

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

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

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1958 n° 3 (juil.-sept.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1958

Collation	1 vol. (p. [41]-58) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	36
Cote	INDNAT (44)
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.44

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° 3

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° 3 : JUILLET-SEPTEMBRE 1958

SOMMAIRE

L'ÉVOLUTION DE LA CONCEPTION ET DE LA CONSTRUCTION DES COQUES DE NAIVRES MARCHANDS,

par M. Alfred LAFONT. 41

*

PRIX ET MÉDAILLES ATTRIBUÉS POUR L'ANNÉE 1957. 57

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

Le n° 750 F.

C. C. P. Paris n° 618-48

LE NAVIRE MODERNE (1).

L'ÉVOLUTION DE LA CONCEPTION ET DE LA CONSTRUCTION DES COQUES DE NAVIRES MARCHANDS (1)

par M. Alfred LAFONT,

*Ingénieur A. et M., Ingénieur de réserve du Génie Maritime,
Directeur Technique des Chantiers de l'Atlantique à Saint-Nazaire.*

Le transport par eau a été utilisé par les hommes depuis la plus haute antiquité et a représenté pendant les siècles écoulés, jusqu'au milieu du XIX^e, le moyen de transport justifiant le mieux la puissance et la richesse des nations.

Mais ces navires, qui bénéficient de la portance de l'eau et, autrefois, de la force des vents, ont la redoutable contre-partie de se mouvoir sur une surface rarement calme et dont les mouvements obéissent à des lois certes naturelles, mais combien imprévisibles et chaotiques.

De là sans doute vient le fait que, durant de longs siècles, la construction des navires a été tributaire non seulement des progrès de la propulsion et de la technologie, mais encore d'une tradition évoluant lentement.

Depuis un siècle et plus particulièrement dans les 20 années qui viennent de s'écouler, cette technique de la construction des coques s'est mise à évoluer rapidement, et cela a correspondu à l'apparition de la propulsion mécanique, à la substitution du fer, puis de l'acier, au bois; plus récemment, de la sou-

dure au rivetage et, parallèlement, aux études théoriques et expérimentales poussées sur la dynamique du navire, sur sa tenue à la mer et, enfin, sur les forces en jeu et leur distribution dans la charpente du navire.

C'est de cette évolution que je voudrais vous entretenir aujourd'hui pour vous montrer finalement où en est actuellement la construction des coques de navires et quelles sont les perspectives que l'on peut raisonnablement faire pour les années à venir.

Je ne ferai appel qu'à des notions correspondant à des ordres de grandeur et je me suis inspiré des nombreuses études publiées par divers Architectes navals et, en particulier, par Mr Kenneth S. M. Davidson, des travaux duquel j'ai extrait quelques-uns des graphiques qui illustrent ce texte.

L'aspect économique du transport est caractérisé essentiellement par le déplacement Δ et la vitesse V du navire. Le produit ΔV pour un navire déterminé qualifie bien le service rendu.

(1) Conférence faite le 16 janvier 1958 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.
L'Industrie nationale. — juillet-septembre 1958.

Le paramètre $\Delta/L/100^3$ caractérise la finesse du navire. Pour un déplacement donné, le navire est d'autant plus fin que sa longueur est plus grande et que ce paramètre est plus petit.

Le paramètre $V/\Delta^{1/6}$ est étroitement lié à la résistance par tonne de déplacement et, corrélativement, à la puissance propulsive, ainsi qu'à la consommation par mille parcouru.

Pour des navires semblables, la résistance totale R à une vitesse V peut s'écrire

$$R = \alpha \Delta^{2/3} V^{1,825} + \beta \Delta^{2/3} V^2$$

frottement rencontre

c'est-à-dire avec l'approximation qui nous suffit :

$$R = K \Delta^{1/3} V^2$$

d'où :

$$\frac{R}{\Delta} = K \left[\frac{V}{\Delta^{1/6}} \right]^2$$

Soit P la puissance nécessaire pour propulser le navire à une vitesse V .

Si η est le rendement propulsif global

$$P = \frac{RV}{\eta},$$

la puissance par tonne de déplacement à la vitesse V est :

$$\frac{P}{\Delta} = \frac{R}{\Delta} \frac{V}{\eta}$$

et la consommation par mille parcouru et par tonne de déplacement, élément essentiel qui caractérise l'économie du transport, est proportionnelle à

$$\frac{P}{\Delta V} \quad \text{soit} \quad \frac{R}{\Delta} \times \frac{1}{\eta}.$$

On voit que le coefficient $\frac{P}{\Delta V}$ est, pour un navire donné, fonction de

$$\frac{R}{\Delta} \quad \text{donc de} \quad \left[\frac{V}{\Delta^{1/6}} \right]^2$$

Il est le même pour des navires semblables fonctionnant au même $\frac{V}{\Delta^{1/6}}$. Enfin, pour des

navires différents et pour un même $\frac{V}{\Delta^{1/6}}$, il

est fonction de la finesse de la coque $\Delta/L/100^3$ — il est d'autant plus faible que ce coefficient est plus petit.

L'examen de l'évolution de ces divers paramètres est très instructif.

Le tableau ci-après indique la variation de Δ , V , ΔV et $V/\Delta^{1/6}$ pour quelques navires type, depuis l'embarcation des Vikings jusqu'aux super-pétroliers de 120 000 t encore dans les cartons mais prêts à voir le jour, ou jusqu'aux paquebots de 55 000 t à 32 nœuds actuellement en service ou en construction.

	Δ	V moyenne à la mer	ΔV	$V/\Delta^{1/6}$
<i>Voile :</i>				
Vikings (bois)	60 t	3	180	1,5
Caravelle (xv ^e siècle)	80 t	3,5	280	1,7
Clippers 1850	3 000 t	6,5	19 000	1,7
<i>Propulsion mécanique et construction acier :</i>				
1857 Great Eastern	27 000 t	11	297 000	2,00
1900 Cargos	8 000 t	8	64 000	1,78
1945 Victory	16 000 t	16	256 000	3,20
1950 Pétrolier	43 000 t	17	731 000	2,88
1960 Superpétrolier	160 000 t	19	3 040 000	2,60
1960 Paquebot France	55 000 t	32	1 760 000	5,20

Les vitesses indiquées sont des vitesses en nœuds et en service à la mer. Pour les navires à propulsion mécanique, elles ne s'écartent pas notablement des vitesses maxima aux essais; il en est fort différemment des navires à voile qui, par vent favorable, pouvaient soutenir plusieurs jours durant des

vitesses de 2 à 3 fois supérieures aux vitesses indiquées ci-dessus.

On voit que, depuis l'embarcation des Vikings jusqu'aux clippers de 1850, le produit ΔV avait été multiplié seulement par 100, le rapport $V/\Delta^{1/6}$ restant sensiblement constant.

Il en résulte que les efforts dans la mâture étaient pratiquement proportionnels à Δ et qu'il a pu y avoir là, par les possibilités du gréement, une première limitation du déplacement.

D'autre part, la construction en bois se prêtait fort mal aux liaisons longitudinales, et la possibilité d'obtenir des échantillons de bois suffisants a certainement été une autre cause de limitation du déplacement. Il aurait fallu, en effet, que les échantillons augmentent comme $\Delta^{2/3}$, ainsi que nous le montrerons tout à l'heure.

Un point singulier dans le tableau, c'est le « Great Eastern », œuvre révolutionnaire pour son époque et qui portait en puissance les conceptions structurales suivies couramment aujourd'hui. Nous aurons à y revenir, mais il faut noter qu'en fait, il faut attendre près de 100 ans pour retrouver des produits ΔV du même ordre sur le « Victory ».

Quoi qu'il en soit, entre 1850 et 1950, à l'exception du « Great Eastern », le produit ΔV est multiplié par 40. En 1960, il pourra atteindre 3 000 000, représentant, par rapport à 1850, un coefficient multiplicateur de 150, c'est-à-dire largement supérieur à celui qui avait été atteint de l'an 1000 à l'an 1850, soit pendant près de 10 siècles.

La variation du coefficient $V/\Delta^{1/6}$ est beaucoup moins sensible; celui-ci se répète, en effet, d'une façon considérable, sur le coefficient

$$\frac{P}{\Delta V}$$

et, pour rester dans des limites économiques, impose la diminution de $\Delta/(L/100)^3$, c'est-à-dire, toutes choses égales d'ailleurs, l'accroissement des dimensions.

La figure n° 1 donne une image de ce phénomène.

En abscisses est porté le paramètre $V/\Delta^{1/6}$, V en nœuds, Δ en tonnes, et, en ordonnée, le paramètre $P/\Delta V$ exprimé en unités homogènes qui constitue, comme nous l'avons vu, une « poussée spécifique ».

Pour différentes valeurs du paramètre $\Delta/(L/100)^3$, Δ en tonnes, L en pieds, on a tracé des courbes moyennes donnant la variation de $P/\Delta V$ en fonction de $V/\Delta^{1/6}$. On voit que ces courbes ont grossièrement une courbe enveloppe à leur partie inférieure qui présente en somme la solution économique du problème.

On observe, compte tenu des proportions existant entre la longueur, la largeur et le tirant d'eau, proportions dont les limites sont imposées par d'autres considérations de tenue à la mer, de stabilité, de résistance des matériaux, que le rapport $\Delta/(L/100)^3$ varie, pour les navires de mer marchands existants, entre 175 et 50. On voit que la « poussée spécifique » économique est intimement liée à l'affinement du navire.

Sur ce graphique, nous examinerons, par exemple, le cas particulier des grands transatlantiques existants ou en construction.

Nous avons, avec un déplacement $\Delta = 55\,000$ t, une vitesse $V = 31,5$ une longueur de flottaison très sensiblement égale à 1 000 pieds (300 m), soit $V/\Delta^{1/6} = 5,10$ et $\Delta/(L/100)^3 = 55$. Le coefficient $P/\Delta V$ est égal à 0,01 environ.

Ce point se situe sur la courbe asymptotique que nous avons tracée, et il est intéressant de noter l'influence possible d'une variation de degré de vitesse.

