

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.)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	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	1955, n° 4 (oct.-déc.)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1955

Collation	1 vol. (p. [67]-100, [4] p. de pl.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	56
Cote	INDNAT (32)
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.32

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

1955

N° 4

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 1955

SOMMAIRE

L'AVION D'AUJOURD'HUI, par M. Raymond DUPRÉ,	67
LE NAVIRE D'AUJOURD'HUI, par M. J.-P. RICARD,	83
★	
INDEX DES NOMS D'AUTEURS	101

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

Publication trimestrielle

L'AVION D'AUJOURD'HUI⁽¹⁾

par M. Raymond DUPRÉ,

Directeur général adjoint technique de la Compagnie Air France.

En faisant appel, pour traiter ce passionnant sujet que nous avons baptisé « L'avion d'aujourd'hui », à un utilisateur, vous attendez sans doute de moi un exposé sur les problèmes qui se posent à l'exploitant, qu'il soit d'ailleurs civil ou militaire et son avis sur la façon dont ils ont été résolus.

Des tâches spécifiques, très lourdes parfois, s'imposent à l'utilisateur et il ne peut les accomplir convenablement qu'à la condition qu'il trouve chez les constructeurs une aide qui, souvent, doit s'étendre sur plusieurs années.

Je voudrais, en partant des impératifs qui s'imposent à l'exploitant, définir la collaboration qu'il est en droit d'attendre du constructeur et tirer, si possible, des leçons du passé.

Et sans doute parlerai-je ainsi autant de l'avion de demain que de l'avion d'aujourd'hui. Mais dans une activité aussi vivante que l'aviation, devant les progrès incessants et qui nous étonnent souvent nous-mêmes, les initiés, je ne crois pas possible de cristalliser un tel problème en s'arrêtant à un stade donné d'une telle évolution.

Comment l'utilisateur fixe-t-il son choix ou plutôt a-t-il fixé son choix pour disposer aujourd'hui de tel ou tel type d'avion?

Quels sont les satisfactions ou les déboires qu'il en a récoltés?

Quelles leçons a-t-il reçues pour l'avenir?

C'est un lieu commun de dire qu'une saine politique de matériel est, pour tout utilisateur et plus particulièrement pour une entreprise de transport aérien, la cause primordiale de sa prospérité ou de sa faillite.

Cette politique de matériel ne peut être le fait de seuls techniciens. Certains impératifs qui ne touchent pas au domaine technique, lui échappent. Cependant, par son appréciation des possibilités de ses fournisseurs, tant sur le plan technique que sur le plan industriel (j'évoque ici l'importance des délais de livraison du matériel, élément absolument essentiel dans la mise sur pied d'un programme d'exploitation), le technicien, en fait, prend la part la plus lourde de la responsabilité de son entreprise.

Ces impératifs, quels sont-ils? Ce sont tout d'abord les éléments mêmes de la redoutable compétition que l'entreprise aura à affronter, tant sur le plan international que sur le plan national.

Je pense pour ma part que cette compétition est génératrice de progrès : encore faut-il cependant qu'elle soit orientée et même contrôlée.

Dans ce domaine, les Pouvoirs Publics ont un rôle important à jouer. Et j'espère qu'à l'image de ce qui a été fait depuis longtemps aux États-Unis par le C.A.B.,

(1) Conférence faite le 13. Janvier 1955 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

une législation française interviendra bientôt. Indépendamment de toute législation officielle, il est aussi nécessaire d'instaurer entre les exploitants une bonne volonté de discipline. Tel est, sur le plan du trafic, le rôle de l'I.A.T.A., et je forme des vœux pour que l'A.T.A.F. à son tour, s'oriente dans une voie analogue.

Quant, par conséquent, un transporteur aérien sait ce qu'il a le droit de faire, il lui reste à apprécier l'intérêt commercial de telle ou telle exploitation et en premier lieu de déterminer les conditions techniques de l'exploitation, en fonction de l'infrastructure des lignes qu'on lui demande de desservir, infrastructure qui conditionne les charges marchandes possibles, élément essentiel d'une bonne rentabilité d'exploitation.

Et se présente ensuite, en fonction des conditions de l'exploitation, le problème du choix du matériel.

La conception, la réalisation, la mise au point, puis la fabrication en série d'un matériel adéquat sont, à notre époque, les différents stades d'une opération particulièrement onéreuse.

Aussi, ne peut-elle être rentable que si une série importante permet d'amortir raisonnablement les dépenses considérables que constituent la réalisation d'un prototype, l'établissement des dessins de fabrication de série, la constitution des outillages de série permettant à la fois une interchangeabilité convenable des éléments et une fabrication rationnelle.

Il faut donc que l'avion de transport civil soit lui-même dérivé d'un type de transport militaire, étudié, construit, donc en grande partie amorti par des considérations de Défense Nationale ou que le débouché prévu sur le plan civil porte sur un nombre suffisant d'avions de série, ce qui veut dire, dans pratiquement tous les cas, que ce débouché s'étendra au domaine international.

On peut dire, en gros, que la première politique (dérivé d'avions militaires) a été celle suivie par les États-Unis et il faut reconnaître qu'elle a été un grand succès pour l'industrie aéronautique américaine.

