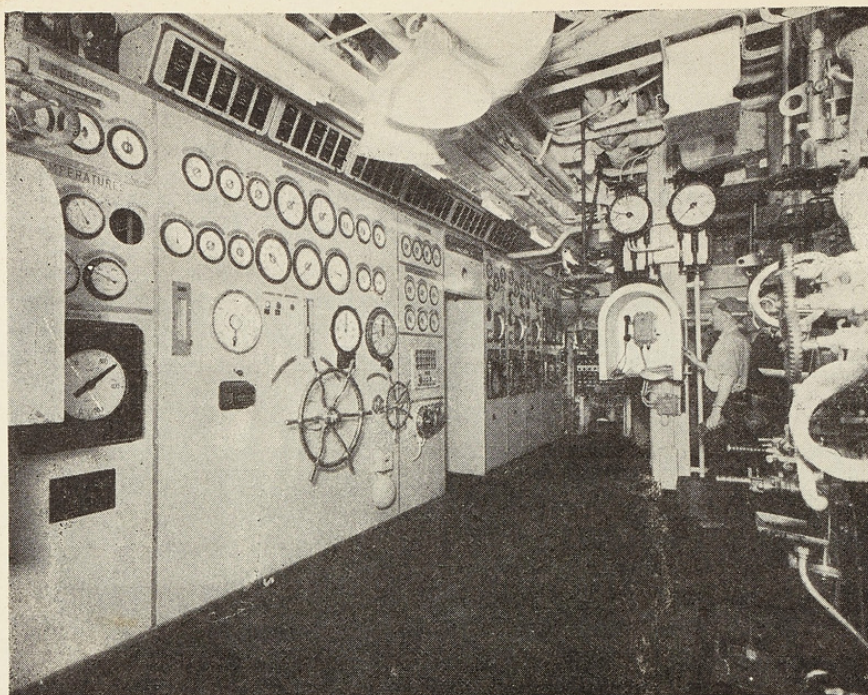
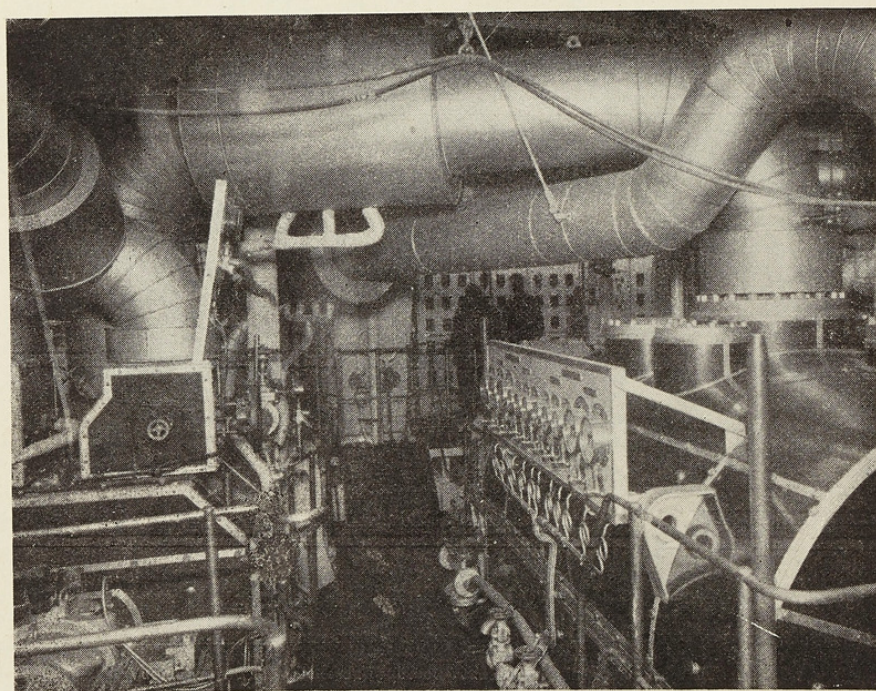
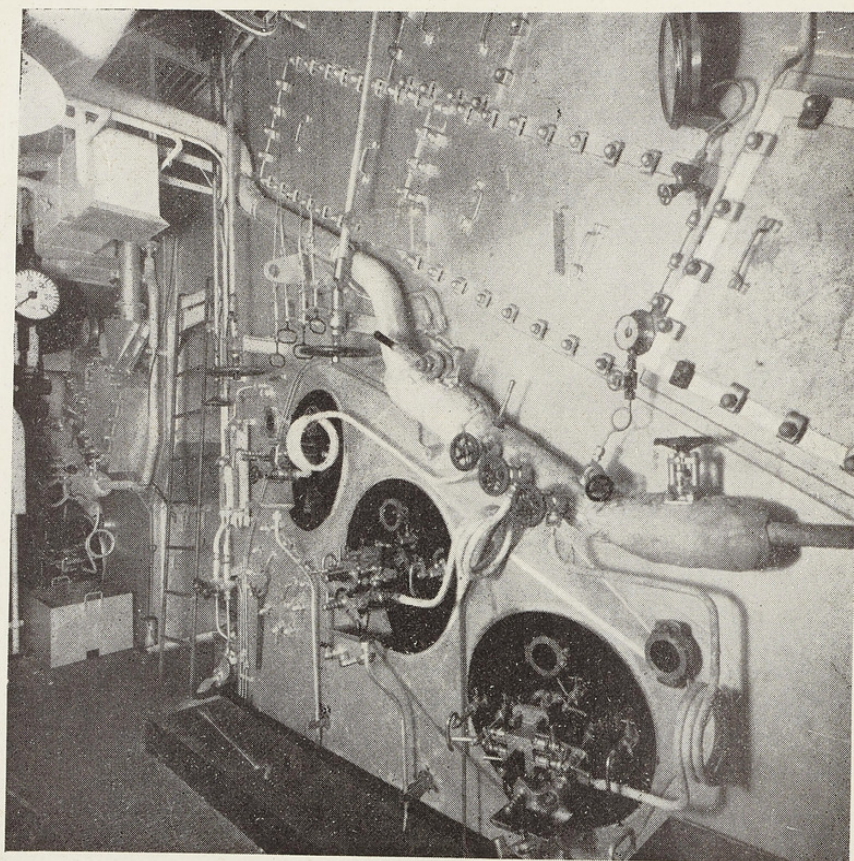


Tableau de manœuvre des turbines et contrôle chaudières (Jadotville). (Chantiers de l'Atlantique).



Vue du groupe de turbines du paquebot « Jadotville » (Chantiers de l'Atlantique).



Rue de chauffe du paquebot « Jadotville » (Chantiers de l'Atlantique).

la plupart des cargos demandant une tranche des machines aussi courte que possible, c'est évidemment la solution conduisant à l'aménagement le plus rationnel de la machine. Le moteur à régime lent, à grande course des pistons, encombrant en hauteur, ce qui n'a pas tellement d'importance sur le cargo, occupe le minimum de surface en projection horizontale, ce qui libère de la surface sur le parquet inférieur pour le logement des groupes électrogènes et des auxiliaires électriques ou autres. Le moteur à pistons opposés Doxford est le plus représentatif dans le genre. C'est le type que la Compagnie Générale Transatlantique a adopté pour certains Cargos de son nouveau programme, d'autres, les minéraliers étant pourvus des nouveaux moteurs Sulzer suralimentés.

On doit toutefois noter une certaine tendance favorable aux moteurs à allure relativement rapide, de l'ordre de 250 à 450 tours, accouplés sur une même ligne d'arbres par l'intermédiaire d'accouplements élastiques, soit hydrauliques type Vulcan, soit électromagnétiques A. S. E. A., soit même mécaniques avec inverseurs de sens de marche pour les petites puissances. Cette disposition n'est pas nouvelle, elle est même l'une des plus anciennes puisque, après la première guerre mondiale plusieurs motorships allemands furent ainsi équipés avec des moteurs rapides construits pour des sous-marins. Elle s'est imposée dans le passé et s'impose encore dans le présent, chaque fois qu'il s'agit de réaliser une puissance en Diesel considérable sous des limitations de poids et d'encombrement vertical, dans le cas de « malles » notamment. C'est le cas du paquebot-garage « Napoléon » actuellement en construction pour le service des lignes de la Corse de la Compagnie Générale Transatlantique et qui sera propulsé par deux hélices entraînées chacune par un groupe de deux moteurs S. G. C. M. C. M.-Pielstick de 2 000 ch (1 500 kW) de puissance unitaire — 425 tours, entraînant l'hélice à 180 tours par l'intermédiaire d'un réducteur et d'accouplements A. S. E. A. — Mais ce qui est caractéristique actuellement c'est la tendance en faveur de ce mode de propulsion pour des cargos importants et longs courriers. Il faut en voir la raison dans la légèreté de la solution (50 kg au ch inst. (68 au kW) au lieu de 80 à 100 kg) (110 à 135) dans le capital investi un peu inférieur malgré

l'addition d'une transmission avec réducteur, et aussi dans le fait que l'allègement de la machine facilite son logement à l'arrière du navire, autre tendance de la Construction Navale qui se manifeste, non plus uniquement pour les pétroliers et caboteurs, mais aussi pour des « ore carriers » et même des « general cargo » long-courriers. Sur ceux-ci l'installation de la machine à l'arrière ou aux trois quarts arrière du navire libère pour l'exploitation commerciale les beaux volumes de cales les plus facilement arrimables de la partie centrale du navire. Pour ce qui est des ore carriers il est évident qu'il y a intérêt à dégager le pont supérieur de toutes superstructures dans la partie centrale du navire afin de faciliter le travail des appareils de maintenance. L'écueil de la solution réside dans les différences d'assiette du navire léger, ou peu chargé, d'où l'intérêt d'une réduction substantielle du poids de sa machinerie.