On voit, en effet, qu'un accroissement relativement peu important de $V/\Delta^{1/6}$ devrait conduire, pour rester sur cette courbe, à une diminution sensible de $\Delta/(L/100)^3$, c'est-à-dire à un affinement encore plus prononcé de la carène. Or, avec $\Delta/(L/100)^3 = 55$, nous avons déjà une carène ayant un block coefficient (volume/produit longueur $\times$ largeur $\times$ tirant d'eau) de 0,54, c'est-à-dire un block coefficient très faible. Sa diminution entraînerait, à dimensions égales, non seulement des problèmes d'architecture navale plus difficiles à résoudre, mais encore une diminution très sensible du déplacement ou encore des possibilités du navire.

On peut montrer d'une autre façon comment les dimensions et les caractéristiques du paquebot « France » en construction ont été obtenues en fonction même du problème qui avait été posé : vitesse et nombre de passagers.

Sur la figure n° 2, où figurent en abscisses les longueurs, en ordonnées les puissances de remorquage, nous avons tracé une famille de courbes, chacune d'elles reproduisant, pour un déplacement donné et à la vitesse de 31 nœuds, la variation de la puissance de remorquage en fonction de la longueur choisie.

On voit, effectivement, que, pour le déplacement de 55 000 t, qui est celui correspon-

dant par ailleurs à la taille du navire, nécessitée par le nombre de passagers à transporter, c'est bien la longueur de 300 m (c'est-à-dire 1 000 pieds) qui correspond à l'aspect économique de la propulsion. Cette interdépendance : vitesse, longueur, capacités de transport, que nous venons de mettre en évidence, a conduit, avant la guerre, la Cie Générale Transatlantique et la Cunard à construire séparément, pour un horaire, c'est-à-dire une vitesse déterminée, des navires ayant des dimensions et des capacités de transport très voisines.

Si, sur la figure n° 2, nous traçons une horizontale, nous voyons par exemple que la même puissance en valeur absolue est nécessaire pour déplacer à 31 nœuds :

un navire de 203 m et de 30 000 t de déplacement,

un navire de 225 m et de 40 000 t de déplacement,

un navire de 290 m et de 55 000 t de déplacement.

Pour les grandes vitesses, le diagramme n° 2 montre qu'un gain important peut être fait sur la poussée spécifique, si le rapport $\Delta/(L/100)^3$ peut être descendu en dessous de 50. Avec un degré de vitesse égal à 10 et en portant le rapport $\Delta/(L/100)^3$ de 50 à 25, on peut diminuer d'un tiers la poussée spécifique. En fait, aucun grand navire n'a jamais été construit avec un tel rapport inférieur à 50.

Une part très importante de la résistance est due aux vagues engendrées à la surface libre du liquide par la carène qui s'y meut, et le phénomène est d'autant plus sensible que le degré de vitesse est plus élevé.

Un sous-marin profondément immergé diminue considérablement cette résistance de vague pour ne plus conserver que la résistance de frottement.

Sur le même diagramme, nous avons fait figurer, d'après Davidson, une courbe nettement optimiste pour la poussée spécifique du sous-marin; ne créant plus de vague, le sous-marin n'a plus à être affiné comme un navire de surface, et le rapport $\Delta/(L/100)^3$ peut même atteindre un chiffre voisin de celui des gros navires de charge.

On constate cependant qu'aux degrés de vitesse faible, la poussée spécifique du sous-marin est plus élevée que celle du navire de surface, et cela est grossièrement explicable.

A ces degrés de vitesse, la poussée nécessaire pour vaincre le frottement constitue également un élément important de la poussée totale pour le navire de surface. Or, toutes choses égales d'ailleurs, il est évident que le navire de surface a une surface mouillée plus faible que le sous-marin; c'est là un des avantages sensibles qui résulte du fait qu'il se meut à cheval sur la surface de séparation de deux fluides de densité très différente.

Il en est tout autrement si on considère les degrés de vitesse plus élevés. Si, en effet, on considère que le rapport $\Delta/(L/100)^3 = 50$ constitue actuellement une limite raisonnable de la finesse des grands navires de surface, on constate que le sous-marin devient plus avantageux en ce qui concerne la poussée spécifique à partir d'un degré de vitesse voisin de 6,5.

En d'autres termes, à ce point limite et pour un déplacement de 10 000 t par exemple, on voit qu'à 30 nœuds, un sous-marin de 120 m de long environ exigera la même puissance qu'un navire de surface de 180 m de long et de 10 000 t de déplacement.

Si on atteignait un degré de vitesse de 8 par exemple, la puissance du même sous-marin devrait être multipliée par 1,7 environ, sans modification des dimensions, alors que le navire de surface devrait voir sa longueur multipliée par 1,25 environ, c'est-à-dire portée à près de 230 m — les vitesses correspondantes seraient voisines de 42 nœuds.

Toute question de devis de poids de construction et de réalisation d'appareil moteur mise à part, on voit donc que le sous-marin peut devenir intéressant en ce qui concerne la puissance spécifique lorsqu'on atteindra des vitesses élevées.

Un phénomène qui peut limiter la valeur absolue de la vitesse à atteindre est l'apparition des phénomènes de cavitation. On peut raisonnablement préciser que de tels phénomènes sont localement susceptibles d'apparaître sur la coque d'un navire de surface lorsque l'on atteindra une vitesse voisine de 40 nœuds.

Si l'on voulait construire un liner à 40 nœuds en restant dans des limites que l'on peut considérer encore comme économiques pour les proportions du navire, c'est-à-dire : d'une part $\Delta/(L/100)^3 = 50$ et, d'autre part, une poussée spécifique $P/\Delta V$ voisine de 0,01, ceci conduit à un $V/\Delta^{1/6}$ restant voisin de 5.

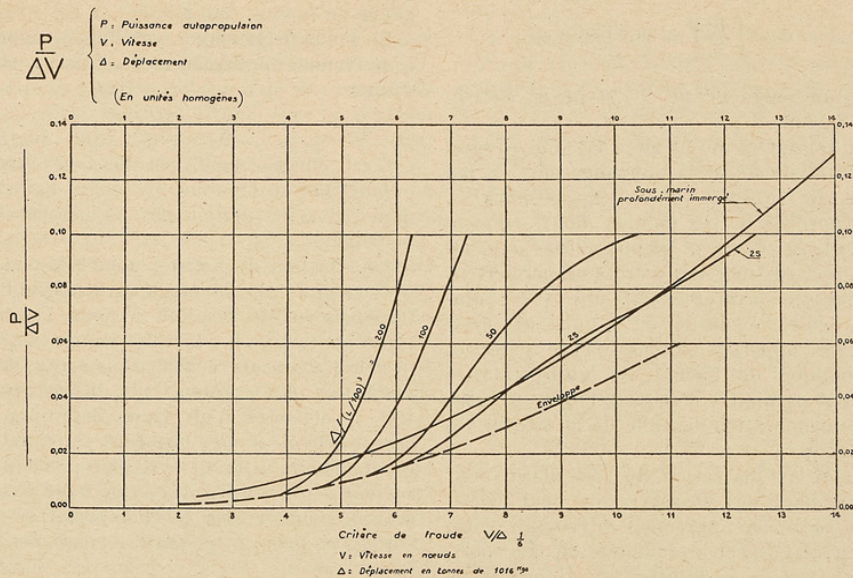


Fig. 1.

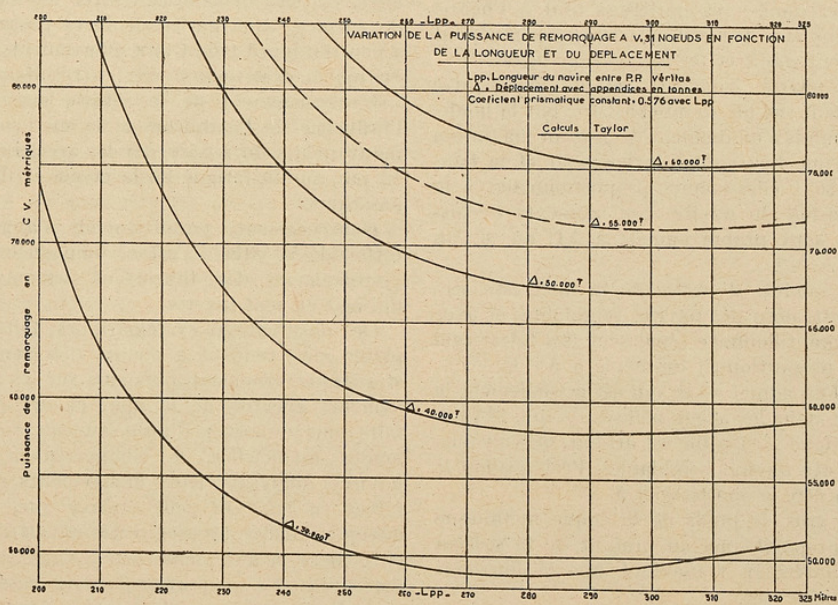


Fig. 2.

Pour 40 nœuds, ceci correspondra donc à

$$\Delta = \left[\frac{40}{5} \right]^6 = 260\,000 \text{ t.}$$

et à une longueur de 1 720 pieds, c'est-à-dire 525 m.

Un tel navire aurait alors 17,50 m environ de tirant d'eau, et la puissance mise en jeu serait de l'ordre de 720 000 ch (530 000 kW).

L'énormité de ces chiffres montre que ni les ports existants, ni les possibilités actuelles des appareils moteurs marins ne permettent d'envisager favorablement une telle solution. Seule, l'évolution de la puissance masique des appareils moteurs, jointe à l'aspect économique de l'achat du combustible peuvent permettre d'envisager dans le futur une augmentation sensible de la vitesse des paquebots.

Quant à l'utilisation du sous-marin pour le transport des passagers, on peut penser qu'en raison de l'agrément du voyage, combiné avec l'aspect économique du transport, l'avion restera la solution du transport de personnes à grande vitesse.

L'accroissement des dimensions des navires de surface entraîne d'ailleurs, outre un aspect favorable du problème de la tenue à la mer dont nous parlerons tout à l'heure, un problème de résistance des matériaux dont on peut montrer ici les grandes lignes.

Le navire, considéré comme une poutre reposant sur un appui constitué par la houle, est soumis à un moment fléchissant maximum pour une houle dont la longueur et la hauteur sont elles-mêmes proportionnelles à la dimension du navire. Ces moments fléchissants sont proportionnels à ΔL ou si l'on veut à $\Delta^{1/3}$.