Une étude de l'Air Industries Association of America faite en 1953 montre que sur 67 compagnies aériennes membres de l'I.A.T.A. opérant dans 43 pays différents, 86 p. 100 des avions de transport exploités

par ces compagnies ont été construits aux U.S.A. donnant 76 p. 100 des passagers transportés par les services réguliers et 88 p. 100 des mille passagers.

Sur 2 441 avions de transport en service, 333 n'avaient pas été fabriqués aux U.S.A.

Sur 43 pays, 17 dont 2 dominions britanniques avaient un parc aérien américain 100 p. 100. En Grande-Bretagne, 48 p. 100 avions commerciaux étaient américains; en France, cette proportion atteignait 80 p. 100.

Je n'ai pas le résultat d'une telle étude pour 1954. Des changements importants sont, à ma connaissance, intervenus, dus au développement de l'industrie britannique. Le grand succès du Vickers Viscount dont 103 exemplaires ont été vendus en dehors du Royaume Uni, fait que des avions britanniques voleront dès 1955 sur le territoire américain et les 2 Dominions britanniques que je citais tout à l'heure (le Canada et l'Australie) utiliseront eux aussi le Vickers dès 1955.

L'autre politique suivie par la Grande-Bretagne semble maintenant devoir donner des résultats intéressants. Je viens d'évoquer les brillants résultats acquis par la société Vickers. Je dois aussi, pour être équitable, mentionner le douloureux échec du Comet et l'inconnu qui règne sur le Britannia. C'est également la politique française liée par la force des choses au développement de notre Armée de l'Air et de son rôle au sein des organisations interalliées de défense commune. Souhaitons que l'industrie française puisse, à son tour, s'enorgueillir de succès analogues à celui du Vickers, avec le Hurel-Dubois et le Caravelle.

Cependant, il faut noter que, en Grande-Bretagne comme en France, les industriels ont reçu, par le truchement des marchés de prototypes, une aide substantielle, alors que les constructeurs américains ont pris la responsabilité totale de la mise en chantier de leurs prototypes civils.

Mais, sur le plan de la production et, par conséquent, sur celui des prix de fabrication, les constructeurs américains se sont trouvés, en définitive, dans une situation particulièrement confortable et, en revanche, les constructeurs britanniques et français, devant une concurrence technique d'une remarquable qualité, aidée par les considé-

rations financières que j'évoquais tout à l'heure, ont une tâche redoutable.

Pour illustrer mon propos, j'indiquerai que le chiffre d'affaires des principaux constructeurs américains, en ce qui concerne la fabrication d'avions civils de transport, est au maximum de 9 p. 100 de leur chiffre d'affaires total, alors que pour certains constructeurs britanniques, il dépasse nettement cette proportion.

On imagine, dans ces conditions, combien redoutable sur le plan financier peut être un échec et vous saisissez immédiatement à quelle récente catastrophe je fais allusion.

Aussi, une activité de construction en majorité civile ne peut s'imaginer qu'avec une garantie ou une aide financière de l'État. Cette garantie ou cette aide peuvent se présenter sous des formes diverses (primes à l'exportation par exemple), mais j'aborde là un problème qui s'inscrit obligatoirement dans une politique d'ordre économique sur le plan national que je ne me permettrai pas d'évoquer.

En revanche, il est bon, je crois, d'examiner une incidente de ce problème de politique nationale de construction aéronautique civile; c'est celle de la collaboration entre utilisateurs et constructeurs français, pour permettre une exportation suffisante du matériel national et arriver à un amortissement convenable des études de ce matériel. Sujet délicat, n'est-il pas vrai, qui a déjà fait couler beaucoup d'encre.

En fait, la solution de ce problème ne peut se trouver que dans les mains des Pouvoirs Publics.

Une compagnie de transports aériens et, en particulier, une Compagnie Nationale, propriété de la Nation, doit-elle être seulement une entreprise purement commerciale, s'efforçant de lutter au mieux contre la concurrence internationale et nationale, et devant avoir, de ce fait, une quasi totale liberté d'action dans la conduite de sa politique et, en particulier, de sa politique de matériel ou au contraire doit-elle être au surplus une aide possible à la construction française, en prouvant, par les faits, qu'un matériel français, exploité par elle en vraie grandeur, est susceptible de satisfaire rationnellement, c'est-à-dire à la fois techniquement et financièrement, les besoins d'utilisateurs étrangers?

A mon sens, il faut qu'à un moment donné, c'est-à-dire pour un programme d'exploitation mis sur pied en fonction de besoin commerciaux bien analysés, l'entreprise de transport aérien soit certaine de disposer des avions qu'elle a commandés. Il n'est pas possible de consentir à des retards dans les livraisons excédant quelques mois (6 mois au maximum) sauf cas de force majeure et des clauses de résiliation extrêmement précises doivent sauvegarder, du moins en partie, l'entreprise du préjudice dû à ces retards.

Il faut également que le matériel français présente, sur le plan de la sécurité et sur le plan des performances, les mêmes garanties qui sont données par contrat, par le matériel étranger.