Parmi les récentes applications de la propulsion par moteurs à allure rapide accouplés à des cargos long-courriers, nous citerons le cas du « Rio de Janeiro », premier d'une série de six unités commandées par la Johnson-Line de Stockholm pour les services entre la Scandinavie, le Brésil, l'Uruguay et la République Argentine. Ces grands cargos très modernes à 6 tranches à marchandises dont 4 sur l'avant de la tranche machine ont 147 m de long, 19 m de largeur, ont un port en lourd de 9 000 t deadweight et leur belle vitesse de 19 nœuds est assurée par une machinerie de 12 000 ch (9 000 kW) avec 2 hélices entraînées chacune par 2 moteurs à 4 temps simple effet suralimentés S. E. M. T. Pielstick, chaque moteur à 12 cylindres en V de 400 mm × 460 mm développant 3 000 ch (2 200 kW) à 425 tours; l'accouplement se fait à l'aide d'accouplements électro-magnétiques A. S. E. A. Cette application est d'autant plus digne de remarque que le moteur Pielstick, dont nous avons déjà parlé à propos du « Napoléon », est un moteur créé et mis au point en France après la libération, donc une création de notre Industrie qui, jusqu'ici, n'avait construit que des moteurs Diesel marins sous licences étrangères : Sulzer, Burmeister, Doxford, M. A. N. Le moteur Pielstick a été aussi adopté par notre Marine Nationale pour un certain nombre d'avisos coloniaux et, en dehors du « Napoléon », sur les récents cargos de la Compagnie Navale

Caennaise type « Protée », ainsi que sur le « Saint-Raphaël » de la Compagnie Générale d'Armements Maritimes qui a tout récemment procédé à ses essais. Il s'agit d'appareils moteurs d'une puissance de 5 000 ch (3 700 kW) pour des unités d'une vitesse de l'ordre de 14 nœuds. La solution est toutefois bruyante comme d'ailleurs toutes les solutions avec moteurs à 4 temps et nécessite de prendre de sérieuses précautions d'insonorisation des parois pour étouffer les bruits émis dans le compartiment de la machine.

On peut objecter aux solutions à moteurs rapides des charges de surveillance en marche, de visites d'entretien plus lourdes du fait de la multiplication des attelages, une usure plus rapide des organes et des conditions à priori moins favorables à l'emploi des fuels. Très fréquemment les ateliers d'entretien des Armateurs expriment pour cela leur préférence en faveur de la solution motrice comportant un plus petit nombre de gros cylindres. Quant à l'usure plus rapide et à l'aptitude à brûler des fuels on doit considérer qu'elles dépendent non du régime de rotation mais de la vitesse linéaire des pistons et dans les moteurs que nous avons cités elle ne dépasse pas 6,50 m, ce qui est encore raisonnable. Le « Rio de Janeiro » est d'ailleurs pourvu d'une installation d'épuration permettant le traitement des fuels et nous savons aussi que des expériences encourageantes dans cette voie sont en cours à la S. G. C. M. Quoi qu'il en soit ces inconvénients doivent équitablement être mis en balance avec tous les avantages que peuvent procurer les solutions à moteurs rapides, notamment leur incidence sur tel projet de coque d'un navire devant satisfaire à tel programme défini. Il n'est pas non plus négligeable d'avoir plusieurs moteurs se servant mutuellement de rechange. C'est ainsi que sur le « Napoléon » certaines traversées qui n'exigent pas la vitesse maximum pourront être effectuées dans les conditions d'économie optimum avec un moteur sur deux en fonction, développant sa pleine puissance grâce à des hélices à pas réglable en marche, et permettant d'ajuster nombre de tours et vitesse désirée pour le rendement optimal. Pendant ce temps l'autre moteur pourra être mis en visite, si toutefois le personnel veut bien accepter de faire de l'entretien à la mer.

* * *

La turbine à gaz a fait au cours de ces dernières années l'objet d'applications expérimentales assez nombreuses dans la Marine de guerre britannique, sous sa forme la plus simple du cycle à circuit ouvert, sur des unités rapides de patrouille, mais il s'agit de réalisations de performances ayant l'avantage d'une extrême légèreté aptes aux pointes de puissance, mais qui sont loin d'offrir les garanties d'endurance et d'économie de consommation qui sont de règle dans la Marine Marchande.

Quoi de plus séduisant, apparemment de plus simple en théorie, que de faire travailler directement dans une machine tournante les gaz de combustion produits dans un foyer, en supprimant ce fluide intermédiaire si gênant qu'est la vapeur.

L'aviation ne nous montre-t-elle pas les solutions, dira-t-on?

Les difficultés commencent dès qu'il s'agit de réaliser une machine susceptible de concurrencer par son économie et aussi par son endurance les turbines à vapeur ou les Diesels marins en brûlant le combustible que la Marine trouve dans les ports et non ceux d'un choix exceptionnel que s'offrent les aviateurs. N'est-il pas raisonnable de demander un rendement intermédiaire entre les 35 p. 100 du Diesel et les 26 p. 100 de la vapeur moderne, soit 30 p. 100 en brûlant bien entendu du fuel oil lourd, et avec une endurance assurée de quelque huit années d'exploitation, soit 40 000 h de marche, sans que les tuyères et ailettes de turbines soient à considérer entre-temps comme de la matière consommable?

Les essais effectués en Grande-Bretagne sur le pétrolier « Auris » ont bien montré les difficultés qui surgissent alors. Un bon rendement exige à l'admission de la turbine HP une température élevée, de l'ordre de 700 °C, celle-là même qui facilite les dépôts de sulfates et surtout de vanadates corrosifs dont nous avons parlé à propos des surchauffeurs. Le problème est de trouver pour les ailettes de turbines HP un acier spécial résistant bien à cette corrosion vanadique tout en ayant une résistance au fluage suffisante. Il réside aussi dans un traitement préalable du combustible pour éliminer les sels gênants et dans l'incorporation de produits d'addi-

fion susceptibles de relever leur point de fusion au-delà de 800 °C. Ces difficultés banales devant lesquelles butte la turbine à gaz depuis une vingtaine d'années doivent être méditées par tous ceux qui ont une tendance à négliger l'importance de certains problèmes technologiques et métallurgiques dits « secondaires ». L'exploitation de l'Énergie nucléaire aura l'occasion de nous en donner de nombreux autres exemples.

Quelques faits semblent toutefois éclairer l'horizon de la turbine à gaz à cycle ouvert. Le premier est la déclaration de M. Lamb, l'éminent technicien anglais, d'après lequel l'« Auris » serait remis en service au printemps prochain, mais avec une nouvelle machinerie de 5 500 ch (4 000 kW), apte à brûler tous les grades de combustibles liquides. Le second est la mise en service en 1956 du Libertyship « John Sergeant » dont la machine alternative d'origine, de 2 160 ch (1 590 kW) a été remplacée par une turbine à gaz de 6 000 ch (4 500 kW) la vitesse du navire passant de 11 à 15 nœuds (la coque a été allongée de 7,5 m environ).

Cette transformation a été effectuée dans le cadre d'un programme de la Maritime Commission en vue de déterminer la transformation optimum pour améliorer les performances des nombreux cargos de ce type. En conséquence l'un a été pourvu d'une machinerie à vapeur à turbines modernes, le deuxième d'un appareil moteur avec Diesels accouplés, le troisième, celui qui nous occupe, d'une turbine à gaz à cycle ouvert, le quatrième enfin, dont nous reparlerons, le « William Patterson » d'une turbine à gaz mais avec générateurs à pistons libres Pescara.

Sur le « John Sergeant » la température maximum des gaz à l'admission de la turbine HP entraînant le compresseur d'air serait de 780 °C. D'après des renseignements récents la consommation spécifique basée sur 20 000 milles de navigation, serait de 237 g, donc à peine inférieure à celle d'une turbine à vapeur, mais il s'agirait de Diesel oil ou tout au plus d'un fuel oil d'une viscosité moindre que 1 500 s. Redwood et spécialement traité pour satisfaire à des spécifications très strictes du constructeur limitant les teneurs en sodium-calcium et vanadium. Le traitement se fait par lavage du combustible à l'eau douce, puis centrifugation après

addition de sulfate de magnésie pour améliorer le pouvoir séparateur. Cette première opération élimine le sodium et le calcium. La réduction du vanadium exige une introduction complémentaire de solution de sulfate de magnésium immédiatement avant admission du combustible aux brûleurs.

Avec le « William Patterson » c'est une réalisation de la technique française qui nous revient avec l'estampille U. S. A. de la General Motors. Dans notre Conférence du 27 Janvier 1955, ici même, nous avions souligné tout l'intérêt du système Pescara mis au point par la Société S. I. G. M. A. et appliqué pour la première fois sur les caboteurs « Cantenac » et « Merignac » de la Compagnie Worms. La meilleure solution pour produire des gaz de combustion, ne pas attaquer les ailettes de turbine à une température trop élevée et avoir malgré cela un bon rendement, n'est-elle pas de les brûler dans un cylindre Diesel puis de les faire travailler d'abord dans ce cylindre à température élevée pour comprimer l'air nécessaire à la suralimentation? La turbo-machine ne reçoit plus alors que des gaz à une température très raisonnable de l'ordre de 450° à 500 °C. On a ainsi supprimé le compresseur rotatif d'un rendement précaire et tout cela donne un rendement global comparable sinon supérieur à celui du Diesel. Tel est l'appareil moteur qu'après acquisition de la licence la General Motors a réalisé pour le « William Patterson », les turbines à gaz elles-mêmes ayant d'ailleurs été construites en France par l'Alsthom à Belfort. Cet appareil moteur est constitué par 6 générateurs-compresseurs à pistons libres débitant dans un collecteur de gaz commun et alimentant en parallèle deux turbines entraînant l'arbre porte-hélice par l'intermédiaire d'un réducteur à double réduction. A pleine charge la consommation spécifique est de 187 g, elle passe à 194 g à 75 p. 100 et à 213 g à 50 p. 100. Le combustible utilisé est du Bunker C. Les essais ont confirmé la remarquable souplesse en manœuvres déjà très remarquée lors des essais du « Cantenac ». On a formulé la crainte d'un bruit excessif dans la machine et à l'extérieur, dans les emménagements, du fait des ondes à basse fréquence excitées par les générateurs et des phénomènes de résonance lorsqu'ils sont accouplés, mais d'après l'expérience du personnel du « William Patterson »

le niveau sonore serait comparable à celui d'un navire à moteurs Diesel à allure rapide.

Bref le succès de la solution s'affirme de plus en plus à l'étranger. Sont en construction, notamment en Grande-Bretagne, pour entrée en service en 1958-1959 : un ore carrier de 9 400 t. DW et 2 500 ch (1 840 kW), un cargo de 3 530 t et 2 000 ch (1 500 kW), un cargo de 9 250 t et 4 000 ch (3 000 kW), un cargo de 12 500 t et 4 000 ch (3 000 kW), et un cargo de 11 300 t et 7 000 ch (5 000 kW). A ces navires il faut ajouter la décision récente de mettre un appareil moteur à pistons libres sur l'un des 6 ore carriers commandés par la Scottish Ore Carrier Ltd ainsi que la commande en Allemagne de 2 chalutiers de 750 t avec machines de 2 000 ch (1 500 kW).