Le module d'inertie de la maîtresse section est, pour des navires semblables et avec un échantillonnage (épaisseur des tôles) égal à E, proportionnel lui-même à $\Delta^{2/3}$ E.

Si l'on admet — ce qui est actuellement le cas et pour les aciers utilisés — que le taux de fatigue admissible est atteint, on voit que, pour des navires semblables, l'échantillon E devra être proportionnel à $\Delta^{2/3}$.

En gros, le poids de la coque métallique sera proportionnel au produit de la section des matériaux travaillant par la longueur du navire, soit

$$\Delta^{2/3} \times \Delta^{1/3} \times \Delta^{1/3}$$

échantillon $\times$ périmètre de la section $\times$ longueur du navire, soit $\Delta^{1/3}$.

Le poids de la coque métallique, rapporté à la tonne de déplacement, variera donc comme

$$\frac{\Delta^{1/3}}{\Delta} = \Delta^{-2/3}.$$

C'est effectivement ce que l'on observe aujourd'hui, toutes choses égales d'ailleurs, dans la construction des grands navires pétroliers.

Les Bassins de carène, nombreux, et de plus en plus parfaitement outillés, publiant fréquemment le résultat d'essais systématiques faits sur des familles de carène, ont permis d'augmenter considérablement la documentation des constructeurs sur les résultats à attendre d'un tracé déterminé de carène. On peut dire que tous les chantiers constructeurs utilisent systématiquement, et surtout depuis 20 ans, les services des bassins d'essais pour vérifier, améliorer les tracés de carène et prévoir les performances des navires.

Le problème qui est maintenant à l'ordre du jour et à l'échelle mondiale est celui de la tenue à la mer des navires. La mer, sous l'effet du régime variable des vents, est, en effet, perpétuellement agitée, et les navires de surface, sans parler de leurs passagers, paient un lourd tribut aux mouvements plus ou moins désordonnés qui en résultent.

L'accroissement de la vitesse augmente l'influence de l'agitation de la mer sur les mouvements du navire, sur les accélérations en jeu, sur la fatigue de la coque et de ses passagers.

Heureusement, parallèlement, l'augmentation de la vitesse s'est accompagnée d'un accroissement des dimensions des navires, qui agit en sens inverse.

Des observations systématiques, faites en pleine mer, tendent à donner des éléments statistiques beaucoup plus sûrs sur les mouvements effectifs de la mer, et des essais faits dans les bassins d'essai étudient, sur des houles artificielles, le comportement des navires, analysant leurs mouvements et les forces en jeu. On peut espérer que, dans quelques années, les architectes navals seront en possession d'éléments leur permettant de déterminer les proportions, voire aussi les formes de carène minimisant le plus possible l'effet de la mer sur les mouvements

du navire ou, en tout cas, rendant plus acceptables les accélérations.

En gros, deux mouvements principaux sont gênants sur les navires : le roulis, c'est-à-dire la rotation autour d'un axe longitudinal, et le tangage, c'est-à-dire la rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan longitudinal du navire.

Pour le roulis, on a pu, en utilisant en particulier des ailerons faisant saillie sur la carène extérieure, créer, pour le navire en mouvement, un couple redresseur qui permet de réduire considérablement l'angle d'oscillation. Ce sont des installations chères et d'autant plus efficaces que les navires sont plus rapides. Les paquebots modernes voient de plus en plus se développer les ailerons stabilisateurs.

Pour le tangage, on ne peut envisager pratiquement des systèmes analogues, et c'est cependant probablement le mouvement de tangage, accompagné d'un mouvement vertical du centre de gravité, qui conduit parfois à réduire la vitesse des navires, soit que l'on réduise effectivement la puissance des machines de façon à changer la période de rencontre des vagues et l'importance des forces d'inertie mises en jeu, soit que l'on constate, à puissance égale, une diminution sensible de vitesse.

Le phénomène de résonance qui se produit lorsque la période de rencontre de la houle est égale à la période de tangage en eau calme du navire est naturellement étroitement lié au régime de fonctionnement donnant les mouvements les plus violents.

Si on considère un navire de vitesse V allant au-devant d'une houle de même longueur que lui L et si Tt est la période propre de tangage du navire en eau calme, on a, en unités anglaises

$$V/\sqrt{L} = \frac{0,59}{Tt/\sqrt{L}} - 1,34 \quad \text{ou}$$

$$V/\Delta^{1/6} = \frac{5,9}{[\Delta/(L/100)^3]^{1/6}} \left[\frac{1}{Tt/\sqrt{L}} - 2,3 \right]$$

$V/\Delta^{1/6}$ maximum dépendra donc à la fois de $\Delta/(L/100)^3$ qui devra être le plus petit possible, d'où l'avantage de navires fins et de $Tt/\sqrt{L}$ qui devra également être le plus petit possible. L'expérience montre que $Tt/\sqrt{L}$ est d'autant plus petit que le navire est plus affiné. Ces deux raisons montrent donc que le degré de vitesse où le synchronisme est

atteint est d'autant plus élevé que le navire est plus fin.

L'affinement du navire dont nous avons montré l'intérêt évident pour la propulsion est donc également intéressant pour la tenue à la mer, et le besoin en est d'autant plus grand qu'aux vitesses élevées, les forces d'inertie mises en jeu sont naturellement considérables.

Il est, d'autre part, évident que l'agrandissement des navires augmente parallèlement la longueur des houles synchrones et diminue en conséquence la probabilité de rencontre de telle houle.

Naturellement, il faut que, parallèlement, le franc-bord et l'efficacité des superstructures s'accommodent avec l'effet de la mer aux grandes vitesses.

Comme nous l'avons vu, l'aspect économique du problème de la propulsion, joint aux possibilités constructives, a amené une augmentation sensible des dimensions des navires de charge. L'accroissement de ces dimensions doit malheureusement se faire dans les trois dimensions. Or, la situation des ports et de leurs accès ne permet pas d'augmenter autant qu'on voudrait le faire les tirants d'eau.

Les grand pétroliers actuels sont prévus avec des tirants d'eau de 43 pieds (13,20 m) pour 75 000 t de port en lourd; il est certain que ce chiffre de 43 pieds est en avance sur les possibilités des ports d'une part, des canaux d'autre part, et je pense en particulier au canal de Suez.

Un pétrolier de 120 000 t de port en lourd devrait avoir un tirant d'eau de 15,50 m (51 pieds).

Il n'y a pas, actuellement, de port de déchargement qui puisse recevoir sans allègement préalable de tels navires.

De toute façon, même si les ports et, éventuellement, les canaux sont aménagés pour recevoir ultérieurement des navires de tirants d'eau égaux à 45 pieds par exemple, les approches et les évolutions dans le port ou dans le canal posent le problème important de l'évolution en eau peu profonde.

Des essais systématiques sont en cours dans plusieurs bassins d'essais pour étudier la manœuvrabilité de tels navires dans les faibles profondeurs.

Il semble donc qu'actuellement, les moyens portuaires ou de transit fixent à 120 000 t

de port en lourd la taille des navires qu'il serait raisonnable d'étudier.

Un pétrolier de 120 000 t de port en lourd aurait d'ailleurs un déplacement d'environ 160 000 t et une puissance de 40 000 ch (30 000 kW) en deux lignes d'arbres lui permettant d'atteindre une vitesse voisine de 19 nœuds.

Ayant rapidement examiné l'évolution des caractéristiques des navires marchands et les limitations que nous paraissent actuellement imposer les conditions portuaires, nous examinerons maintenant l'évolution de la construction.

Il y a 85 ans, la propulsion mécanique par machine à vapeur s'était largement développée, puisque 65 p. 100 du tonnage construit était à vapeur. De son côté, le bois était remplacé par le fer dans la construction des coques, puisque 80 p. 100 du tonnage construit était en fer. Mais, dès ce moment, l'architecture du navire portait la trace de la construction en bois dont elle dérivait : bordé en tôle disposé longitudinalement, remplaçant les bordés en bois, et membrures en profilés remplaçant les couples en bois. Cependant, en 1843, l'Ingénieur anglais Brunel construisit le « Great Britain » de 90 m de long, dans lequel, tout en conservant les membrures transversales, il introduisit deux cloisons longitudinales.

En 1854/1858, il construisit le « Great Eastern » de 680 pieds de long, c'est-à-dire 204 m. Il introduisit dès ce moment :

a) le double-fond, créant ainsi un ballast qui renforçait la semelle de la poutre du navire, permettant, en outre, de loger des liquides (eau douce en ballast);

b) la double coque jusqu'au pont principal avec une construction longitudinale, c'est-à-dire des raidisseurs longitudinaux avec, de place en place, des couples ou serres. Cette double coque s'étendait jusqu'à 3 m au-dessus de la flottaison;

c) 10 cloisons transversales étanches.

Il fallut attendre près de 40 ans pour que de telles dimensions soient à nouveau atteintes.

Il fallut bien dire que si ce navire, dont la construction fut un véritable roman, eut beaucoup de mécomptes, ce fut surtout à cause de son appareil propulsif qui n'était

pas encore adapté à ces caractéristiques. La coque résista parfaitement et le navire fut démolí 30 ans plus tard.

Le système longitudinal qui avait été adopté par Russel ne fut pas suivi, et la plupart des navires construits ultérieurement le furent avec double fond certes mais avec des membrures et des varangues transversales.

La construction en fer utilisait des tôles d'un poids maximum de 250 kg. C'est vers 1873 qu'est apparu l'acier de construction, et, en 1880, les Sociétés de classification, dont les règlements déterminent l'échantillonnage des navires, ont permis une réduction de 20 p. 100 dans les échantillons imposés auparavant pour la construction en fer. En 1878, seulement 8 p. 100 des constructions étaient faites en acier; mais, en 1890, la proportion était complètement renversée.

L'acier de construction Siemens Martin à 50 kg a été celui utilisé d'une façon systématique sans autre condition supplémentaire qu'une limite élastique accrue aux dépens de la résistance à la rupture pour les tôles destinées à être formées à froid. Cependant, comme nous le verrons plus loin, l'adoption et le développement de la soudure ont conduit à un examen plus poussé des conditions métallurgiques.