La sécurité est, en principe, définie par des textes réglementaires dans les différents pays du monde.

A l'époque des premiers avions, il n'existait aucune réglementation imposant des règles de construction. Chacun des pionniers s'efforçait en premier lieu de faire voler son matériel. Les questions de sécurité passaient ensuite.

Le développement de l'aéronautique militaire amena les États, pendant la première guerre mondiale et immédiatement après, à créer des administrations chargées du contrôle de la construction d'un matériel dont l'importance militaire allait en croissant.

Les études conduites à mesure que se développaient les appareils et que leurs performances croissaient amenèrent dans les différents pays les administrations à établir des réglementations concernant certains points importants, en particulier, la résistance des structures en fonction des performances et compte tenu des conditions météorologiques, les qualités de vol concernant la stabilité des appareils dans l'espace et leur maniabilité, enfin à fixer, dans beaucoup de cas, des cahiers des charges précis concernant les caractéristiques auxquelles devaient répondre les équipements.

Dès 1919, ces autorités se préoccupèrent des conditions auxquelles devraient répondre les aérodynes susceptibles de transporter des passagers à titre onéreux.

Les réglementations concernant les structures et les qualités de vol s'inspirèrent des conditions en vigueur pour le matériel mili-

taire, mais pour les avions de transport, il apparut, dès cette époque, que les charges utiles admissibles devaient être strictement définies en cherchant un compromis satisfaisant entre l'idée de rentabilité qui pourrait les augmenter au maximum et celle de sécurité qui conduisait à limiter le poids total des avions de transport, à renforcer différents éléments de leur structure et à multiplier leurs équipements techniques aux dépens de la charge utile.

Durant toute la période allant de 1919 à la deuxième guerre mondiale, les seules exigences imposées aux appareils de transport, souvent monomoteurs, consistaient à leur demander de pouvoir passer un obstacle de 15 m à 600 m de leur point de départ, cette obligation correspondant aux dimensions des premiers terrains, et à avoir une certaine vitesse ascensionnelle pour assurer une sécurité minima aux cas fréquents où les moteurs ne donnaient pas la puissance espérée.

Le développement des multimoteurs conduisit à imposer aux appareils de cette catégorie la possibilité du vol en croisière à 1 500 m avec un moteur stoppé, l'autre étant à la puissance maxima.

Grâce au développement des groupes moto-propulseurs il devint possible d'exiger plus des appareils civils et la réglementation américaine de 1942 faisait, pour la première fois, paraître une notion très nouvelle.

Considérant que la panne de moteur peut se produire à n'importe quelle phase du vol, elle posait en principe que, pour les avions multimoteurs qui devenaient pratiquement les seuls employés au transport public, l'arrêt d'un moteur à n'importe quel moment du vol devait pouvoir intervenir sans que la sécurité soit compromise; ceci avait pour conséquence de définir dans la période du décollage, une vitesse critique et à exiger des longueurs de piste suffisantes pour que, si une panne subite de moteur se produisait avant que cette vitesse soit atteinte, l'appareil puisse s'arrêter dans les limites du terrain; si, au contraire, elle se produisait quand cette vitesse était dépassée, le décollage devait pouvoir être obtenu avec le moteur arrêté. Le pilote avait ainsi soit la possibilité de revenir se poser sur le terrain, d'où il avait décollé, soit d'atteindre un autre terrain de son choix.

Si une panne de moteur survenait au cours du vol, l'avion devait également pouvoir achever son étape sans dépasser avec les moteurs restants la puissance maximum continue.

Cette réglementation a été extrêmement fructueuse. Elle a amené les constructeurs américains à construire la plupart des avions de transport qui assurent aujourd'hui le transport public dans le monde et ses principes ont été pratiquement repris par les différentes réglementations nationales.

Actuellement, les règles concernant les limites de poids se trouvent en général divisées en deux parties : une première, dite du certificat de navigabilité (C.D.N.), figure sur le document qui porte ce nom, délivré par les autorités chargées du contrôle des avions civils et fixe les poids maximum admissibles dans différentes conditions.

La nécessité de limiter les poids pour assurer la sécurité et le désir légitime qu'ont les utilisateurs de pouvoir transporter la charge maximum en même temps que l'influence très importante sur les performances de certains facteurs tels que la température, la longueur de piste, l'altitude des terrains, l'altitude de vol et la nature des pays survolés, amènent, pour chaque type d'appareil, à établir un document très détaillé dont la présentation est fixée par un règlement d'opération qui constitue la 2^e partie de cet ensemble. Ce règlement d'opération étudie l'influence de ces différentes variables sur les performances de l'avion considéré.

Pour donner un exemple de la minutie avec laquelle les questions de poids doivent être suivies dans la construction aéronautique, on peut indiquer que, pour une machine destinée au transport aérien, il y a, en général, au C.D.N. déjà, un certain nombre de poids maximum prévus. Le premier est le poids maximum au décollage qui ne doit pas être dépassé, quelle que soit la longueur des pistes. Ce poids est en général limité par les conditions de vitesse ascensionnelle avec un moteur arrêté, au voisinage du sol, à la température standard de 15°. Il ne peut être dépassé en aucun cas. Un deuxième poids limite est, en général, le poids maximum autorisé à l'atterrissage.