Ainsi au moment où la conjoncture économique française oblige, plus que jamais, à l'exportation, nous avons la chance de posséder avec les moteurs Diesel Pielstick et les moteurs à pistons libres S. I. G. M. A.-Pescara deux formules originales nationales à exploiter, ce qui ne s'était pas vu depuis longtemps dans la branche de la propulsion marine. Formulons devant notre Société le vœu que nous ne laissions pas échapper cette chance comme nous avons perdu celle, il y a quelques années, de prendre position sur le marché des chaudières marines modernes avec un excellent type original que l'un de nos Chantiers avait mis au point. L'indifférence, sinon la suspicion à l'égard des créations nationales des uns, l'esprit un peu trop particulariste des autres ont abouti à ce résultat que la grande majorité des vapeurs, pétroliers ou autres, construits pour nos Armateurs aussi bien que pour des Armateurs étrangers au cours de ces dernières années, sont équipés de chaudières construites sous licence étrangère pour lesquelles il a fallu acquitter, bien inutilement en devises, des frais de licences, et qui présentent, parmi leurs plus récents perfectionnements, certaines des dispositions que la chaudière en question offrait dix ans plus tôt!

Avant d'en terminer avec les formules de propulsion à base d'énergie fossile, je citerai deux autres faits d'actualité.

D'une part, les progrès réalisés dans la mise au point des hélices à ailes orientables et réversibles. On trouve aujourd'hui d'assez nombreuses applications jusqu'à des puis-

sances de l'ordre de 6 000 à 8 000 ch (4 500 à 6 000 kW). C'est la solution idéale pour les renversements de marche dans le cas d'une installation à turbine à gaz classique et le « John Sergeant », dont nous avons parlé, en a notamment une d'une puissance de 6 000 ch (4 500 kW). Elle est adoptée pour certains navires, cités plus haut, équipés de turbines à gaz avec générateurs à pistons libres.

D'autre part, on doit constater, avec un certain étonnement, un regain de faveur de la transmission électrique. On sait combien elle brilla d'un vif éclat au cours de la période 1925-1935 qui aboutit à la mise en service de « Normandie ». C'est une solution relativement lourde et coûteuse, coûteuse en capital investi et aussi un peu en consommation spécifique et elle se justifiait à l'époque par une certaine appréhension quant à la mise au point des réducteurs à engrenages pour les grandes puissances et quant à leur bruit. Mais on doit noter son adoption pour les nouveaux grands paquebots de la Peninsular et Oriental de 40 000 t et 80 000 ch (60 000 kW) ainsi, ce qui est moins surprenant, pour un certain nombre de chalutiers. Ce sont, vraisemblablement, des considérations d'économie d'exploitation au cours de marches à l'allure de croisière qui justifient le choix pour les paquebots et l'extrême souplesse qu'elle offre pour ce qui est des chalutiers.

La propulsion à énergie fossile s'arrêtera-t-elle là ?

Déjà, beaucoup de Mécaniciens et d'Ingénieurs Navals commencent à admettre que d'autres progrès sont possibles dans des voies dont les Centrales thermiques et aussi l'Aviation nous montrent le chemin. Les routines de la Marine n'ont admis, jusqu'ici, qu'avec beaucoup de réticences ces Automatismes généralisés, pourtant dispensateurs d'économies de personnel, dont les applications dans les Centrales terrestres et l'Aviation nous montrent tous les jours qu'ils sont sûrs et qu'on n'hésite même plus à leur confier sa vie. Il ne suffit plus, pour les rejeter, de faire valoir les servitudes particulières à l'air salin, au roulis et au tangage alors que, de plus en plus, la Marine est accablée face à ses concurrents par les charges de personnel.

En outre, les Mécaniciens de la Marine ne concevaient certainement pas, il y a encore peu de temps, qu'un générateur d'énergie, ses organes auxiliaires tels que pompes, tuyau-

tages, robinetterie puissent être manipulés à distance, inaccessibles aux visites et démonstrations derrière leurs épais blindages de protection biologique et fonctionner ainsi pendant 2 années. Cependant, l'Amiral Rickover vient de nous administrer la preuve que cela était possible, par la parfaite réussite du sous-marin atomique « Nautilus ». Ce fait doit être médité.

La Marine à énergie fossile qui a, je le crois, une assez longue vie assurée devant elle, malgré la propulsion nucléaire, car les deux modes de propulsion subsisteront parallèlement longtemps, suivant les types de navires, leur puissance et leur rayon d'action, est appelée à des progrès empruntés à l'électronique et à la nucléonique tout comme la machine alternative moderne a emprunté pas mal de ses progrès aux cinématiques du Diesel.

Pour venir à bout des choses, le premier pas n'est-il pas de les croire possible? Et ceci justifie encore l'appel aux spécialistes dont je parlais au début de mon exposé pour faire sortir les techniques de la traditionnelle marine de certains enlacements aussi âgés que la coulisse Stephenson.

* *

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'intérêt que l'énergie d'origine nucléaire suscite dans la Marine tient aux quelques chiffres suivants :

La fission d'un gramme d'U 235 libère 23 000 kW/heure thermiques soit, approximativement, 1 MW j. Avec un rendement thermodynamique modeste de l'ordre de 20 p. 100, cette énergie correspond à 6 250 ch/h (4 600 kWh) utilisables sur un arbre porte-hélice et avec 25 p. 100, sensiblement égal à celui des installations propulsion à vapeur classiques, à énergie fossile, elle correspond à 7 850 ch/h (5 777 kWh).

Un cargo de 9 000 t DW — 7 000 ch (5 000 kW) en service — 250 j de mer annuellement, c'est un type très courant de la Marine Marchande moderne, consommera donc 6 kg de matière fissile annuellement.

Un pétrolier de 45 000 t DW — 18 000 ch (13 000 kW) en service — 300 j de mer par an, en consommera 20 kg annuellement.

Un grand transatlantique comme le « France » développant, en service, 130 000 ch (96 000 kW) et effectuant annuellement 23 rotations entre France et Amérique, en consommerait annuellement 100 kg au lieu de près de 200 000 t de fuel oil.

Or, le cargo classique emporte dans ses soutes 1 000 à 1 200 t. de combustible, le pétrolier 3 000 t et un paquebot comme le « France » plus de 8 000 pour la double traversée.

L'énergie nucléaire offre donc la possibilité de supprimer un poste essentiellement lourd du devis de poids d'un navire avec tous les avantages en réaction en chaîne que, du fait du principe d'Archimède, cela entraîne pour le projet de coque. Pour le navire de guerre de surface c'est le retour à la belle autonomie de l'époque de la voile, c'est la sécurité par la diffusion en mer ce qui est essentiel à l'époque des engins téléguidés et fusées de grande portée grâce auxquels on s'efforcera d'éliminer les bases fixes. Pour le sous-marin, en outre, c'est le fameux problème du moteur unique complètement résolu sans limitation de durée des plongées, avec la possibilité de vitesses sous-marines très élevées.

Mais tout cela n'est pas aussi simple car si l'on réalise un réacteur nucléaire à la mode terrestre avec de l'Uranium naturel métal et du graphite modérateur, le poids de la machinerie atomique avec ses blindages de protection biologique a vite fait d'atteindre et même dépasser celui de la machinerie classique, avec son approvisionnement en combustible.

* *

Le processus de libération de l'énergie nucléaire par la fission s'entretient, comme on le sait, de lui-même. Une fission d'atome d'Uranium 235 produite par un neutron libre aussitôt absorbé, libère 2,5 autres neutrons (approximativement en moyenne statistique) en même temps que l'énergie que l'on capte. Pour entretenir la réaction de fission on ne peut donc envisager de perdre qu'un peu moins de 1,5 neutrons de cette génération, un autre au moins devant produire une nouvelle fission. Toute la conception d'une pile atomique repose sur l'économie de cette trésorerie neutronique.

Les neutrons se perdent, soit effectivement

en s'échappant en dehors de l'enceinte du réacteur, soit en étant absorbés sans produire de fissions, par les noyaux atomiques des constituants du réacteur qui ont plus ou moins d'affinités pour eux, y compris le combustible lui-même qui n'est pas intégralement constitué par de la matière fissile. Parmi ces constituants il y a donc le combustible, le modérateur de neutrons, car on a intérêt à les faire flâner en les faisant rebondir sur les noyaux d'un corps ralentisseur, les matériaux de structure et enfin le fluide refroidisseur chargé d'évacuer les calories produites. Or, dans l'Uranium naturel il n'y a que 0,7 p. 100 d'Uranium 235 fissile, bref infiniment peu, et par contre 99,3 p. 100 d'Uranium 238 lequel absorbe des neutrons sans fissions; d'ailleurs, l'Uranium 235 lui-même en absorbe quelques-uns aussi, sans fissions, ce qui donne l'Uranium 236. On comprend combien la trésorerie neutronique sera précaire avec l'Uranium naturel et on ne pourra boucler le bilan qu'à la condition d'avoir un modérateur, un refroidisseur, des matériaux de structure d'une exceptionnelle qualité nucléaire (faible section efficace d'absorption neutronique) et à la condition de limiter au strict minimum la fuite à l'extérieur. Comme cette fuite est proportionnelle à la surface périphérique, laquelle varie comme la puissance $2/3$ du volume de la masse active du réacteur, on comprend tout de suite la nécessité d'une masse critique minimum, qui n'a pas une valeur absolue, mais est essentiellement fonction de l'aisance de la trésorerie neutronique permise par la nature du combustible et des divers matériaux employés.

Le poids du réacteur est évidemment lié à cette masse, non pas tellement du fait de son poids propre mais, surtout, parce que sa taille fixe le poids des blindages biologiques lesquels arrivent à représenter jusqu'à 60 à 70 p. 100 du poids total du réacteur.

Le choix du modérateur a évidemment une grosse influence sur la taille critique, puisque avec le combustible lui-même il constitue la masse de matériau la plus importante intégrée dans ce que l'on nomme le noyau actif (Core). En utilisant de l'eau lourde qui est un modérateur très peu friand de neutrons, on peut la réduire dans des proportions appréciables (au prix d'un accroissement des inves-

tissements car l'eau lourde coûte très cher) par rapport à la taille critique de la pile au graphite.

Mais on conçoit que le moyen le plus radical pour boucler aisément le bilan neutronique sous une faible taille critique soit d'enrichir le combustible, c'est-à-dire d'augmenter la proportion en isotope 235 fissile. Tout devient alors plus facile pour le « pilologue » si l'on porte le pourcentage en Uranium 235 à trois fois, quatre, fois, cinq fois, le pourcentage naturel, c'est-à-dire 2 à 4 p. 100 au lieu de 0,7 p. 100. On peut alors admettre dans le bilan neutronique un plus fort pourcentage de neutrons de fuite et de pertes parasites par absorption. La taille critique peut être alors ramenée au minimum compatible avec la seule obligation de ménager une surface d'échange suffisante avec les canaux dans lesquels circule le fluide refroidisseur. Les poids passent de l'ordre de grandeur de la tonne à celui de quelques dizaines de kg. C'est le seul moyen de réaliser des ensembles d'appareils moteurs atomiques marins qui pèseront une cinquantaine de kg par cheval effectif installé (env. 70 par kW), ce que pèsent à l'heure actuelle les appareils moteurs à vapeur à énergie fossile, combustible exclu.