Les règlements de construction des navires en acier, pour la plus grande majorité rivés jusqu'en 1948, ont été améliorés au cours des années s'étendant de 1890 à 1948. L'application des méthodes de calcul de la résistance des matériaux, après analyse des efforts, apporta graduellement de considérables améliorations dans la distribution des matériaux. Par exemple, le transfert des matériaux à la partie supérieure de la structure, la détermination des échantillons des membrures et des barrots compte tenu de leur portée, la suppression des raidisseurs horizontaux de cloisons.

Cette redistribution des matériaux se traduisit non seulement par une amélioration des fatigues nominales, mais encore par un gain de poids appréciable. On constate, en effet, qu'un navire de 120 m de longueur du type classique, rivé, à teugue, château, dunette, a vu, grosso-modo, son rapport port en lourd/déplacement passer de 0,66 en 1890 à 0,73 en 1920/1925.

Cet allègement du navire léger est partiellement dû à la coque métallique seule, car

l'allègement de l'appareil propulsif durant le même laps de temps a pratiquement été compensé par l'accroissement du poids des installations de coque dites « d'armement ».

Un point particulier est celui des navires pétroliers.

Le transport du pétrole en vrac date pratiquement des années 1890. Il était appelé à un considérable développement puisqu'aujourd'hui, sur une flotte mondiale marchande de 33 804 navires, jaugeant 110 246 181 tx, 3 776 (11,1 p. 100 en nombre), jaugeant 29 937 173 tx (28 p. 100 en tonnage), sont des navires pétroliers.

De plus, au 1^{er} janvier 1957, il y avait en commande 1 079 navires pétroliers, jaugeant 35 565 000 tx.

L'apparition de ces navires a remis en honneur la construction longitudinale, et les règlements spéciaux établis pour ce type de navire se sont constamment améliorés. La taille et la vitesse des pétroliers ont évolué sans arrêt. Avant la guerre, le pétrolier classique était celui de 12 000 t de port en lourd, 12 nœuds.

A la veille de la guerre, les premiers pétroliers largement soudés dans leur structure intérieure faisaient déjà leur apparition; le pétrolier Palmyre, lancé en 1939, faisait, avec ses 20 000 t de port en lourd, figure de géant; sa structure intérieure était entièrement soudée; seuls étaient conservés rivés les joints longitudinaux du bordé.

Nous reviendrons plus loin sur l'apparition et le développement foudroyant de la soudure.

Dès la fin de la guerre, les U. S. A. mirent en construction des pétroliers de 28 000 t de port en lourd; depuis lors, la taille de ces navires n'a cessé de croître.

En France, ont été construits les plus gros navires pétroliers du continent actuellement à flot : 53 000 t de port en lourd, 228 m de long. Au Japon, des pétroliers de 85 000 t de port en lourd ont été construits. Actuellement, des pétroliers de 75 000 t de port en lourd sont en commande en France, et le Japon et les U. S. A. ont également en commande quelques navires de 105 000 t de port en lourd, et nous avons exposé plus haut l'aspect économique du problème qui s'attache à l'augmentation de la taille des navires.

Un trafic pondéreux qui prend actuellement un développement rapide est celui des

minerais, et des navires transport de minerai, ayant des caractéristiques et des modes de construction dérivés des navires pétroliers, sauf naturellement les ouvertures dans le pont supérieur pour permettre le chargement, sont en service ou en construction, leurs dimensions s'opposant à celles des navires pétroliers.

Le navire considéré comme une poutre reposant sur une houle de longueur égale à la longueur du navire et de creux égal au $1/20^e$ de cette longueur est soumis, dans sa maîtresse section, à un moment fléchissant maxima qui peut s'exprimer sous la forme $\Delta L/K$.

Le navire peut avoir la crête de la houle au milieu ou le creux au milieu.

Un cargo du type classique comportant la machine au milieu et les cales de chargement de part et d'autre supporte le moment fléchissant maximum :

— lorsqu'il est chargé, avec la crête au milieu,

— lorsqu'il est sur ballast, avec le creux au milieu.

L'examen comparé de divers types de cargo montre, avec l'évolution de la propulsion (charbon remplacé par du combustible liquide et, éventuellement, moteur diesel), que le facteur K varie de la façon suivante :

navire en charge — crête au milieu — de — 32 à 40

navire sur lest — creux au milieu — de — 22 (navires à charbon) à 35/40 (navires à combustible liquide).

L'évolution des appareils propulsifs a donc conduit à une amélioration du moment fléchissant pour le navire sur lest, creux au milieu.

Pour un navire à machine à l'arrière, ce qui est le cas de tous les pétroliers, des transports de minerai et d'un nombre de plus en plus grand de cargos, la situation est en quelque sorte inversée.

Le moment fléchissant maximum en charge est obtenu avec le creux au milieu, et le facteur K est voisin de 35. La répartition du chargement peut avoir un effet considérable sur la valeur de ce coefficient.

L'étude de ce chargement montre que l'on a intérêt à accroître la longueur de la tranche du navire affectée au chargement aux dépens du volume affecté au compartiment moteur

et compte tenu de la nécessité d'avoir un navire chargé en assiette nulle.

Le rapport longueur citernes/longueur navire, qui était couramment de 53 p. 100 sur les pétroliers construits autrefois, atteint maintenant systématiquement un minimum de 62 p. 100, très souvent 65 p. 100 et même 69 p. 100.

Ce n'est d'ailleurs qu'à partir de telles considérations que peuvent être maintenant échantillonnés les grands navires pétroliers en construction.

Le calcul complet est long. Il exige l'établissement de la courbe de la répartition en longueur des poids (navire et chargement) et de la courbe de la répartition des poussées dues à la houle.

Une double intégration de la courbe différence permet de retrouver la répartition des efforts tranchants, puis la courbe des moments fléchissants.

Théoriquement, un tel calcul serait à reprendre pour chaque cas de chargement, et je rappelle que l'égalité des poids et des déplacements, d'une part, la superposition centre de carène, centre de gravité, d'autre part, sont deux conditions impératives auxquelles doit satisfaire la position choisie de la carène par rapport à la houle.

En fait, à partir de deux calculs types établis : l'un pour des conditions voisines du déplacement en charge normale, l'autre pour des conditions voisines de celles qui correspondent au déplacement pour navigation sur lest, il est possible, à partir de méthodes dérivées des lignes d'influence, d'obtenir très rapidement le moment fléchissant de la maîtresse section.

Pour le cas type lui-même, des considérations développées par Murray montrent que le passage de la houle superpose au moment résultant des poussées en eau calme un moment supplémentaire indépendant du tirant d'eau du navire fonction seulement de sa longueur et de sa largeur; son expression est

$$KL^3B$$

On voit immédiatement l'intérêt qu'il y a à réduire la longueur du navire pour réduire les moments fléchissants en jeu. Cette diminution ne peut se faire pour un déplacement et un tirant d'eau donnés que par une augmentation de même pourcentage de la largeur du navire. Si l'on ajoute à ce fait le

résultat observé que l'augmentation du rapport B/T pour les grands navires pétroliers, dont le degré de vitesse est voisin, en général, de 0,65 (V en nœuds, L en pieds), ne présente aucun inconvénient, au contraire, on s'expliquera la tendance actuelle au raccourcissement des grands navires pétroliers ou minéraliers. C'est ainsi que les navires pétroliers récents de 75 000 t de port en lourd environ ont un rapport L/B voisin de 6,90, réduit même dans certains pays jusqu'à 6,5, contre 7,5 couramment adopté il y a une vingtaine d'années.

Pour les grands paquebots, des études analogues sont naturellement poursuivies. L'étude de la fatigue sur houle de ces navires met en évidence, comme on peut le prévoir, l'importance considérable de la répartition du chargement. En effet, ces navires ont, en général, une tranche machine très importante, située dans la partie centrale du navire, et une partie du port en lourd se trouve donc reportée aux extrémités. Il en résulte un moment fléchissant maximum pour le navire avec crête au milieu. Un soin particulier doit être apporté à la distribution de ces poids, au besoin en augmentant la hauteur des ballasts devant recevoir le combustible ou l'eau douce, également en développant l'importance d'une double coque dans la partie centrale du navire.

Lorsque le *Liberté*, ex-Europa, a été complètement reconverti en 1948/1950, une attention particulière a été apportée à cette question; le navire avait, en effet, souffert de fatigues excessives ayant amené à plusieurs reprises la cassure de certaines tôles de pont et de carreau. La vitesse du navire ayant été réduite, donc sa puissance et sa consommation, il a été possible de diminuer l'importance des soutes; de plus, l'installation de bouilleurs puissants a permis de réduire considérablement les réserves d'eau douce.

Il en résulte que le chargement aux extrémités a pu être réduit et un lest fixe important a été placé dans les ballasts à la partie centrale.

Ces modifications ont permis une réduction sensible des moments fléchissants. Cette réduction s'est accompagnée d'un renforcement des ponts dans la partie centrale et malgré tout, en raison de la présence du lest fixe, d'une amélioration de la stabilité.

L'étude systématique de cette question sur le nouveau paquebot en construction est très instructive. Si nous le comparons, en effet, au « Normandie », nous constatons que la fatigue maxima au pont de résistance supérieur, les superstructures supposées rasées, a été réduite de 9 p. 100 environ.

La grande révolution dans la construction des navires marchands, comparable sans doute par ses répercussions à ce qu'a été l'introduction de l'acier dans la construction, et celle de la soudure.

La soudure, utilisée déjà avant guerre, devait, à l'occasion de cette dernière, connaître un développement foudroyant.

L'effort de guerre sans précédent des Etats-Unis, dans la construction des navires marchands, n'a été, en effet, rendu possible que par l'emploi intensifié de la soudure qui permettait la formation rapide de la main-d'œuvre nécessaire, conduisait à une économie sensible des matières métalliques mises en œuvre et permettait la fabrication à l'avance de parties importantes du navire, facilitant ainsi l'assemblage ultérieur dans un temps record sur la cale de construction. On peut évidemment se demander pourquoi la préfabrication n'était pas utilisée pour des navires rivés. Elle l'était, mais pour des ensembles moins nombreux, car la nécessité de faire ensuite coïncider les possibilités de réglage non seulement des profilés, mais encore de nombreux trous, constituait un handicap certain. La soudure permet un ajustage nécessitant seulement un découpage précis de contours tracés eux-mêmes avec précision.