Les efforts subis par le train à l'atterrissage ne sont pas de même nature que ceux qu'il subit au décollage. Les trains d'atter-

rissage et leurs amortisseurs sont calculés en conséquence et leurs dimensions correspondent à un poids d'atterrissage sensiblement plus faible que celui du décollage. Un maximum qui, cependant, conduit à une économie de poids sur les structures est le deuxième poids limite que l'on trouve sur le C.D.N.

Le poids d'atterrissage maximum autorisé doit comporter normalement une réserve d'essence destinée à pouvoir gagner le terrain de déviation si le terrain de destination, pour une raison quelconque, n'est pas abordable.

Ce carburant est normalement stocké dans la voilure de l'avion. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir que la différence entre le poids à vide équipé et le poids d'atterrissage autorisé soit transportée dans le fuselage. Celui-ci est prévu pour recevoir une certaine charge. Il suffit donc que les structures soient calculées de manière à permettre de mettre dans le fuselage le chargement correspondant à son volume, le carburant étant réparti dans la voilure.

Il en résulte un poids autorisé vide d'essence sensiblement plus petit que le poids d'atterrissage.

Ces différences sont importantes, particulièrement sur les avions ayant des rayons d'action étendus. C'est ainsi qu'un avion tel que le 1049.G ayant un poids maximum au décollage autorisé de plus de 62 t n'a guère qu'un poids d'atterrissage admissible de 51 t et un poids vide d'essence d'un peu plus de 46 t.

La réglementation américaine des certificats de navigabilité comportait la fixation de certains facteurs relatifs aux vitesses ascensionnelles au voisinage du sol avec une certaine marge arbitraire permettant de s'accommoder de certaines variations de température et d'humidité.

Les services britanniques ont étudié voici plusieurs années une réglementation dite rationnelle qui donne des marges plus faibles et autorise, dans les cas favorables, des poids plus élevés. En revanche, les variations en fonction de la température et de l'altitude doivent être corrigées avec précision.

La réglementation britannique et, dans une certaine mesure, la réglementation française, sont actuellement basées sur ces études.

Le transport aérien étant international

par nature, il est apparu très vite qu'il était désirable d'harmoniser les différentes législations relatives au C.D.N. pour créer un standard homogène de transport aérien.

La première entreprise de cette nature a été l'organisation de la C.I.N.A. en 1919 qui, outre une série d'accords sur les conditions du transport et l'infrastructure, fixait dès l'époque de sa fondation, les bases du C.D.N. consistant à imposer le passage d'un obstacle de 15 m à 600 m du point de départ.

Vers la fin des hostilités, dès 1944, les États-Unis provoquèrent la réunion, à Chicago, d'une assemblée à laquelle les principales puissances intéressées étaient représentées et qui avait pour but la fondation d'une organisation chargée de régler les questions relatives au transport aérien (O.A.C.I.).

Cette organisation compte aujourd'hui à son actif un grand nombre de réalisations facilitant le transport aérien.

En ce qui concerne les conditions du C.D.N., ses services techniques, après études approfondies de ces questions, tendent à renoncer à créer une réglementation universelle pour s'efforcer de fixer plutôt un cadre général avec des minima définis que les différentes législations devront préciser et dépasser. Cette politique évite les délais qui seraient nécessaires pour que tout changement mineur de réglementation soit ratifié par tous les États qui composent l'O.A.C.I.

Dans le domaine de la collaboration internationale, on peut aussi citer les travaux du Comité Technique de l'I.A.T.A., association qui groupe les Compagnies de transport régulier.

Ses travaux, menés en plein accord avec l'O.A.C.I. permettent aux transporteurs de faire connaître leur point de vue sur les questions qui les intéressent tout particulièrement.

En ce qui concerne les performances, les services responsables et en particulier le C.E.V. donnent à l'utilisateur toutes les garanties nécessaires sur leur valeur.

Des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine de la détermination des performances et des qualités de vol des avions et je me dois, à cette occasion, d'évoquer avec émotion le souvenir de mes camarades, l'Ingénieur en Chef Cambois, Directeur du Centre d'Essai en vol, mort

tragiquement dans un accident de voiture, et l'Ingénieur en Chef Hussenot, mort en service aérien commandé, qui ont fait faire à ces techniques de très importants progrès.

Nous sommes loin des premières tentatives de mesure des vitesses des avions, au cours desquelles on étalonnait les badins en se contentant de noter avec un chronomètre le temps de passage devant deux repères distants de quelques centaines de mètres et je me souviens, à ce propos, d'une anecdote relatée avec beaucoup d'humour par Monsieur l'Ingénieur Général Dumanois : la mise au point d'un système synchronisé de photographie avait beaucoup amélioré la précision de ces étalonnages, ce qui avait provoqué, de la part de certains constructeurs, une protestation auprès du Ministère de l'Air de l'époque, car leurs avions, du coup, avaient perdu quelques km/h.

Ces données techniques, dates de livraison, performances, qualités de vol, étant acquises, donc connues de l'utilisateur, reste à examiner l'incidence financière de l'opération d'achat du matériel.