Tout devient facile pour le pilologue, disons-nous!... Oui, sauf la difficulté essentielle de posséder du combustible enrichi car la séparation des 2 isotopes de l'Uranium naturel ou la concentration même limitée de l'U 235 à une dizaine de p. 100 exigent des installations coûteuses en investissements, coûteuses en kilowatts dépensés pour produire la matière fissile. Mais on conçoit qu'un Ingénieur naval se condamnerait à la faillite s'il ne pouvait réaliser que des appareils moteurs atomiques pesant 500 kg au cheval (680 au kW) sous le prétexte de n'utiliser que de l'Uranium naturel, apparemment moins coûteux, alors que les concurrents pourraient en réaliser à 50 kg au cheval (68 kg au kW) grâce au combustible enrichi. Ce qui est admissible à terre ne l'est plus à bord et c'est l'une des raisons pour lesquelles nous réclamons avec insistance pour nos Marines militaire et marchande, notre indépendance nationale en production de combustible enrichi.

Mais il y a d'autres motifs qui exigent le combustible enrichi pour la Marine et peut-être sont-ils encore plus impératifs que la réduction de la taille critique.

Le premier c'est la *Sécurité* avec laquelle on ne peut pas transiger à bord. Vous savez que dans les réacteurs hétérogènes, les seuls expérimentés suffisamment actuellement, l'élément de combustible nucléaire est serti dans un gainage qui l'isole du modérateur et du refroidisseur. Sous la poussée des pointes thermiques, des déformations moléculaires du combustible en cours d'irradiation, cette gaine est soumise à des efforts considérables en même temps que son métal s'écrouit sous l'effet des radiations neutroniques et de la température. C'est cela qui limite la durée totale d'irradiation, et partant fixe le prix de revient du cheval/heure nucléaire, bien plus que la consommation effective de matière fissile ou l'empoisonnement du combustible par les résidus des fissions. Vous avez entendu parler d'éclatements, de ruptures de gainages ayant conduit à l'évacuation prudente des lieux, dans des Centres atomiques à terre. Or, on n'évacue pas aussi aisément un navire à la mer. L'avarie de gainage tolérée à terre, n'est pas admissible à bord : nous entendons par là, que l'on doit, par exemple, lui tolérer la même probabilité que celle admise pour une rupture d'arbre manivelle de moteur Diesel, avarie très rare, et non la probabilité que l'on tolère pour la rupture d'un tube de condenseur ou de chaudière. Or, une trésorerie neutronique aisée, autorisera par exemple l'emploi de gainages de médiocres qualités nucléaires mais, par contre, d'une meilleure résistance mécanique et au fluage par exemple. On peut, employer un bon acier inoxydable dont on connaît bien la métallurgie et la technologie d'emploi au lieu de ces matériaux très nouveaux, tels le zirconium, magnésium, niobium etc... par exemple. La sécurité y gagne, le prix de revient aussi et également le « *burn up* », c'est-à-dire le nombre de Megawatts-jour que l'on peut extraire avec une sécurité raisonnable d'une tonne de combustible. Là où on tirera 3 000 Megawatts-Jour par tonne avec de l'Uranium naturel métal, on pourra tirer 8 000 Megawatts-Jour avec un barreau d'un sel d'Uranium enrichi diffusé dans un alliage support et ceci peut justifier aussi que l'on paye le gramme de matière fissile en combustible enrichi une douzaine de dollars alors qu'il ne coûte que la moitié au pourcentage d'enrichissement naturel (ceci d'après les cours U. S. A.).

Le second réside dans un autre aspect du problème de la *Sécurité*, à savoir le danger de la pollution des mers en cas de sinistre Maritime, danger qui constitue l'objection la plus sérieuse que l'on peut opposer à l'application de l'énergie nucléaire à la propulsion marine. Ce danger réside dans la radio-activité des barres de combustible irradié contenant des résidus de fissions, dont certains à longue période, dans le cas où ces résidus seraient dispersés à la suite d'un éclatement du réacteur provenant soit de destructions militaires, soit du choc d'un abordage ou du flambement et de la dislocation du fait de la pression due à l'immersion du navire naufragé.

Ces risques de dispersion apparaissent évidents lorsque l'on examine la structure d'une pile terrestre à l'Uranium naturel et au graphite ou même à l'eau lourde, ayant une taille critique élevée. Ils sont loin d'être aussi certains lorsque l'on examine les plans des réacteurs envisagés pour la propulsion marine avec du combustible suffisamment enrichi en isotope 235, le noyau actif pouvant être contenu dans un gros obus cylindrique, à parois d'acier très épaisses, pouvant résister à une pression interne de 140 kg/cm² et à une pression extérieure également élevée équivalent à un millier de mètres d'immersion.

Le troisième motif réside dans la *Souplesse* que l'on doit exiger d'un réacteur d'installation marine, soumise à des variations d'allure, à des stoppages, des redémarrages fréquents alors que les Centrales terrestres se caractérisent, au contraire, par la constance de leur régime de marche. Or les ralentissements et stoppages sont caractérisés par la formation d'un poison, le Xénon, d'une gourmandise neutronique effarante dès que l'on atteint les flux importants des réacteurs énergétiques. Pendant plusieurs heures consécutives à un ralentissement ou un stoppage, il peut casser la réactivité, c'est-à-dire empêcher toute remontée en puissance ou même redémarrage si on n'est pas capable de libérer une réserve neutronique suffisante. Tout cela justifie encore la trésorerie neutronique aisée qui donne le combustible enrichi.

Vous savez, on l'a souvent entendu dire, qu'il y a une autre possibilité d'enrichissement du combustible par le Plutonium 239. Dans

toute pile, l'isotope 238 qui absorbe des neutrons, sans fissions immédiatement utiles, se transmute en Uranium 239, puis finalement Plutonium 239 lequel est fissile tout comme l'Uranium 235. Cette fertilisation de l'isotope 238 est riche de promesses puisqu'elle nous permet d'espérer utiliser un jour tout l'Uranium naturel, c'est-à-dire 100 p. 100 au lieu de 7 p. 1 000 et de réaliser des « breeders » ou piles couveuses produisant autant de combustible qu'ils n'en consomment.

Mais tout cela n'est pas aussi simple : si nous voulons produire 1 atome de Plutonium chaque fois que nous fissions 1 atome d'Uranium 235, nous n'avons plus le droit de perdre qu'un peu moins d'un demi-neutron au lieu de 1,5 d'où un bilan neutronique excessivement difficile qui exige une taille critique exceptionnellement grande ainsi que des constituants d'une qualité exceptionnelle, ce qui paraît exclure pendant longtemps l'application de tels réacteurs à bord, réacteurs qui ne sont pas encore, d'ailleurs, au point à terre.

En outre, la production plutonigène s'accompagne de réactions secondaires avec formation d'isotopes du Plutonium, tel le Pu 240, qui est un absorbeur parasite de neutrons. Si l'irradiation persiste trop longtemps on introduit ainsi ce loup dans la bergerie et les Piles plutonigènes, c'est-à-dire destinées à produire essentiellement du Plutonium intéressant, c'est-à-dire l'isotope 239 fissile, exigent des dispositions, des remplacements et des déplacements fréquents de barres qu'il paraît aussi très difficile d'envisager pour un réacteur énergétique de bord. Dans une pile énergétique, telles que celles que l'on sait réaliser pour l'heure une production plutonigène limitée ne paraît intéressante que pour amortir la chute de réactivité progressive en service du fait de l'empoisonnement par les résidus des fissions.

Reste évidemment la possibilité de réaliser demain, lorsque l'on aura suffisamment produit du Plutonium (et du Plutonium 239 non pollué en isotope 240) dans des piles spéciales Plutonigènes ou dans des piles énergétiques de Centrales terrestres à Uranium naturel, des réacteurs énergétiques marins enrichis au Plutonium 239. Mais ceci dans combien de temps? La formation du Plutonium est lente. On produit par exemple

0,8 atome de Pu par atome d'U 235 fissé dans une pile plutonigène spéciale et 0,4 à 0,5 atome par atome d'U 235 fissé dans une pile énergétique de Centrale terrestre et encore, dans ce cas, risque-t-il d'être pollué par le Pu 240. Cette lenteur est la rançon inévitable des avantages de l'énergie nucléaire qui transmute aussi peu de matière qu'il s'en fisse peu pour produire une grande quantité d'énergie.

La séparation du Plutonium des autres composants du barreau irradié est difficile, bien que chimiquement possible (sauf celle de l'isotope 240) car elle doit se faire alors que la matière est fortement radioactive et de plus, le Plutonium est un poison violent sous dose infinitésimale. Ces difficultés franchies, on ne sait pas trop encore, à vrai dire, comment on l'utilisera dans un réacteur. Les réactions parasites dont nous avons parlé lui enlèvent un peu de son intérêt comme matière fissile bien qu'une fission de noyau de plutonium libère 2,88 neutrons au lieu de 2,5 avec l'Uranium 235. Mais ce qui compte, ce ne sont pas les neutrons libérés lors d'une génération mais ceux utilisables pour produire la génération suivante. Or, le Pu 239 lui-même en absorbe un tiers sans fissions utiles pour former le loup de la bergerie, le Pu 240. Pour éviter tout cela, on songe à l'utiliser non plus aux neutrons thermiques mais aux neutrons rapides, c'est-à-dire très peu modérés. Mais sous quelle forme l'utiliser? Entre 319° et 690 °C le métal passe par plusieurs phases allotropiques absolument déconcertantes, avec contractions et dilatations, incompatibles pour une bonne endurance du gainage. Or, c'est là justement l'échelonnement des températures intéressantes pour produire de l'énergie. Il faut l'allier à un support qui le domestiquera, mais il faut que ce support ne soit pas alors un ralentisseur de neutrons!... Cette modération des neutrons recherchée pour la fission de l'Uranium devient ici l'obstacle.