Le gain de poids obtenu par la soudure résulte :

a) de la suppression des clins de tôles nécessaires dans la solution rivée,

b) de la meilleure répartition de la matière des raidisseurs élémentaires permettant d'obtenir un module d'inertie égal pour le raidisseur associé à la tôle d'attache à celui de la construction avec panne d'attache rivée, pour une section de raidisseur bien inférieure,

c) de la suppression des têtes de rivets.

Indiscutablement, le gain a été sensible dans toutes les parties du navire, sauf pour les éléments longitudinaux intervenant dans la fatigue générale et travaillant à la compression; pour ces derniers, seule la suppression

des joints à clins constituant abouts transversaux des tôles réalisait une économie. Il y a lieu cependant de tenir compte que la présence de joints rivés transversaux ou des cadres d'attache de cloisons constituait un affaiblissement intervenant dans le calcul de la section nette de matériaux travaillant à la tension, alors qu'avec la solution soudée, c'est l'intégralité de la section qui peut être prise en considération.

Actuellement, on ne conçoit pas un pétrolier qui ne soit pratiquement entièrement soudé, à l'exception de quelques files longitudinales de rivetage sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir. Les cargos sont également largement soudés et un système de construction mixte se développe avec double fond raidi longitudinalement, ainsi que les ponts de résistance; seules les membrures restent transversales. C'est le triomphe, près de 100 ans après, des idées de Brunel sur le « Great Eastern ».

Il serait difficile de dire aujourd'hui quel est le gain de poids que la soudure a permis, par exemple, sur la construction d'un grand pétrolier, pour l'excellente raison qu'on ne construit pas de grands pétroliers rivés et que l'on ne possède pas, en conséquence, d'évaluation normale de poids pour ces derniers.

Il est cependant intéressant d'examiner quel gain la soudure a permis dans la construction d'un grand paquebot.

Nous prendrons comme exemple le « Normandie » construit avant la guerre et le « France » actuellement en construction.

Un rapport qui donne une juste idée de l'économie de la coque métallique est le poids de la coque métallique rapporté au produit des trois dimensions : longueur, largeur, creux au pont de résistance supérieur.

Pour la coque, supposée arasée à ce pont de résistance, on voit, en effet, que ce rapport passe de 0,0868 sur le « Normandie » à 0,074 sur le nouveau paquebot, soit un gain de 14,8 p. 100.

Si l'on tient compte, en outre, du fait que le taux de fatigue maxima à lui-même été réduit de 9 p. 100 sur le nouveau navire par rapport au « Normandie », on voit les progrès certains que la soudure a amenés dans la construction navale.

Il convient cependant d'attirer ici l'attention sur les déboires nombreux qu'ont eus

les constructions soudées à la fin de la guerre et dans la période qui a suivi la guerre.

Des ruptures inopinées, de caractère fragile, intéressant souvent toute la coque des navires, se sont produites surtout sur des navires construits aux U. S. A.

Des enquêtes approfondies ont été entreprises dès la fin de la guerre par de nombreux Organismes pour rechercher la cause de ces ruptures et édicter des règles ou des recommandations permettant d'y remédier.

Je pense que l'on peut essentiellement résumer leur conclusions de la façon suivante :

1° Il y a une différence marquée entre le comportement d'une structure rivée et celui d'une structure soudée. La première présente une certaine flexibilité qu'on ne retrouve pas dans la structure soudée qui reste beaucoup plus rigide. Il en résulte que l'on a souvent observé sur des constructions soudées la présence d'éléments rigides venant s'appuyer par exemple en pleine tôle et créant ainsi un « point dur », donnant rapidement naissance, sous l'effet des efforts alternés, propres aux structures de navires, à des cassures de fatigue qui, malheureusement, ont pu quelquefois se propager dangereusement.

Il est donc nécessaire d'établir les tracés des assemblages soudés avec le souci d'éviter ces points durs, ce qui conduit, en particulier, à éviter les décrochements abrupts de section, à équilibrer les masses ou les inerties des éléments travaillant ensemble dans une même direction et s'attachant l'un à l'autre.

2° La séquence des soudures, sans parler de leur qualité — fonction de celles de la main-d'œuvre et des électrodes utilisées — doit être particulièrement étudiée de façon à permettre le plus possible de soudures à retrait libre et, en tout cas, de minimiser les contraintes après soudure ou les retraits.

3° Les tôles doivent être aptes à être soudées. Ce critère de soudabilité a une importance considérable. On constate, en effet, que les cassures des assemblages soudés présentent en général un aspect fragile, cassant, comme si les matériaux ou leur assemblage avaient un allongement, avant rupture, insuffisant, remplaçant un mode de rupture « ductile » par un mode de rupture « fragile » ou « cassant ».

Des travaux considérables ont été poursuivis pour mener à bien l'étude des maté-

riaux et déterminer les essais que l'on pouvait raisonnablement leur imposer en vue de répondre au but recherché.

Les Sociétés de classification paraissent actuellement assez près les unes des autres dans les règles de recette qu'elles ont édictées.

Les exigences sont d'autant plus sévères que l'épaisseur des tôles est plus élevée et que leur position dans le navire est plus vitale. En gros, et par ordre d'importance, ce sont les tôles de quille, de bouchain, de carreau et s/carreau, de gouttière. Pour les gros navires, où les tôles de pont et de fond sont toutes d'épaisseur supérieure à 25 mm, c'est tout le pont et tout le fond qui doivent être de la plus haute qualité. Les aciers qui ont été retenus se caractérisent d'une part, par une proportion Mn/carbone plus élevée; d'autre part, par une basse température de transition dans la courbe des résiliences en fonction de la température d'essai.

Il faut reconnaître que les cassures spectaculaires survenues sur de nombreux navires entièrement soudés construits pendant la guerre ne se sont plus produites qu'extrêmement rarement.

L'évolution rapide de la technique dans les 25 années qui viennent de s'écouler et qui s'est exercée parallèlement sur les coques et sur les appareils moteurs a eu pour l'architecte naval des conséquences marquées non seulement pour les cargos et les pétroliers, mais plus encore pour les paquebots.

En effet, parallèlement à cette évolution, la réglementation pour la sauvegarde de la vie humaine en mer s'est faite encore plus sévère, et, en 1948, une Convention internationale siégeant à Londres a édicté les règles actuellement suivies par toutes les nations et qui concernent tout particulièrement la stabilité et la lutte contre le feu.

Il ne sert de rien, en effet, de construire des paquebots pouvant flotter avec deux ou même trois compartiments envahis si la stabilité résiduelle après envahissement est telle que le navire prend une gîte inquiétante rendant parfois inopérantes, pour ne pas dire impossibles, les opérations de sauvetage. La Convention de Londres de 1948 a donc édicté des règles en ce qui concerne la bande admissible après envahissement de deux compartiments consécutifs. Naturellement, ceci doit correspondre à des cas de

chargement de service et ce sont les conditions les plus défavorables en ce qui concerne la nature et la position des compartiments envahis qui doivent être particulièrement étudiées. Ceci conduit à de laborieux calculs. L'application de ces règles entraîne automatiquement pour le navire une stabilité initiale telle que, malgré la perte de stabilité produite par l'envahissement, la stabilité restante soit encore suffisante pour permettre au navire de rester droit ou, en tout cas, avec une bande ne dépassant pas la limite autorisée.

Il en résulte que les navires à passagers répondant à ces stipulations doivent avoir, toutes choses égales d'ailleurs, des stabilités initiales supérieures à celles qui étaient couramment admises avant guerre.

Le problème est d'autant plus difficile à résoudre pour l'architecte naval que l'évolution et les progrès de la technique conduisent en quelque sorte à des gains de poids qui vont à l'inverse, quant à leur position, de ce qui serait désirable pour améliorer la stabilité du navire.

En effet, entre 1935 et 1955, le poids au ch de l'appareil moteur à vapeur, tous auxiliaires coque inclus, est passé pour un grand paquebot de 76 kg à 54 kg, c'est-à-dire un gain de 30 p. 100 qui se place justement dans les fonds du navire.

Pour la coque métallique, dont le poids est sensiblement placé au c.d.g. général du navire léger, le gain a été de 10 p. 100 pour une structure tout acier.

Pour augmenter la stabilité initiale qui, comme on le sait, est la différence entre la position du métacentre (hauteur centre de carène + rayon métacentrique = $\rho + c$) et la position du centre de gravité, il est donc nécessaire :

a) d'augmenter ρ , c'est-à-dire d'élargir le navire en diminuant son tirant d'eau, ce qui correspondra à une augmentation du rapport $\frac{B}{T}$,

b) d'étudier particulièrement l'inertie de flottaison de façon à avoir le ρ le plus grand compatible avec les qualités hydro-dynamiques de la carène.

Par exemple, « Normandie » avait un rapport $\frac{B}{T} = 3,15$, alors que « France » en cons-

truction a un rapport $\frac{B}{T} = 3,25$. Il est, en outre, nécessaire d'abaisser le plus possible le centre de gravité du navire léger. Il est bien évident, en raison du poids sensiblement réduit de l'appareil moteur placé dans les fonds, qu'il faudra étudier l'allègement des hauts.

C'est ce qui a conduit au développement de l'emploi des alliages légers pour les superstructures de paquebot et, particulièrement, pour les superstructures du paquebot « France ». On peut dire que, au-dessus du pont promenade supérieur, la totalité des superstructures seront en métal léger avec les restrictions suivantes : tambours de descente et tambours de machine et chaufferie en acier, façade avant des superstructures en acier également.

Ce sont des raisons de résistance au feu qui ont conduit à conserver les descentes et les tambours machines en acier. Ce sont des raisons de résistance au choc des lames et d'accrochage des superstructures dans le travail d'ensemble de la poutre qui ont conduit à conserver la structure en acier pour la façade avant.

Cette substitution alliage léger/acier a permis de réduire le poids de la coque dans les hauts d'environ 950 t. Il en résulte que la hauteur du c.d.g. de la coque métallique au-dessus de la quille a pu être réduite de 3 p. 100 environ par rapport à une solution tout acier.

Il est intéressant de noter que l'utilisation des alliages légers a permis de modifier la conception des superstructures.