J'ai parlé tout à l'heure de la compétition internationale et de la compétition nationale. Dans les deux cas, il est évident que les prix de revient du transport de la tonne kilométrique ou du passager kilomètre doivent être du même ordre que ceux d'avions étrangers concurrents.

Les prix de revient sont fonction d'un certain nombre de paramètres, dont les principaux sont :

- le taux d'amortissement,
- le coût de l'entretien,
- le coût du personnel navigant,
- le coût du combustible.

Il n'y a pas de raison que les deux derniers facteurs puissent être au désavantage du matériel français, du moins en ce qui concerne la responsabilité qui incombe au constructeur.

Le coût de l'entretien est en grande partie fonction de la qualité de l'interchangeabilité. D'où la nécessité, dans la fabrication, de réaliser un plan de contrôle des différentes opérations d'entretien — je dois dire à ce sujet que l'expérience acquise par les utilisateurs et en particulier la Compagnie Nationale a pu être mise au service des constructeurs français et ceux-ci ont bien voulu trouver dans cette expérience une volonté

d'aide constructive et non une brimade.

Il est bien évident que les équipements montés sur des avions doivent eux-mêmes présenter des qualités de bon fonctionnement et d'endurance du même ordre que ceux fabriqués à l'Étranger. Là, le critère de la durée de fonctionnement entre révisions est absolument essentiel.

Quant au taux d'amortissement, il est lui-même fonction des prix de construction, de la période estimée raisonnable sur laquelle doit porter cet amortissement et éventuellement de la valeur résiduelle du matériel estimé amorti.

Nous avons pu constater que des équipements français tels que le directionnel et l'horizon SFENA, ainsi que le gyro-compas BEZU avaient, sur le plan de la précision et de l'endurance, des qualités comparables à la plupart des équipements étrangers et même supérieures à certains d'entre eux.

C'est la raison pour laquelle nous avons adopté ces matériels, non seulement pour les avions français comme le Bréguet, mais aussi pour les avions étrangers.

En évoquant le premier facteur, le prix de construction, j'aborde le cœur du problème. Comme je l'ai dit tout à l'heure, ce prix est essentiellement fonction du volume de la série à construire. L'utilisateur français doit-il supporter les aléas d'une chance éventuelle de développement de cette série, c'est-à-dire d'une exportation possible? A mon avis, non! Aux Pouvoirs Publics qui veulent, et sans doute à juste raison, donner une chance à l'Industrie Nationale, d'apporter, sous une forme à déterminer, une aide, aussi substantielle doit-elle être. Mais cette aide doit être donnée directement au constructeur et non pas à l'utilisateur. Je veux dire par là que prendre à la charge des Pouvoirs Publics une partie du prix de revient de l'exploitation, ou du coût d'amortissement, suivant un contrat passé avec l'utilisateur risque, en masquant la qualité même de la gestion de cet utilisateur, de lui faire supporter, par cela même, sinon un préjudice financier, du moins peut-être un préjudice moral.

En bref, l'utilisateur ne doit tenir compte que de la valeur compétitive, si vous me permettez l'expression, du matériel qu'il a décidé d'acquérir. La période sur laquelle doit porter l'amortissement doit tenir compte

des provisions nécessaires au renouvellement de la flotte. Pour cela même, je rejoins l'idée que j'exprimais tout à l'heure : nécessité impérative du respect des délais de livraison.

Enfin, quant à la valeur résiduelle du matériel estimé amorti, c'est là une affaire qui concerne seul l'utilisateur. Je pense que, sur des secteurs spécialisés comme ceux de l'Union Française ou sur des liaisons purement nationales comme celles réunissant la Métropole aux différents pays de l'Union Française, sur lesquels ne joue pas la concurrence internationale, l'utilisation d'un matériel déclassé tout en restant acceptable comme le Constellation, permet un complément d'amortissement intéressant, et sans doute eut-il été plus raisonnable de limiter les achats de matériel étranger par certaines Compagnies privées en obtenant, en revanche, une entente raisonnable entre la Compagnie Nationale et ces Cies privées pour l'utilisation de ce matériel déclassé.

J'ai dit, il y a quelques instants, que ces critères d'adoption d'un matériel me paraissent essentiels au maintien d'une position concurrentielle sur le plan international et sur le plan national.

Je me dois d'ajouter que, sur le plan de la compétition nationale, il serait évidemment inconcevable de faire supporter à la seule Compagnie Nationale un handicap éventuel des charges dues à l'utilisation de matériel français, tout en acceptant pour ses Concurrents les avantages de l'utilisation d'un matériel étranger moins onéreux à exploiter.

Je n'irai pas jusqu'à dire que, en contrepartie, la Compagnie Nationale doit bénéficier sur certains réseaux ou certains secteurs, d'un monopole. Ce serait contraire aux idées que j'exposais précédemment, c'est-à-dire séparer nettement et sans ambiguïté les responsabilités du constructeur et de l'utilisateur.

Vous voyez que le problème de l'aide que doit apporter à la Construction Nationale les utilisateurs français n'est pas un problème simple. En plus de la nécessité d'ordonner la concurrence, il est également indispensable de traiter ces problèmes d'acquisition de matériel sur une base commerciale saine.