Tous ces problèmes seront certes résolus un jour, mais il faudra peut-être beaucoup de temps pour expérimenter et aussi du temps pour produire le plutonium nécessaire avant d'entreprendre cette expérimentation. Et c'est cela qui nous inquiète pour la Marine française. Nous avons, en France, choisi la voie cartésienne du plutonium sous l'emprise d'objectifs essentiellement terrestres : pro-

duire des kilowatts et avec eux, petit à petit, le Plutonium, combustible de l'avenir. Mais d'ici là, comment nos constructeurs de machines marines atomiques se feront-ils une place dans la compétition internationale, avec quel combustible?... ce combustible « nucléaire » auquel on a peut-être eu tort de donner cette dénomination trompeuse car il s'agit en fait d'un véritable matériau de qualités et formes variées s'intégrant étroitement avec ceux de structure dans la construction d'un réacteur et qui, par sa variété, en conditionne étroitement la conception. Peut-on se lancer dans une telle technique si l'on n'a pas l'indépendance d'approvisionnement assurée? C'est la raison pour laquelle nous réclamons avec insistance pour notre Marine cette Usine de Séparation ou de Concentration isotopique des isotopes 235 et 238 de l'Uranium naturel. Cet Uranium naturel nous le possédons, bien heureusement dans notre sous-sol mais il ne représente que peu de choses en lui-même tant que nous n'avons pas le moyen de le traiter complètement.

Pour les Ingénieurs navals, il y a une réalité présente qui n'est plus une perspective d'avenir plus ou moins lointain. C'est l'incontestable réussite du « Nautilus » avec son réacteur P. W. R. (Pressurised Water Reactor) à l'Uranium enrichi en isotope 235, avec modérateur-refroidisseur à l'eau légère c'est-à-dire ordinaire. Sur sa première charge de combustible il a parcouru en 26 mois 69 138 milles durant 5 395 heures de marche dont 39 738 milles en plongée. Cette première application industrielle de l'énergie atomique s'avère une réussite parfaite et, peut-on ajouter, inespérée. Malgré la nouveauté des techniques abordées, le réacteur P. W. R. et les échangeurs de ce navire se sont comportés pendant plus de deux ans sans incidents, mieux que la chaudière ou le Diesel classiques les mieux réussis.

Cette réalité c'est aussi le « Sea Wolf », deuxième sous-marin atomique américain malgré quelques échecs avec son réacteur plus ambitieux, avec refroidissement au sodium fondu.

C'est l'entrée en service toute récente du « Skate », c'est la construction de 16 autres sous-marins suivant la technique améliorée du P. W. R., dont certains de tonnage modéré, ce qui montre les progrès réalisés dans la voie de la puissance massive.

C'est la construction du croiseur de 14 000 t

L'industrie nationale — octobre-décembre 1953.

« Long Beach » et, enfin, celle d'un porte-avions super-Forrestal de 80 000 tonnes et 315 millions de dollars. Ainsi n'hésite-t-on plus de prendre le risque de la propulsion atomique sur des unités très importantes.

C'est l'annonce par l'Amiral Burke de réacteurs encore plus légers qui permettront l'application de l'énergie nucléaire dans peu de temps à des escorteurs exigeant des appareils moteurs d'une trentaine de kg au cheval (une quarantaine au kW).

Dans la Marine Marchande, cette réalité, c'est le Cargo mixte de 12 000 t « Savannah » aux U. S. A. et en U. R. S. S. le lancement récent du brise glace « Lénine ». Et tout cela, toujours à base d'Uranium enrichi en isotope 235. Rappelons, en outre, les nombreuses études de pétroliers atomiques qui prennent jour dans tous les pays maritimes ayant une Industrie des constructions navales active. Par sa taille, la puissance suffisante de sa machine, la nature de son fret et de son exploitation intensive, le pétrolier apparaît parmi tous les navires de commerce celui pour lequel la propulsion atomique est le plus aisément techniquement applicable et a aussi le plus de chances d'être vite payante. On sait qu'un pétrolier atomique de 40 000 t est à l'étude en France, que quatre modèles différents de réacteurs sont envisagés, tous à l'Uranium enrichi.

Toutes les prévisions que l'on avait pu faire pour les applications pacifiques de l'énergie nucléaire à l'industrie sont avancées et c'est la Marine qui marque le succès le plus net dans la catégorie des réacteurs de moyenne puissance.

Mais, dira-t-on, la réaction de fusion dont on aperçoit maintenant la possibilité prochaine d'un contrôle ne va-t-elle pas démoder tout cela et les faits récents n'ajoutent-ils pas aux raisons que l'on a déjà fait valoir contre la coûteuse usine de séparation des deux isotopes de l'Uranium?

Pour le marin et l'ingénieur naval, tout cela est encore une question de délais. Alors que la libération de l'énergie atomique par la fission et son application à la propulsion navale sont, comme nous venons de le voir, des faits d'actualité, quelles sont les probabilités dans le temps d'exploitation industrielle de la réaction de fusion?

Avec toutes les réserves dont doit s'entourer un novice en cette matière, je me

permettrai, tout de même, de livrer à vos méditations la remarque suivante :

Toute libération d'énergie pour être industriellement exploitable doit être telle que le bilan de l'énergie produite et de celle dépensée pour la produire soit substantiellement positif. La fission a bénéficié, à ce sujet, d'une chance inespérée en ce sens que c'est un phénomène quasi-naturel qui s'amorce et s'entretient de lui-même : il suffit de réaliser une masse critique suffisante d'Uranium. Tout cela grâce à ce merveilleux agent qu'est le neutron qui, électriquement neutre se moque des barrières de potentiel électromagnétique et qui, de plus, a, ce fait est essentiel, une durée de vie libre de quelques minutes, donc à notre échelle, ce qui nous a donné la possibilité de le faire flâner, de le modérer, de le « thermaliser » comme disent les pilologues.

Or, la fusion des éléments légers, du deutérium, se heurte à ces barrières de potentiel électromagnétiques que les noyaux à fusionner doivent vaincre au prix d'énergies énormes à leur communiquer jusqu'à ce que cette énergie maintenue suffisamment longtemps la réaction de fusion s'entretienne d'elle-même par l'énergie libérée.

Que serait-il advenu de l'exploitation industrielle de la fission si la durée de vie libre du neutron n'avait été que de quelques millièmes de seconde? On aurait constaté des fissions en laboratoire, dans la chambre de Wilson et c'est tout. Mais qu'aurait-on fait sans la thermalisation des neutrons qui a été à la base de la réaction de fission en chaîne réalisée pour la première fois par Fermi à Chicago en 1942.

Sommes-nous avec la fusion, au stade des expériences de la chambre de Wilson ou bien au stade de la Pile de Fermi?

Si, comme je le crois, vous optez pour la première proposition, beaucoup d'obstacles

nous séparent alors encore de la fusion s'entretenant d'elle-même, c'est-à-dire, industriellement exploitable.

Fission ou Fusion, l'énergie atomique offre d'une manière générale une chance à la France que sa pauvreté en ressources en énergie fossile paralyse. Certes, il y a bien la chance qui s'offre à elle du pétrole saharien. Ce pétrole nous laisse un délai précieux plus qu'elle ne modifie, croyons-nous, le fond du problème énergétique. Et l'énergie atomique se cultivera dans notre Jardin, si nous le voulons bien, ce qui est un placement sûr.

Plus spécialement l'énergie atomique est liée au développement de la Marine de demain et la France a toujours été Maritime autant que Continentale; par sa position elle le restera dans l'Europe unie de demain. En outre, notre Industrie des Constructions navales et des Machines marines ont fait preuve au cours de ces dernières années d'une belle vitalité exportatrice tellement profitable dans la conjoncture économique du Pays. Cette vitalité doit se cultiver dans les techniques nouvelles.

Alors que les peuples auparavant peu évolués accèdent aux industries faciles des biens de consommation courants, ceux plus évolués comme le nôtre ne pourront maintenir leur standing, bref le niveau social de leurs populations, que s'ils sont capables de suivre le train du progrès scientifique et technique leur permettant de se maintenir au niveau des industries de qualité et d'avant-garde. On pressent que sans une puissante évolution vers les nouvelles techniques nous serions vite réduits à l'état d'esclaves économiques.

Construction navale et énergie atomique demain étroitement solidaires sont évidemment en tête des industries de qualité. Nous ne demandons que les moyens de maintenir, demain, notre place traditionnelle dans un domaine dans lequel nous avons brillé souvent et toujours honorablement fait figure.

BIBLIOGRAPHIE

CHIMIE MINÉRALE (1)

par MM.

Louis HACKSPILL, Membre de l'Institut, Professeur honoraire à la Sorbonne.

Jean BESSON, Professeur à l'Université de la Sarre.

Albert HEROLD, Professeur à l'École Supérieure de Chimie de Mulhouse.

1° Cet ouvrage considérable, qui est le fruit d'une profonde expérience et d'une connaissance exceptionnelle de la chimie minérale, a le grand mérite d'être d'une lecture très aisée. — Il s'adresse d'abord aux candidats à la licence ès-Sciences et à l'agrégation, ainsi qu'aux élèves des écoles supérieures de chimie.

Les auteurs ont admis que leurs lecteurs possédaient les connaissances qui relèvent du programme du M. P. C.; mais ils sont revenus, chaque fois que cela était nécessaire, sur les principes de base qui font partie de cet enseignement, — ce qui facilitera beaucoup, pour certains, la lecture de cet important traité.

L'ouvrage s'adresse également aux Ingénieurs-chimistes professionnels qui n'ont pu se familiariser autant qu'ils l'auraient souhaité — souvent par manque de sources d'information — avec les notions théoriques et la terminologie de la chimie minérale d'aujourd'hui.

Le traité intéressera également les jeunes chercheurs car, loin d'être uniquement un ouvrage didactique, il leur ouvrira souvent des horizons nouveaux sur bien des chapitres de la chimie minérale encore insuffisamment connus et parfois même presque inexplorés.

Il intéressera enfin le Corps professoral lui-même qui pourra y trouver des compléments d'information et, surtout, la description d'un certain nombre d'expériences de cours particulièrement démonstratives qui, bien mieux que les exposés oraux, permettent aux étudiants de saisir l'intérêt du phénomène dont on les entretient.

2° Les « généralités » qui occupent les cent premières pages de l'ouvrage comportent notamment un exposé très clair de nos conceptions présentes sur la structure de la

matière et les isotopes; elles étudient les différentes notions de valence, celles de liaison chimique et métallique. Elles groupent enfin les notions de cristallographie géométrique et physique actuellement indispensables à tous les chimistes.

La suite de l'ouvrage offre une monographie complète de tous les éléments naturels ou artificiels caractérisés à ce jour, ainsi que leurs composés, y compris ceux sur lesquels nos connaissances actuelles sont des plus limitées, — tel l'Astate, dernier né de la famille des halogènes. — On y trouvera notamment les informations les plus récentes sur les corps qui ont acquis depuis peu un important intérêt industriel, — par exemple le Germanium, — sur ceux qui, comme le nitrure de bore, semblent avoir de proches applications pratiques, — et aussi sur ceux qui, malgré leurs propriétés, n'en ont guère reçu jusqu'à présent (le Rhénium, par exemple).