En effet, l'utilisation de superstructures en acier conduisait presque automatiquement à les fractionner en longueur de façon à leur éviter de participer à la flexion générale de la poutre navire; si une structure en acier avait été continue, du fait des faibles échantillons, ses fibres supérieures se seraient trouvées à une grande distance de la fibre neutre de la section et, en conséquence, elle aurait présenté une fatigue maxima pouvant atteindre des valeurs dangereuses. De plus, la présence d'ouvertures sur les façades latérales conduit à des concentrations de tension, génératrices de fractures.

C'est pourquoi, traditionnellement, les longues superstructures en acier étaient coupées en tronçons réunis entre eux par des

joints dits « glissants ». Cette disposition qui déchargeait d'autant les superstructures n'en conduisait pas moins les parties continues restantes à fléchir à leur base et à s'allonger ou se raccourcir comme le pont de résistance continu supérieur. Des lignes de force se propageaient donc dans ces tronçons continus, très atténuées évidemment, mais créant des concentrations de tension au droit de la coupure qui devait être renforcée en conséquence.

L'emploi de l'alliage léger permet de modifier considérablement cette position.

Il est possible et même recommandé d'avoir des superstructures continues participant au travail général de la poutre navire, et comme le coefficient d'élasticité de l'alliage léger est de 6 700 contre 20 000 pour l'acier, on voit qu'automatiquement, les efforts n'y sont plus que les 33 p. 100 des efforts dans les structures en acier, ce qui permet à ces superstructures, tout en déchargeant le travail des ponts en acier des hauts, de conserver des taux de fatigue admissibles pour l'alliage léger.

L'étude du grand paquebot a été faite dans cette hypothèse et également dans l'hypothèse où les superstructures n'entreraient absolument pas en ligne de compte. La réalité se tiendra entre ces deux extrêmes, car la fatigue des hauts sera fonction de l'indéformabilité des ponts en alliage léger et ils garderont une certaine flexibilité qui les déchargera.

Quant au poids des installations dites « d'armement », c'est-à-dire tous les poids autres que la coque métallique et l'appareil moteur avec ses tuyautages, il a fallu également en rechercher une diminution sensible. Ce sont les revêtements de pont en matières nouvelles, peu épaisses et légères, les conduits de ventilation en métal léger, l'emploi du métal léger également pour le mobilier des hauts qui ont permis d'obtenir une substantielle réduction de poids.

On peut estimer en gros à 6 p. 100 sur le poids de ces installations le gain réalisé par ces substitutions de matériaux.

Au total et pour un service équivalent, on peut estimer à 13 p. 100 environ l'économie de poids réalisée sur la coque lège d'un paquebot moderne par rapport à un paquebot de dimensions analogues, destiné au même service, construit il y a 25 ans.

Si, en plus, on note que la consommation spécifique est sensiblement réduite et que la mise au point de batteries puissantes de bouilleurs à basse pression permet de réduire à peu de choses les réserves d'eau douce, on s'expliquera qu'avec un port en lourd sensiblement le même, le nouveau navire emporte du combustible pour une traversée aller et retour alors que le « Normandie » devait faire son plein aux deux têtes de ligne.

De plus, la sécurité a été largement améliorée en ce qui concerne la lutte contre l'incendie; en particulier, on a réduit considérablement les dangers d'incendie en prévoyant des cloisonnements ininflammables qui se substituent au bois utilisé jusqu'ici.

On voit quels progrès considérables ont été réalisés en 20 ans du double point de vue de l'économie et de la sécurité.

On peut se demander quel est l'avenir du paquebot. Je ne possède pas le don de prophétie et il me paraît difficile d'adopter une position définitive sur cette question. Sentimentalement, je reste naturellement attaché au paquebot qui constitue sans doute ce que l'on est convenu d'appeler « une joie de vivre ».

Je me rappelle qu'à la fin de la guerre, en 1945, des communications ont été présentées dans les Sociétés des Naval Architects anglo-saxons pour poser les jalons des flottes futures de paquebots, et cette grave question : l'avion supplantera-t-il ou non le paquebot? y fut chaque fois débattue. Les prophètes de malheur du paquebot se trompaient bien puisque, sur la ligne Atlantique Nord, par exemple, le trafic maritime de passagers est numériquement plus intense qu'avant-guerre. C'est comme si l'avion avait créé une clientèle nouvelle.

Je m'en voudrais de ne pas citer humoristiquement l'observation présentée par un digne amiral américain, et que je rapporte ici « Dans la vie, il y a trois choses agréables : le vin, les femmes, les chansons; cela, on l'a sur les paquebots, on ne l'a pas sur les avions, je crois encore à l'avenir des paquebots ».

Je souhaite, naturellement, que, pour des raisons de tous ordres, le paquebot conserve cette clientèle amoureuse de la vie en mer, de la détente qu'elle offre et du confort qu'elle assure. Dans une civilisation dont un des

problèmes à résoudre sera celui des loisirs, le paquebot me paraît garder une place de choix.

Comme me le disait un Ingénieur que j'interrogeai sur ce sujet « Ships are too fast, planes are too slow ». Avec une apparence de paradoxe, cette réflexion est parfaitement judicieuse si l'on considère seulement l'agrément de la vie.

* * *

Je pense avoir fait un tour sommaire du problème que je me proposais de traiter aujourd'hui devant vous, qui est celui de l'évolution de la conception et de la construction des coques de navires marchands.

Je suis peut-être remonté un peu trop « ab ovo » et je n'ai naturellement pas la prétention d'avoir envisagé tous les aspects de ces questions si complexes et qui traitent de si nombreuses branches de la technique.

Quel est l'avenir de la construction des coques? J'ai tâché de vous montrer la course au tonnage, aux dimensions qui, pour les navires transport de pondéreux, paraît correspondre à la course à l'économie. Je vous ai montré comment des questions de « terminus » en quelque sorte obligeaient les Constructeurs à rester encore dans des limites prudentes qui évolueront elles-mêmes en fonction de l'évolution des ports.

Aujourd'hui, une technique nouvelle, intéressant évidemment les appareils moteurs, se fait jour : c'est celle de l'énergie nucléaire, et certainement M. Ricard, dans sa prochaine conférence, ne manquera pas de vous donner ses idées sur l'évolution probable de cette technique.

Pour le Constructeur de coque, il ne me paraît pas y avoir actuellement de problème essentiel pouvant conditionner l'application de l'énergie nucléaire, aussi bien en ce qui concerne le poids des appareils moteurs que leur encombrement. Actuellement, des pétroliers à propulsion nucléaire sont en étude. Aux U. S. A., des sous-marins existent, des navires de surface sont en construction.

Je suppose que le problème le plus grave sera celui de la sécurité. Quelles que soient les précautions prises, il existe encore des

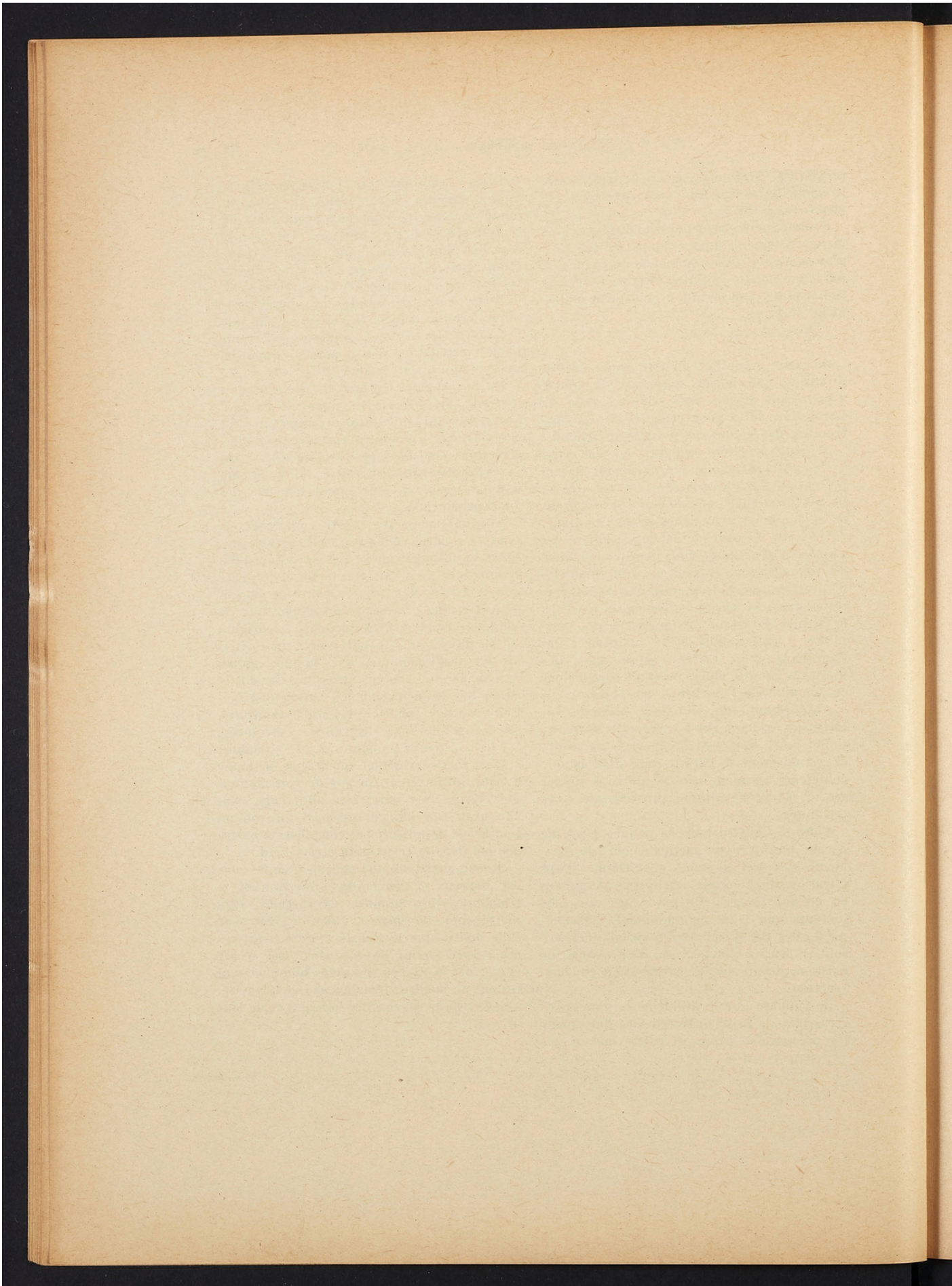
sinistres maritimes et, naturellement, il faudra prendre des précautions pour en minimiser les répercussions éventuelles en ce qui concerne les radiations. Une conférence se réunira sans doute vers 1960 pour étudier les modifications qu'il y aurait actuellement lieu d'apporter à la Convention de 1948 pour tenir compte des progrès techniques réalisés depuis. Il n'est pas exclu que le problème de la réglementation à intervenir pour l'installation des appareils propulsifs nucléaires n'y soit évoqué.