J'ai essayé, par ce long préambule, de vous exposer les raisons du choix de l'utilisateur. Quelles sont, en conséquence, les caractéristiques de l'avion qu'il exploite aujourd'hui?

On peut dire que le développement des avions commerciaux est caractérisé par une augmentation notable des rayons d'action, un accroissement assez sensible des charges marchandes, des gains très importants en vitesse de croisière, et des améliorations dans les conditions de décollage et d'arrêt ayant permis de conserver souvent les mêmes caractéristiques des pistes d'envol.

L'augmentation des rayons d'action est due en faible part, du moins en ce qui concerne les avions équipés de moteurs à pistons, à l'amélioration des consommations spécifiques de ces moteurs. Le compoundage qui vient de faire son apparition sur les nouveaux moteurs de la Société Wright qui équipent les Superconstellation, a apporté à lui seul un gain substantiel de l'ordre de 10 p. 100 sur les consommations.

En revanche, l'amélioration de la finesse des avions, par des études systématiques de capotages des groupes motopropulseurs, la possibilité de voler à haute altitude, les systèmes de pressurisation des cabines étant maintenant parfaitement au point, la meilleure efficacité des systèmes d'hypersustentation permettant des charges alaires élevées, enfin l'augmentation de capacité des réservoirs de combustible sont, parmi d'autres, les facteurs qui ont permis cette augmentation notable des rayons d'action.

Le profit que retire l'utilisateur d'un rayon d'action plus grand est en général considérable : il lui évite, en effet, des escales techniques, toujours onéreuses à équiper, et donne à la clientèle une satisfaction à laquelle elle s'est montrée toujours sensible.

Dès qu'Air France a mis en service le Superconstellation sur la ligne France-Amérique du Sud, en effectuant sans escale la traversée Dakar-Rio et vice versa (en évitant l'escale de Récife qui ne présente aucun intérêt sur le plan commercial), la Compagnie Nationale a retrouvé le premier rang parmi les 9 Compagnies qui survolent l'Atlantique Sud.

Vous avez pu lire dernièrement la publicité certainement très coûteuse qu'a faite la PAA, en parlant de son nouveau Stratocruiser capable de voler sans escale de New-York à Londres et Paris. Il s'agit en réalité du Stratocruiser classique, auquel il a été ajouté des réservoirs supplémentaires, la concurrence des Superconstellation d'Air France et de KLM qui font, dans 95 p. 100 des cas, des traversées directes de l'Atlantique Nord, s'avérant, en effet, redoutables pour PAA.

Le gain sur les charges marchandes est, bien entendu, particulièrement prisé par les utilisateurs, car, sur une étape donnée, elle représente le critère de rentabilité le plus exact. Les constructeurs n'ont pas manqué de porter leurs efforts sur ce point, et on a vu des avions comme le Constellation, améliorer par des modifications successives de structure, combinées avec des rendements meilleurs des groupes motopropulseurs, leurs possibilités d'emport.

Le Constellation certifié en 1945 à 42 500 kg, a pu être poussé à 45 500 kg, puis 48 000 kg, gagnant en charges marchandes ou en carburant 3 000 kg, puis 1 800 kg. Il en a été de même pour le Douglas DC.4 passé de 25 000 kg à 32 000 kg, et pour le DC.6, passé de 45 000 kg à 48 000 kg.

On retrouve le même souci chez les Britanniques où le Vickers Viscount, certifié actuellement à 23 000 kg doit être, dans un avenir proche, porté à 26 000 kg gagnant ainsi 2 000 kg en carburant et de charge marchande.

En France, le Bréguet 763, après des essais très récents au CEV, a vu son poids total augmenté de 48 t à 51,6 t donnant sur certaines étapes un gain très appréciable de 2,5 t de charge marchande.

Ces progrès sur les charges marchandes sont dus surtout aux gains sur les structures des machines. L'utilisation de nouveaux matériaux, comme le titane par exemple, le développement d'un outillage de plus en plus perfectionné, permettant de nouveaux procédés de fabrication, comme la soudure électrique, sont ceux qu'il faut citer en premier lieu avec, comme pour les rayons d'action, l'accroissement des vitesses.

Cependant, je dois dire que, jusqu'ici, les progrès sur l'aérodynamique des ailes

ont été relativement modestes et qu'il y a à attendre de ce côté des gains très substantiels.

Les vitesses de croisière ont augmenté depuis quelques années d'une manière appréciable, de l'ordre de 250 km/h.

Et les Compagnies Aériennes doivent tenir compte de l'intérêt, quelquefois exagéré, que marque leur clientèle sur un gain de temps qui se solde parfois par quelques minutes sur un long parcours. La lutte présente entre le DC.7 et le Superconstellation sur les lignes continentales des États-Unis en est un exemple.

Sans doute, le passager ne se soucie-t-il pas que la vitesse coûte très cher, et que le temps qu'il lui faut passer en formalités de toutes sortes entre parfois pour une large part dans la durée totale de son voyage. Mais, pour être juste, le passager aime-t-il tellement être en l'air?