Mentionnons également le chapitre consacré à la chimie des terres rares (actinides et uranides), qui traite aussi de la radioactivité artificielle et des transuraniens et qui, dans sa concision, donne une vision très claire de ce domaine particulièrement complexe de la chimie minérale.

On notera enfin que les principales réactions chimiques étudiées par MM. Hackspill, Besson et Hérold sont généralement présentées sous leur double aspect, théorique et descriptif. — Les auteurs ont ainsi donné une base solide à l'exposé des nombreux procédés industriels que leur ouvrage contient, — ce qui permet aux étudiants de se rendre compte, dès l'origine, des liens étroits qui existent entre les réalisations techniques et la science fondamentale.

Georges BAUME.

(1) 2 volumes (1680 pages). Presses Universitaires de France.

INDEX POUR 1958 DES AUTEURS DES CONFÉRENCES PUBLIÉES

	<i>Pages</i>
MM.	
DAMIEN (René). — Tendances actuelles dans la Sidérurgie.	19
LAFONT (Alfred). — L'évolution de la conception et de la construction des coques de navires marchands.	41
LODS (Marcel). — Évolution du Domaine bâti.	1
RICARD (J. P.). — Tendances actuelles dans la conception des appareils moteurs de navires marchands.	59
Aperçus sur la propulsion atomique.	59
WAHL (Henri). — Matières et procédés nouveaux de l'Industrie tinctoriale	11

TABLE DES MATIÈRES

(Année 1958)

1°

Conférences

ÉVOLUTION DU DOMAINE BÂTI, par M. M. Lods	1
MATIÈRES ET PROCÉDÉS NOUVEAUX DE L'INDUSTRIE TINCTORIALE, par M. H. Wahl.	11
TENDANCES ACTUELLES DANS LA SIDÉRURGIE, par M. R. Damien.	19
L'ÉVOLUTION DE LA CONCEPTION ET DE LA CONSTRUCTION DES COQUES DE NAVIRES MARCHANDS, par M. A. Lafont.	41
TENDANCES ACTUELLES DANS LA CONCEPTION DES APPAREILS MOTEURS DE NAVIRES MARCHANDS, APERÇUS SUR LA PROPULSION ATOMIQUE, par M. J. P. Ricard	59

2°

Divers

Prix et Médailles attribués pour l'année 1957	57
Bibliographie	79
Index des noms d'Auteurs	80

RÉPERTOIRE QUINQUENNAL

ANNÉES 1954-58

I

RÉPARTITION

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

ARTS CHIMIQUES : AL - SI - SU - SUL - TI

ARTS CHIMIQUES ET ARTS ÉCONOMIQUES : CH

ARTS CHIMIQUES ET ARTS PHYSIQUES : CHA - IM - IS - LABO - PE - REC - RECH - RECHE -
RECHER - RH

ARTS CHIMIQUES, ARTS PHYSIQUES ET CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS : BATI - EL

ARTS ÉCONOMIQUES ET FRANCE D'OUTRE-MER : CO - PA - TE

ARTS MÉCANIQUES : AV - DI - NA - NAV - NAVI

ARTS MÉCANIQUES ET ARTS PHYSIQUES : FU

ARTS PHYSIQUES : CE - DE - EN - GE - LAB - PH - RA - RE

ARTS PHYSIQUES ET CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS : EX - LA

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS : BA - BAT

II

RÉPERTOIRE GÉNÉRAL DES MATIÈRES

ALKYLS-BENZÈNE servant de base pour la fabrication des détergents à l'Usine Standard Kuhlmann, à Marseille (Synthèse des).	1956, n° 1, p. 11
AVION D'AUJOURD'HUI (L').	1955, n° 4, p. 67
BARRAGES (Vingt-cinq ans consacrés à la construction des).	1954, n° 2, p. 41
BÂTI (Évolution du Domaine).	1958, n° 1, p. 1
BÂTIMENT ET LES TRAVAUX PUBLICS (Les laboratoires de recherche français pour le).	1957, n° 2, p. 49

BIBLIOGRAPHIQUES (Comptes Rendus) :

<i>Chimie minérale</i> (L. Hackspill, J. Besson et A. Hérol).	1958, n° 4, p. 79
<i>Minéralogie, Cristallographie (Aspects actuels)</i>	1955, n° 3, p. 65
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C. N. R. S.).	1957, n° 3, p. 61
CÉRÉMONIE DE TRANSMISSION DES POUVOIRS PRÉSIDENTIELS.	1955, n° 1, p. 19

CHAPTAL	1956-57, n° spécial
Allocution de M. G. Darrieus	p. v
Adresses des Institutions participantes	p. VII
Discours de M. Gilbert-Jules, Ministre de l'Intérieur	p. XIII
I. — Chaptal, chimiste et industriel, par M. J. Hackspill	p. XIX
II. — Chaptal, économiste et homme d'État, par M. C. J. Gignoux	p. XXIII
CHARBONNAGES DE FRANCE (CERCHAR) (L'activité du Centre d'Études et Recherches des) :	
Introduction	1956, n° 2, p. 21
Exposé.	1956, n° 2, p. 24
CONTINENTS (Les techniques à la conquête des grands)	1955, n° 3, p. 47
DÉFORMATION ÉLASTICO-VISQUEUSE ET PHÉNOMÈNES DE FATIGUE DANS LES SOLIDES.	1954, n° 3, p. 47
DIESEL DE GROSSE ET MOYENNE PUISSANCE (Principales tendances dans la construction des moteurs).	1954, n° 2, p. 29
ÉLECTROCHIMIE, D'ÉLECTROMÉTALLURGIE ET DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE (L'activité des laboratoires de recherches de la Société d').	1957, n° 3, p. 75
ENGINS PROPULSÉS (L'exploration de la haute atmosphère à l'aide des).	1957, n° 1, p. 25
EXTENSOMÈTRES A FIL RÉSISTANT. L'EXTENSOMÉTRIE ÉLECTRIQUE (Les applications industrielles des)	1957, n° 2, p. 33
FUSÉES (Problèmes d'actualité dans le domaine des).	1957, n° 1, p. 1
GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE A L'INDUSTRIE ET EN PARTICULIER A L'INDUSTRIE DU PÉTROLE (La)	1955, n° 1, p. 1
IMPHY (L'activité du Centre des Recherches d') :	
Introduction	1956, n° 3, p. 52
Exposé.	1956, n° 4, p. 57
ISOTOPES (Généralités sur la séparation industrielle des)	1955, n° 2, p. 27
LABORATOIRES DE RECHERCHE FRANÇAIS POUR LE BÂTIMENT ET LES TRAVAUX PUBLICS (Les)	1957, n° 2, p. 49
LABORATOIRES DE RECHERCHES DANS L'INDUSTRIE (Introduction générale aux conférences sur l'activité des).	1956, n° 2, p. 17
LABORATOIRES DE RECHERCHES DE LA SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE, D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE ET DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE (L'activité des).	1957, n° 3, p. 75
NAVIRE D'AUJOURD'HUI (Le).	1955, n° 4, p. 83
NAVIRES MARCHANDS (L'évolution de la conception et de la construction des coques de).	1958, n° 3, p. 41
NAVIRES MARCHANDS, APERÇUS SUR LA PROPULSION ATOMIQUE. (Tendances actuelles dans la conception des appareils moteurs de).	1958, n° 4, p. 59
NÉCROLOGIE :	
M. J. Pernollet	1956, n° 2, p. 33
PAYS NEUFS? (Dans quelle mesure faut-il favoriser l'industrialisation des).	1954, n° 4, p. 59
PECHINEY (L'activité des Services de recherches de la Cie)	1957, n° 4, p. 85
PHYSIQUE SOLAIRE (Observations et recherches actuelles de).	1957, n° 4, p. 97
PRIX ET MÉDAILLES ATTRIBUÉS POUR 1953 (Liste des)	1954, n° 4, p. 67
— — — — — 1954 —	1955, n° 3, p. 63
— — — — — 1955 —	1956, n° 3, p. 55
— — — — — 1956 —	1957, n° 3, p. 83
— — — — — 1957 —	1958, n° 3, p. 57

RADAR (Les applications du)	1955, n° 2, p. 37
RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C. N. R. S.) (Le Centre National de la)	1957, n° 3, p. 61
RECHERCHES DES CHARBONNAGES DE FRANCE (CERCHAR) (L'activité du Centre d'Études et) :	
Introduction	1956, n° 2, p. 21
Exposé	1956, n° 2, p. 24
RECHERCHES D'IMPHY (L'activité du Centre des) :	
Introduction	1956, n° 3, p. 52
Exposé	1956, n° 4, p. 57
RECHERCHES DE LA C^{ie} PECHINEY (L'activité des Services de)	1957, n° 4, p. 85
RECHERCHES NICOLAS GRILLET DE LA STÉ RHÔNE-POULENC (Le Centre de)	1956, n° 3, p. 35
RHÔNE-POULENC (Le Centre de recherches Nicolas Grillet de la Sté)	1956, n° 3, p. 35
ROYAL SOCIETY OF ARTS (Adresse de la)	1955, n° 3, p. 62
SÉANCES PUBLIQUES (Comptes Rendus des) :	
<i>Séance du 17 mars 1955</i>	1955, n° 3, p. 55
Remise du Grand Prix Lamy à la C ^{ie} Pechiney :	
Allocution initiale de M. G. Darrieus	p. 55
Rapport de M. C. J. Gignoux	p. 57
Intervention de M. A. Caquot	p. 60
Allocution de réponse de M. R. Piaton	p. 60
Allocution finale de M. G. Darrieus	p. 61
<i>Séance du 26 mai 1955</i>	1955, n° 3, p. 61
(Décès de M. André Claude).	
<i>Séance du 1^{er} mars 1956</i>	1956, n° 3, p. 45
Remise du Grand Prix Lamy à la Société Métallurgique d'Imphy :	
Introduction et rapport de M. G. Darrieus	p. 45
Allocution de réponse de M. le Baron Hély d'Oissel	p. 51
<i>Séance du 2 juin 1956</i>	1956, n° 4, p. 81
Remise de la Grande Médaille annuelle à M. Francis Perrin; rapporteur :	
M. le Duc de Broglie	p. 81
Remise de la Médaille Louis Pineau, à titre posthume, à M. Ernest Mercier;	
rapporteur : M. l'Ingénieur général P. Dumanois	p. 84
<i>Séance du 8 novembre 1956</i>	1956, n° 4, p. 86
Remise du Grand Prix d'Argenteuil à M. Louis Leprince-Ringuet; rapporteur :	
M. A. Pérard.	
SIDÉRURGIE (Tendances actuelles dans la)	1958, n° 2, p. 19
SULFATES D'ALCOOLS NATURELS ET SYNTHÉTIQUES (Les)	1956, n° 1, p. 1
SULFURIQUE DANS LES RÉACTEURS EN FER (La fabrication intensive de l'acide)	1954, n° 1, p. 3
TECHNIQUES A LA CONQUÊTE ÉCONOMIQUE DES GRANDS CONTINENTS (Les)	1955, n° 3, p. 47
TINCTORIALE (Matières et procédés nouveaux de l'Industrie)	1958, n° 1, p. 11
VŒUX ET RÉSOLUTIONS	
concernant : 1° la Libération des Échanges; 2° la Productivité et la reconversion; 3° l'Autofinancement	1955, n° 1, p. 23
concernant la coordination de l'action chimique et de l'action biologique dans la lutte contre les ennemis des cultures	1955, n° 1, p. 25

III

INDEX DES AUTEURS DE TEXTES

A) publiés.