De tels appareils propulsifs changeront à nouveau la silhouette classique des navires. On verra vraisemblablement disparaître les cheminées et on pourra réaliser des superstructures continues et « stream line ». On verra également disparaître les tambours moteurs, pour le plus grand bénéfice des emménagements.

Au cours de cette courte conférence, je vous ai montré quelques aspects des nombreux problèmes qui se posent aujourd'hui comme hier à l'architecte naval, et je pense que le terme d'architecte convient parfaitement à une profession qui exige, avec de solides connaissances théoriques et pratiques sur la résistance des matériaux, sur les lois de l'hydrodynamique, sur la mécanique, également des connaissances sur la disposition des emménagements, sur la distribution des eaux, sur les installations sanitaires, sur les installations électriques, voire même sur les cuisines et les hôpitaux, et j'en oublie.

Quel métier varié et quelle joie il donne à celui qui l'exerce! La joie de voir monter, puis vivre ces navires tous différents, chacun avec leur âme pourrait-on dire où un jour la vie prend corps et commence à battre comme dans le corps d'un être vivant.

Je suis persuadé que chacun d'entre vous est heureux d'exercer sa profession et y trouve les plus grandes satisfactions. Permettez-moi de penser, bien égoïstement sans doute, que le Constructeur de navires est encore parmi les plus favorisés à cet égard, car il est peu d'œuvres humaines qui restent un meilleur témoignage que le navire, à la fois de la science des hommes et de leur art.



PRIX ET MÉDAILLES

ATTRIBUÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'ANNÉE 1957

La Grande Médaille, à l'effigie de Lavoisier, est attribuée à M. Léon VELLUZ, sur rapport de M. Dufraisse, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Grande Médaille Michel Perret est attribuée à l'INSTITUT D'OPTIQUE THÉORIQUE ET APPLIQUÉE, sur rapport de M. Pérard, au nom du Conseil.

Le Grand Prix Lamy est attribué à la SOCIÉTÉ NATIONALE DES PÉTROLES D'AQUITAINE, sur rapport de M. Dumanois, au nom du Conseil.

La Médaille Louis Pineau est attribuée à M. Roger BUTTIN, sur rapport de M. Dumanois au nom du Conseil.

Médailles et Prix spéciaux.

Méd. Richard : Éts HATOT; Rapp. M. Dumanois (A. Mécan.). — *Méd. Farcot* : M. Cl. BRACHET; Rapp. M. Dumanois (A. Mécan.). — *Méd. Giffard* : M. E. STAUFF; Rapp. M. Dumanois (A. Mécan.). — *Méd. Toussaint* : OFFICE CENTRAL DES CHEMINS DE FER D'OUTRE-MER; Rapp. M. Beau (A. Économ.). — *Méd. Roy* (posthume) : M. H. CHAMAUITE; Rapp. M. Beau (A. Économ.). — *Méd. Gilbert* : M. A. de PERETTI; Rapp. Dr Raymond (A. Économ.). — *Prix Melsens*; M. P. LYGRISSE; Rapp. M. Pérard (A. Phys.). — *Méd. Aimé Girard* : M. L. HÉDIN; Rapp. M. Le Grand (Agricult.). — *Prix Fourcade* : M. A. LEROY. — *Prix Fourcade* (extension) : M. F. TARANZANO.

Médailles d'Or.

MM. H. WAHL (*Industrie tinctoriale*); Rapp. M. Baume (A. Chim.). — J. LECOMTE (*Rayonnement infrarouge*); Rapp. M. Pérard (A. Phys.). — Sté NAT. D'ÉTUDE ET DE CONSTRUCT. DE MOTEURS D'AVIATION (SNECMA); Rapp. M. Marchal (A. Mécan.).

Médailles de Vermeil.

MM. R. LAGRAVE (*Fondu enchaîné. Suites en couleurs*); Rapp. M. Belin (A. Phys.). — M. COUSIN (*Construction de balances*); Rapp. M. Chevenard (A. Phys.). — G. DE COYE DE CASTELET (*Automobiles. Rech. appliquées*); Rapp. M. Dumanois (A. Mécan.). — L. MALASSIS (*Économie rurale*); Rapp. M. Soulet (Agricult.).

Médailles d'Argent.

MM. J. DEMARCO (*Méthodes d'usinage*); Rapp. M. Arnulf (A. Phys.). — G. GUYON (*Génie rural*); Rapp. M. Blanc (Agricult.).

L'Industrie nationale. — juillet-septembre 1958.

Médaille de Bronze.

M. L. CONSTANCIEL (*Travaux d'optique*); Rapp. M. Arnulf (A. Phys.).

Médailles décernées au Titre social.

(Ouvriers — Contremaitres — Divers).

A. — Sté ALSTHOM (Usine de St-Ouen). — Éts J. J. CARNAUD ET FORGES DE BASSE-INDRE (Succ. de Marseille). — Cie des FORGES DE CHÂTILLON-COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS (Siège social). — Sté CEMENTS LAFARGE. — Cie de FIVES-LILLE (Usine de Givors). — Éts KUHLMANN (Usine de Loos-lez-Lille). — RÉGIE NAT. DES USINES RENAULT. — Sté de St-Gobain, Chauny et Cirey (Soudière de Chauny).

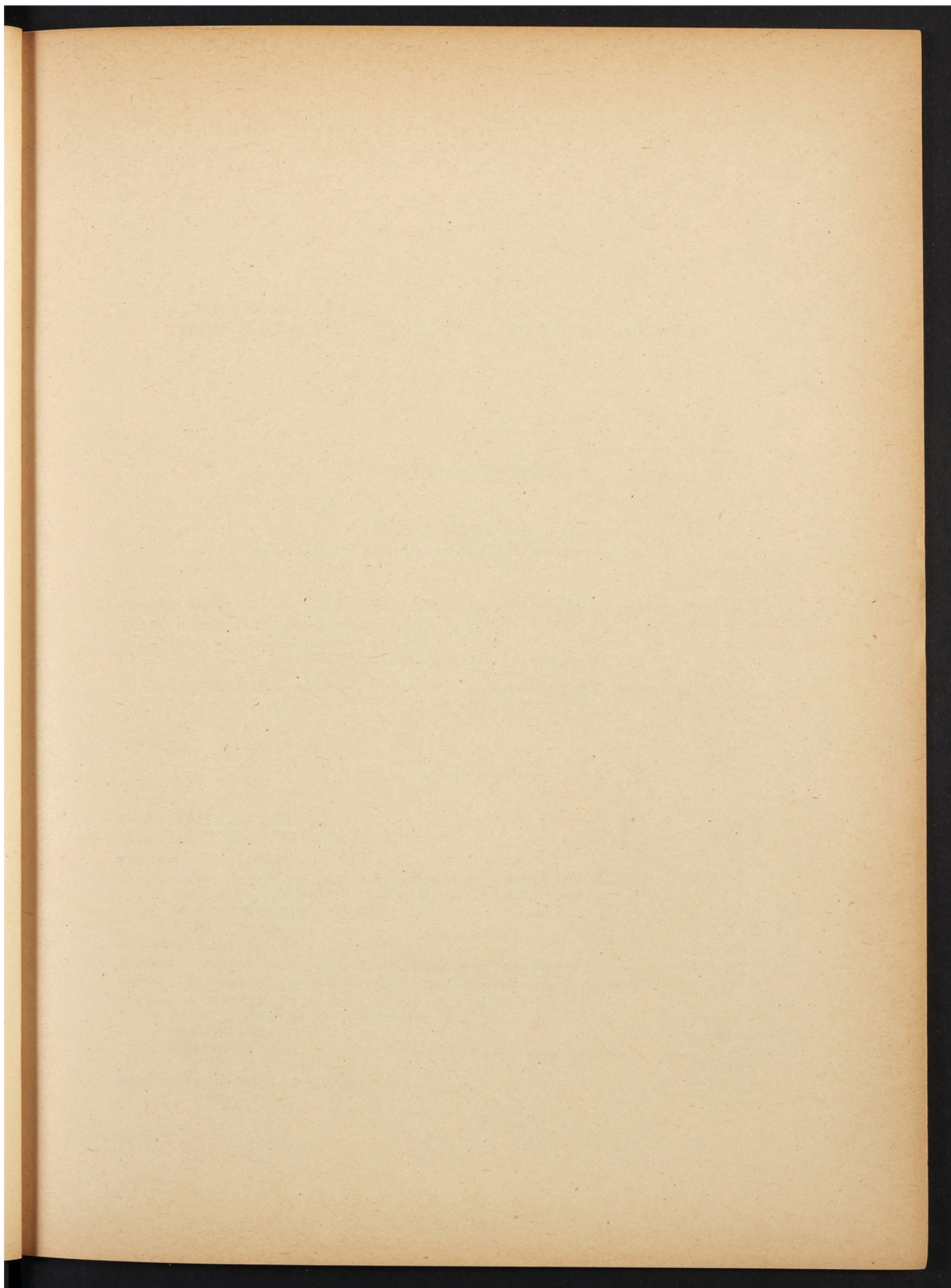
B. — Sté ALSTHOM (Usines de Belfort, de St-Ouen). — Sté An. des ATEL. ET CHANT. DE BRETAGNE. — Éts J.-J. CARNAUD ET FORGES DE BASSE-INDRE (Atel. de Billancourt, Succ. de Casablanca, de Nantes, de Périgueux). — Sté CHANTIERS DE L'ATLANTIQUE. — Cie des FORGES DE CHÂTILLON-COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS (Éts du Nord, Atel. de la Plaine St-Denis). — Sté d'ÉL. CHIMIE, d'ÉL. MÉTALL. ET DES ACIÉRIES ÉLECTR. D'UGINE (Usines de Jarrie, de la Barasse, d'Ugine). — Cie ÉLECTRO-MÉCANIQUE (Éts du Bourget, du Havre, de Lyon, Équipts et Travaux). — Cie de FIVES-LILLE (Usine de Givors). — Sté FORGES ET ATEL. DE MEUDON. — Sté d'EXPLOIT. DES MATÉRIELS HISPANO-SUIZA. — IMPRIMERIE GOUGENHEIM. — INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE. — Sté A. JOBIN ET G. YVON. — Éts KUHLMANN (Usine de Loos-lez-Lille). — LABORATOIRE CENTRAL ET ÉCOLES DE L'ARMEMENT. — Sté des MATÉR. DE CONSTRUCT. DE LA LOISNE. — Sté NOBEL-BOZEL (Usine de Paulilles). — Sté OPTIQUE ET PRÉCISION DE LEVALLOIS. — Sté PANHARD. — Cie PECHINEY (Usines de Maurienne, de St Auban). — Cie des PHOSPHATES DE CONSTANTINE. — Sté LA PRÉCISION MÉCANIQUE. — RÉGIE NAT. DES USINES RENAULT. — Sté de St-Gobain, Chauny et Cirey (Usines de Bordeaux, de Chalette-sur-Loing, de Nantes, de St-Fons, de Wasquehal, Glacière de Cirey). — Cie SALINIÈRE DE LA CAMARGUE. — S. N. C. F. (toutes Régions). — Sté DESMARAIS FRÈRES (Dépôts de Colombes, de Nanterre, de Petit-Quevilly). — Sté Esso STANDARD (Raff. de N. D. de Gravenchon). — Sté LILLE-BONNIÈRES ET COLOMBES (Ét de Petit-Quevilly). — Sté MOBIL OIL FRANÇAISE (Raff. de N. D. de Gravenchon, Dépôt de Sens, Siège social). — Sté fr. des PÉTROLES BP (Dépôt de Floirac, Raff. de Lavéra, Dépôt de Nomexy). — Sté PURFINA FRANÇAISE. — Cie fr. de RAFFINAGE (Raff. de Normandie, de Provence). — Cie de RAFFINAGE SHELL BERRE (Raff. de Berre l'Étang, de Petit-Couronne). — Sté SHELL SAINT-GOBAIN (Usine d'Aix-en-Provence).