Des progrès importants ont été réalisés sur les longueurs de décollage et d'atterrissage. Ils étaient nécessaires sur le plan de la sécurité et ont eu des conséquences heureuses sur le plan de l'infrastructure.

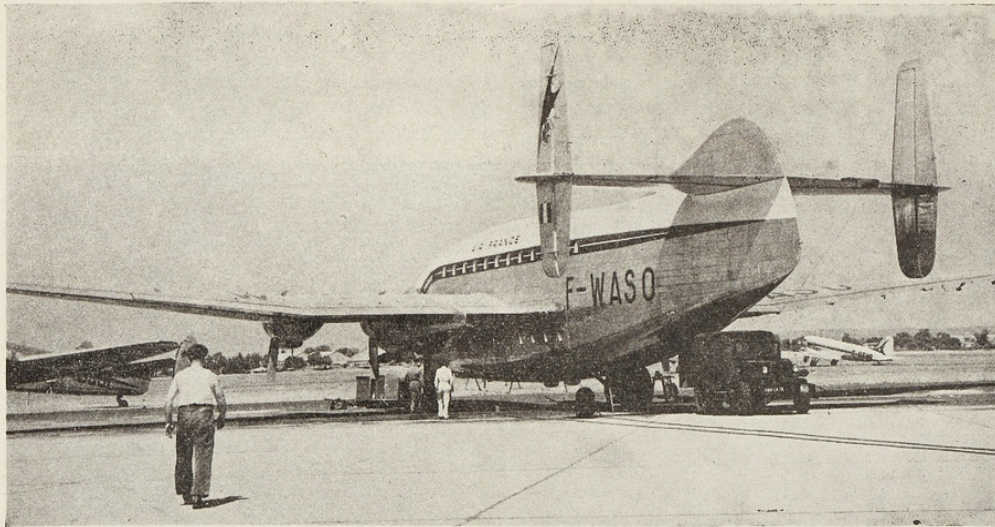
Les puissances de plus en plus accrues des groupes motopropulseurs, l'efficacité meilleure des systèmes hypersustentateurs ont permis ces progrès.

En ce qui concerne les longueurs d'atterrissage, l'amélioration du freinage par la mise au point de dispositifs genre Maxaret ou Ministop (que nous expérimentons actuellement sur les Vickers) a été très efficace. Mais le progrès le plus net dans ce domaine a été la mise au point définitive des systèmes de réversibilité du pas des hélices, donnant un freinage excellent et sûr, en particulier sur des pistes mouillées ou verglassées.

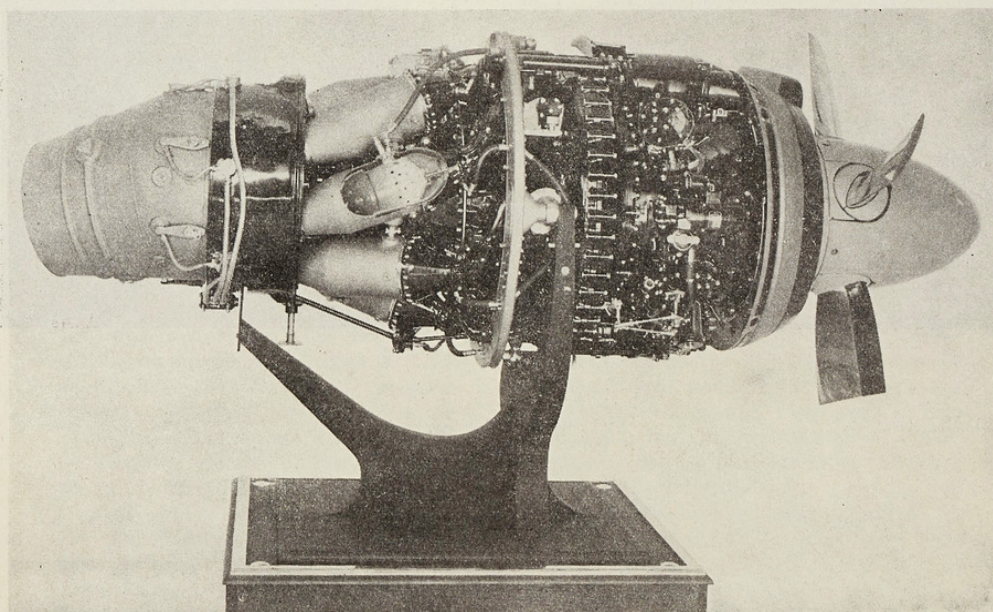
Si les avions ont pu réaliser des progrès considérables sur le plan des vitesses de croisière et des rayons d'action, des progrès plus modestes toutes proportions gardées sur les charges marchandes, c'est évidemment surtout au développement des moyens de propulsion qu'ils le doivent et, si vous le permettez, je m'étendrai quelque peu sur ce sujet.

Les deux années qui viennent de s'écouler nous ont permis, en effet, d'utiliser en même temps des moteurs à piston classiques, des turbine-hélices, des réacteurs.