ARMAND (L.)	1955, n° 3, p. 47	LAFONT (A.)	1958, n° 3, p. 41
AZAMBUJA (L. d')	1957, n° 4, p. 97	LE BOITEUX (H.)	1954, n° 3, p. 47
		L'HERMITE (R.)	1957, n° 2, p. 49
BAUME (G.)	1958, n° 4, p. 79	LODS (M.)	1958, n° 1, p. 1
BLONDEL (F.)	1954, n° 4, p. 59	LOISON (R.)	1956, n° 2, p. 24
BROGLIE (Duc de)	1956, n° 4, p. 81		
		MARTERET (J.)	1956, n° 3, p. 35
CHERADAME (R.)	1956, n° 2, p. 21	MESSIEZ-POCHE (J.)	1954, n° 2, p. 2
CHEVENARD (P.)	1956, n° 2, p. 17	MIGAUX (L.)	1955, n° 1, p. 1
—	1956, n° 3, p. 52	MOUREUX (H.)	1957, n° 1, p. 1
COGAN (M.)	1956, n° 1, p. 1		
COULOMB (J.)	1957, n° 3, p. 61	NICOLÉTIS (J.) ET SALSAS-	
COYNE (A.)	1954, n° 2, p. 41	SERRA (F.)	1954, n° 1, p. 3
DAMIEN (R.)	1958, n° 2, p. 19	PÉRARD (A.)	1956, n° 4, p. 86
DARRIEUS (G.)	1955, n° 3, p. 55	PERRIN (R.)	1957, n° 3, p. 75
—	1955, n° 3, p. 61	PIATON (R.)	1955, n° 3, p. 60
—	1956, n° 3, p. 45		
—	1956-57, n° spécial		
DUMANOIS (P.)	1956, n° 4, p. 84	RAPIN (P.)	1957, n° 2, p. 33
		RICARD (J. P.)	1955, n° 4, p. 83
DUPRÉ (R.)	1955, n° 4, p. 67	—	1958, n° 4, p. 59
FRÉJACQUES (M.)	1957, n° 4, p. 85	SALSAS-SERRA (F.) ET NICO-	
GAY (R.)	1956, n° 1, p. 11	LETIS (J.)	1954, n° 1, p. 3
GIGNOUX (C. J.)	1955, n° 3, p. 57		
—	1956-57, n° spécial		
GILBERT-JULES	1956-57, n° spécial	VASSY (E.)	1955, n° 2, p. 37
GUÉRON (J.)	1955, n° 2, p. 27	—	1957, n° 1, p. 25
HACKSPILL (J.)	1956-57, n° spécial	WACHÉ (X.)	1956, n° 4, p. 57
HÉLY D'OISSEL (Baron)	1956, n° 3, p. 51	WAHL (H.)	1958, n° 1, p. 11

B) ayant fait l'objet de comptes rendus.

BESSON (J.), HÉ-		HACKSPILL (L.), BESSON	
ROLD (A.) et		(J.) et HÉROLD (A.)	Ouvrage 1958, n° 4, p. 79
HACKSPILL (L.) .	Ouvrage 1958, n° 4, p. 79		
		HÉROLD (A.), HACKSPILL	
CAQUOT (A.) . . .	Intervention 1955, n° 3, p. 60	(L.) et BESSON (J.) . .	Ouvrage 1958, n° 4, p. 79

Le Président de la Société, Directeur Gérant : G. DARRIEUS.

D. P. n° 1080

ÉDITIONS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

I. — PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Le Bulletin Signalétique

ABONNEMENT ANNUEL (y compris la Table des auteurs)

	FRANCE ÉTRANGER	
PREMIÈRE PARTIE. — Mathématiques; Physique; Chimie; Sciences de l'Ingénieur . .	10 000 F	12 000 F
DEUXIÈME PARTIE. — Biologie; Physiologie; Zoologie; Agriculture)	10 000 F	12 000 F
TROISIÈME PARTIE. — Philosophie; Sciences Humaines.	4 000 F	5 000 F
Des Tirés à Part sont également mis en vente par abonnement.		

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS : s'adresser au « Centre de Documentation du C. N. R. S. »
16, rue Pierre-Curie (PARIS V^e).

II. — OUVRAGES

COTTON A. — Œuvres Scientifiques	1 400 F
LONGEVIN P. — Œuvres Scientifiques	2 400 F
PERRIN J. — Œuvres Scientifiques	1 800 F
ALLOITEAU James. — Contribution à la systématique des Madréporaires Fossiles. Ouvrage relié au format 21 × 27, comptant : un volume de texte de 464 pages. Un volume de planches de 107 pages	4 500 F
Franco.	4 700 F
NAHMIA S. — Le neutrino	240 F
FRANÇON. — Le microscope à contraste de phase et le microscope interférentiel	1 000 F
GRIVET. — La résonance paramagnétique nucléaire (relié plein pelliore rouge)	1 800 F
SURUGUE. — Technique Générale du Laboratoire de Physique. Tome I. — 2 ^e Édition, relié plein pelliore rouge	2 400 F
Tome II. — Broché.	1 800 F
Tome III. — Broché.	2 700 F
Cartonné.	3 000 F
ROSE. — Tables et Abaques (relié plein pelliore rouge)	1 500 F

Centre d'Études Mathématiques en vue des Applications

Institut Henri Poincaré.

1. — MONOGRAPHIES

A) Applications des théories Mathématiques :

FORTET R. — Éléments de calcul des probabilités.	1 200 F
PETIAU G. — La théorie des Fonctions de Bessel exposée en vue de ses applications à la Physique mathématique (relié plein pelliior rouge)	2 500 F
DUMAS M. — Les épreuves sur échantillon (relié plein pelliior rouge)	1 000 F

C) Physique Mathématique :

DESTOUCHES J. L. — Principes de la mécanique classique	350 F
VOGEL Th. — Les fonctions orthogonales dans les problèmes aux limites de la physique mathématique.	1 200 F

2. — LE FORMULAIRE DE MATHÉMATIQUES

A L'USAGE DES PHYSICIENS ET DES INGÉNIEURS

rédigé par les membres du Centre d'Études Mathématiques en vue des applications,
sous la direction de Monsieur le Professeur FRECHET.

Fascicule VII. — Équations aux dérivées partielles.	800 F
Fascicule IX. — Fonctions de la Physique Mathématique.	800 F
Fascicule XII. — Calcul des probabilités	600 F

Le Formulaire de Mathématiques comprendra 13 fascicules.

III. — COLLOQUES INTERNATIONAUX

LIII. — Études des molécules d'eau dans les solides par les ondes électromagnétiques	1 800 F
LIV. — Rôle du cortège électronique dans les phénomènes radioactifs	1 200 F
LV. — Les principes fondamentaux de la classification stellaire (relié plein pelliior rouge)	1 200 F
LVI. — L'hydroxycarbonylation.	1 000 F
LVII. — Aspects généraux de la Science des macromolécules (relié plein pelliior rouge).	1 000 F
LVIII. — Les techniques récentes en microscopie électronique et corpusculaire (relié pelliior)	2 000 F
LIX. — Les divisions écologiques du monde. Moyens d'expression nomenclature et cartographie (relié plein pelliior vert).	800 F
LX. — Problèmes actuels de paléontologie (relié pelliior)	1 300 F
LXI. — L'état actuel des connaissances sur les propriétés électriques et magnétiques des lames métalliques minces en liaison avec leur structure	1 000 F
LXII. — Les modèles dynamiques en économétrie (relié pelliior).	2 500 F
LXV. — Analyse factorielle et ses applications (relié pelliior)	1 500 F
LXVI. — La biochimie du soufre chez les animaux supérieurs (relié pelliior)	1 300 F
LXVIII. — Les échanges de matières au cours de la genèse des roches grenues, acides et basiques	3 000 F
LXXI. — La théorie des équations aux dérivées partielles (relié plein pelliior).	1 500 F
LXXII. — La luminescence des corps cristallins anorganiques.	2 000 F
LXXIII. — Les botanistes français en Amérique du Nord.	2 400 F

RENSEIGNEMENTS ET VENTE AU : Service des Publications du C. N. R. S., 13, Quai Anatole-France
(PARIS VII^e) Tél. INV. 45-95. C.C.P. Paris 9061/11

Le CATALOGUE GÉNÉRAL, dont ce qui précède n'est qu'un extrait, est envoyé sur simple demande

PRODUITS CHIMIQUES

pour

INDUSTRIE

PHARMACIE

PARFUMERIE

CÉRAMIQUE

AGRICULTURE

MATIÈRES PLASTIQUES

"RHODOID" Acétate de cellulose

"RHODOPAS" Résines vinyliques

"RHODORSIL" Silicones

"RHODESTER" Résines polyesters

**RHÔNE
POULENC**

21, RUE JEAN-OUJON • PARIS • BAL. 22-94 •

**LE VIDE
LES RAYONS X
LA HAUTE TENSION**

*au Laboratoire
à l'Atelier*



COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE

DEPARTEMENT INDUSTRIEL

34, BOULEVARD DE VAUGIRARD — PARIS-XV°
SUF. 50-04

**Compagnie Générale
de GÉOPHYSIQUE**

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

50, rue Fabert, PARIS (7°)

Téléphone : INVALIDES 46-24



La C. I. M. assure au Havre le trafic des hydrocarbures à destination des Raffineries de la Basse-Seine et des Dépôts de la Région Parisienne.