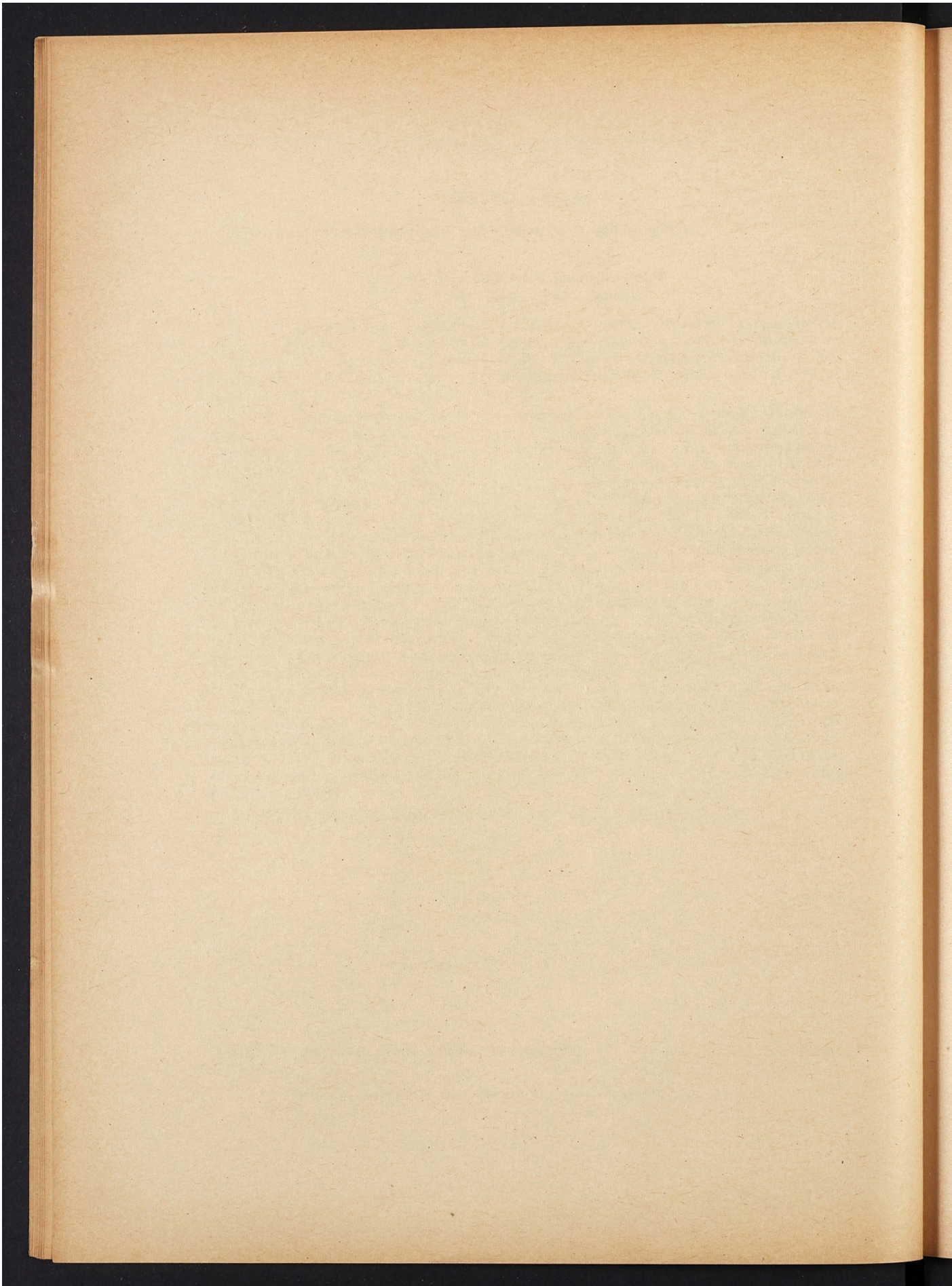
C. — Sté LA PRÉCISION MÉCANIQUE. — Cie GÉN. DE RADIOLOGIE.

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

D. P. n° 1080.

Imprimé en France par Brodard-Taupin, Imprimeur-Relieur. Coulommiers-Paris. — 9-1958.





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
LANGÉVIN 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 4 700 F
Franco.	
NAHMIAS. — 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-GOUJON • 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°

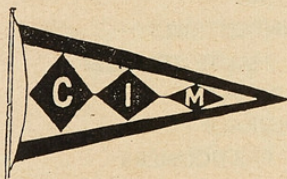
SUF. 50-04

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

S O C I É T É
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)

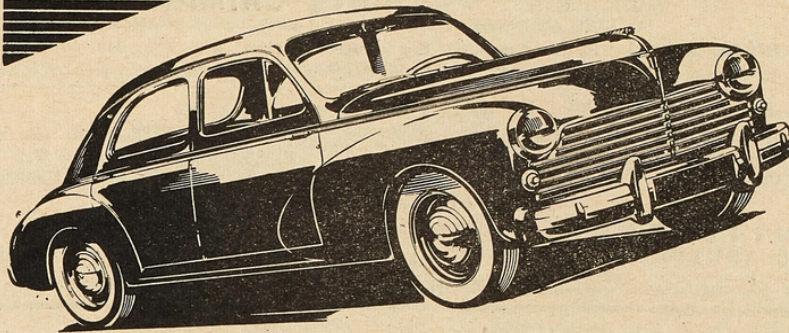
L'AIR LIQUIDE

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

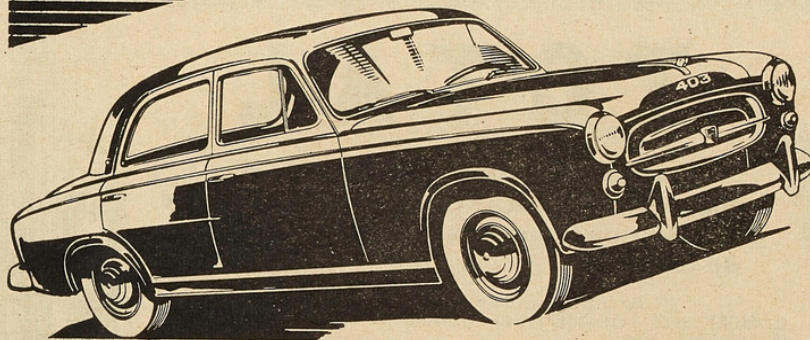
**178
USINES
DANS LE
MONDE**

203



LA PUBLICITÉ FRANÇAISE

403



SÉCURITÉ - ROBUSTESSE
CONFORT-ÉCONOMIE

203 - 403



Peugeot

la qualité qu'on ne discute pas

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 | DISTILLATION A BASSE TEMPÉRATURE (des schistes, lignites, etc.)
SYNTHÈSE DE L'ALCOOL MÉTHYLIQUE | HYDROGÈNE ET GAZ DE VILLE PAR CRACKING
CRISTALLISATION DES SELS (Licence Krystal) | ET CONVERSION DES HYDROCARBURES
RECUIT BRILLANT (Licence I. C. I.)

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

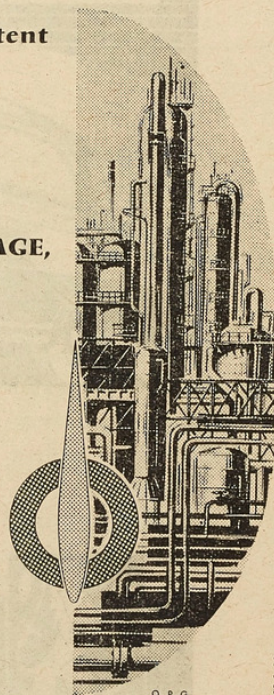
TOTAL

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



O. P. G.

92 58

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
ÉTAIN

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 Durcis n° 128 & Durcis sans cendres n° 114

Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

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

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

Téléphone : ARCHIVES 03-51

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

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°)

★

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

Télgr. 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"

THOMSON CFTH HOUSTON