Au Havre : Bassins accessibles aux plus grands navires pétroliers et capacité de stockage de 430.000 m³

A Gennevilliers : Dépôt spécialisé de 41.200 m³

COMPAGNIE INDUSTRIELLE MARITIME

Concessionnaire du Port Autonome du Havre

36, rue de Liège

PARIS (VIII^e)

EUROPE 44-30

Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 1.808.000.000 de francs

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

Registre du Commerce Seine 54 B 4990

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

CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENT D'USINES HYDROÉLECTRIQUES
ET DE CENTRALES THERMIQUES

USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS

RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A HAUTE TENSION

ÉLECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER

RÉSEAUX D'ÉLECTRIFICATION RURALE

CITÉS OUVRIÈRES - ÉDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU

AÉROPORTS - OUVRAGES D'ART

ROUTES - CHEMINS DE FER

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17°.

ALGER - CASABLANCA

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

BÉTON ARMÉ

TRAVAUX PUBLICS

CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

SOCIÉTÉ
LE CARBONE-LORRAINE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1.080.000.000 DE FRANCS

45, Rue des Acacias - PARIS (17^e) — Tél. : GALvani 59-62

CHARBONS
pour l'ÉLECTROTECHNIQUE

Anodes, frotteurs, contacts, pièces diverses • Charbons d'arc et de piles
Charbons pour microphones • Résistances électriques, etc.



CHARBONS
pour l'INDUSTRIE CHIMIQUE

Échangeurs thermiques en graphite polyblocs
Grilles, bacs, tuyauteries, pièces diverses.

Société
des Aciéries de **POMPEY**

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

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

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

Tous Aciers de Construction et d'Outillage

APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES

P. CHEVENARD

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



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

4-6, Passage Louis-Philippe
PARIS (11^e)

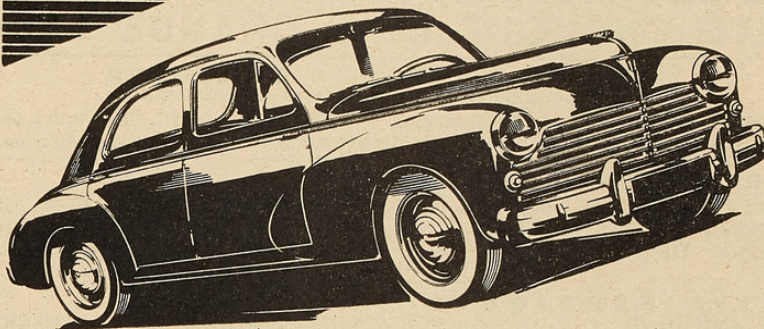
L'AIR LIQUIDE

75, QUAI D'ORSAY - PARIS 7^e INV. 44-30

Air, oxygène,
Azote comprimés ou
liquides
Argon, gaz rares extraits
de l'air
Acétylène dissous
Soudage, oxycoupage
Appareils de séparation
de tous mélanges
gazeux par liquéfaction
et rectification
Eau oxygénée et
perborate de soude

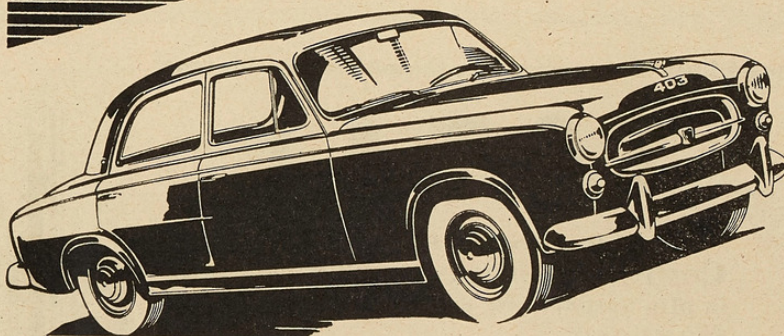
**178
USINES
DANS LE
MONDE**

203



LA PUBLICITÉ FRANÇAISE

403



SÉCURITÉ - ROBUSTESSE

CONFORT-ÉCONOMIE

203 - 403



Peugeot

la qualité qu'on ne discute pas

L'Industrie nationale - Octobre-Décembre 1958

10

SOCIÉTÉ CHIMIQUE de la GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 1.399.700.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 8, rue Cognacq-Jay - PARIS (VII^e) ♦ Tél. : INV. 44-30 à 44-38

R. C. Seine n° 55 B 12665

Adr. Télégr. : GRANPARG-PARIS

N° d'Entreprise 351.75.107.0011

INSTALLATIONS D'USINES :

SYNTHÈSE DE L'AMMONIAQUE (Procédés Georges Claude) ENGRAIS AZOTÉS

SYNTHÈSE DE L'ALCOOL MÉTHYLIQUE

CRISTALLISATION DES SELS (Licence Krystal)

RECUIT BRILLANT (Licence I. C. I.)

DISTILLATION A BASSE TEMPÉRATURE (des schistes, lignites, etc.)

HYDROGÈNE ET GAZ DE VILLE PAR CRACKING

ET CONVERSION DES HYDROCARBURES

PRODUITS FABRIQUÉS :

AMMONIAC ANHYDRE

ALCALI A TOUS DEGRÉS

ENGRAIS AZOTÉS

USINES OU ATELIERS : GRAND-QUEVILLY (Seine-Maritime) - WAZIERS (Nord) - FRAIS-MARAIS (Nord) - PARIS, 25 rue Vicq-d'Azir - AUBERVILLIERS (Seine), 65, rue du Landy

Chaque jour de nouveaux automobilistes adoptent

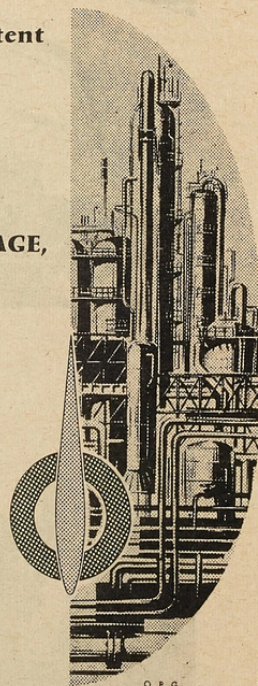
TOTAL

qui leur donne la garantie de la
COMPAGNIE FRANÇAISE DE RAFFINAGE,
la plus importante entreprise française
de raffinage.

Celle-ci dispose dans ses raffineries de
GONFREVILLE L'ORCHER (Seine-Maritime) et de LA MÈDE
(Bouches-du-Rhône) :

- de la plus grosse capacité française de traitement : 9.500.000 tonnes de pétrole brut par an ;
- de la plus grosse unité de distillation existant en France ;
- de la plus grosse unité de cracking catalytique du continent européen ;
- de tout un ensemble d'unités de fabrication d'huiles de graissage, mettant en œuvre les techniques les plus modernes, par solvants sélectifs ;
- des laboratoires de recherche et de contrôle les plus importants de l'industrie pétrolière en France.

TOTAL



PROGIL

Société Anonyme au Capital de 2.500.000.000 de Francs
79, Rue de MIROMESNIL, PARIS 8^e. Tél. Laborde 91-60

PRODUITS CHIMIQUES INDUSTRIELS

CHLORE — SOUDE — EXTRAIT DE JAVEL
SOLVANTS CHLORÉS, HYDROGÉNÉS ET DÉSHYDROGÉNÉS
SULFURE DE CARBONE
ORTHOPHOSPHATES ET POLYPHOSPHATES DE SOUDE
SILICATES ET MÉTASILICATE DE SOUDE

EXTRAITS TANNANTS ET TANINS SYNTHÉTIQUES
PRODUITS CHIMIQUES POUR LA TANNERIE

CELLULOSE — PAPIERS

CRYPTOGILS ET XYLOPHÈNES POUR LA PROTECTION DES BOIS
FLUIDES DE CHAUFFAGE " GILOTERM "
PARADICHLOROBENZÈNE
PRODUITS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX " GILTEX "
EXTRAIT " DREX " POUR BOUES DE FORAGE

*Ingénieurs spécialisés et Laboratoires à la disposition de toutes Industries
Notices sur demande adressée à PROGIL, 79, rue de Miromesnil — PARIS 8^e*

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

ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
É T A I N

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

TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

COMPAGNIE INDUSTRIELLE
DES PILES ÉLECTRIQUES

CIPEL

Société Anonyme au Capital de 517.500.000 Francs.

98 ter, Bd Heloise, ARGENTEUIL (S.-&-O.).

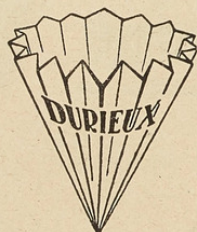
Piles " AD "

à grande capacité
pour SIGNALISATION
TÉLÉPHONES
TÉLÉGRAPHES
etc...

Piles " MAZDA "

ÉCLAIRAGE PORTATIF
AMPOULES
BATTERIES
BOITIERS
RADIO

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52x52

SPÉCIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

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

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

Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

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

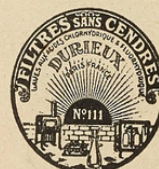
Registre du Comm. de la Seine N° 722.521-2-3

Téléphone : ARCHIVES 03-51

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

20, rue Malher, PARIS (4°)

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



ETABLISSEMENTS
KUHLMANN

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 6.455.000.000 de FRS

Siège Social : 11, rue de La Baume, PARIS (8^e)



PRODUITS CHIMIQUES

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



PRODUITS POUR L'AGRICULTURE

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



PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES

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



TEXTILES CHIMIQUES

RAYONNE VISCOSE - FIBRANNE VISCOSE - CRINODOZ

COMPAGNIE FRANÇAISE
THOMSON-HOUSTON

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.844.640.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 173, BOULEVARD HAUSSMANN, PARIS-VIII^e

Télégr. *Elibu* 42 Paris



Téléphone : ÉLYSÉES 83-70

ÉLECTRONIQUE — Toutes applications professionnelles de l'Électronique et de la Nucléonique - Radiodiffusion - Télévision - Radiocommunications - Radars - Projets spéciaux - Tubes électroniques - Diodes - Redresseurs - Transistors - Cristaux pour hyperfréquences.

CABLES — Cuivre, Aluminium, Almelec en Fils, Câbles, Méplats - Fils et Méplats émaillés - Fils guipés - Câbles incombustibles - Fils et Câbles électriques isolés pour toutes applications.

PETIT MATÉRIEL — Appareils ménagers - Chauffage et Cuisine domestiques - Machines à laver domestiques et professionnelles - Rasoirs électriques - Appareillage - Matériel frigorifique, etc...

Récepteurs de T.S.F. et de Télévision, Électrophones, Disques "DUCRETET THOMSON"