Les moteurs à piston classiques ont vu



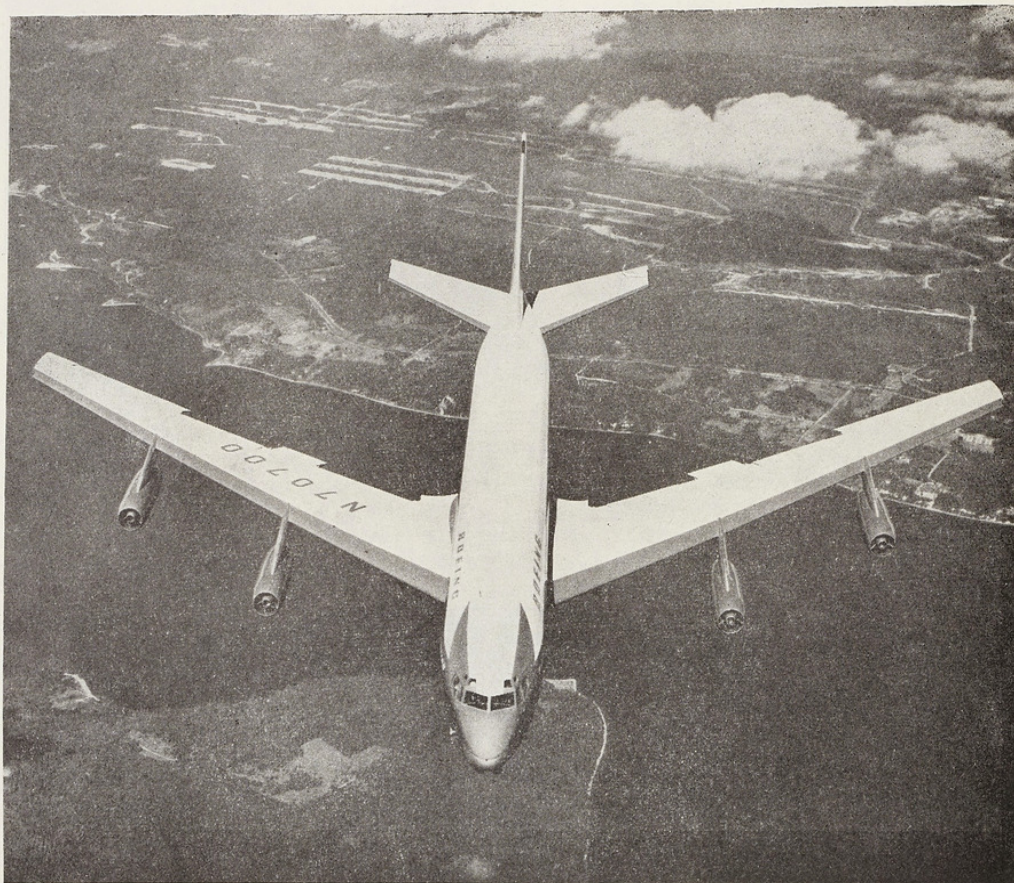
Bréguet Deux-Ponts.



Inform. Aéro.

Turbo-Propulseur Dart.

Phot. Rolls-Royce Ltd.



Inform. Aéro.

Boeing 707 en vol.

Phot. Boeing Air. Co.

leur puissance se développer d'une manière importante, puisque les moteurs qui équipaient et qui équipent encore les DC.3 (Les Pratt et Whitney 1830) qui datent de la guerre, développent 1 200 ch au décollage et sont utilisés à 600 ch en croisière, alors que les moteurs à piston les plus poussés qui sont les Wright Cyclone TC18 DA1 développent 3 200 ch au décollage et 1 600 ch en puissance de croisière. Entre parenthèse, ce moteur à piston le plus évolué actuellement est le premier moteur compoundé, la puissance des gaz d'échappement étant utilisée pour actionner 3 turbines qui donnent au moteur, par une transmission directe de la puissance au vilebrequin, une puissance supplémentaire de 150 ch par turbine.

Les moteurs à piston classiques ont, d'autre part, augmenté d'une manière considérable la qualité de leur fonctionnement, puisque les périodes entre révisions générales qui, il y a quelques années, dépassaient rarement 800 heures, atteignent maintenant 1 700, et même, dans certaines Compagnies Américaines, 2 000 heures, en ce qui concerne, en particulier, les moteurs Wright 18 BD qui équipent la plupart des Lockheed Constellation 749.

Ces révisions générales demandent, en moyenne, de l'ordre de 550 heures de main-d'œuvre et 4 000 \$ de pièces (1 400 000 fr.).

Il faut cependant indiquer que la conduite de ces moteurs, en vol, demande énormément de soins, et c'est la raison pour laquelle toutes les Compagnies Aériennes et en particulier la Compagnie Air France ont consacré beaucoup de temps et d'argent à donner aux Mécaniciens Navigants une qualification très poussée.

On peut encore prévoir un développement des moteurs à piston avec, semble-t-il, un plafond de puissance de l'ordre de 4 500 ch au décollage et 2 000 ch en puissance de croisière. C'est dans cette voie que s'oriente, en particulier, la Société Wright qui a déjà mis au point le dérivé du moteur Compound actuel, le TC DA3 qui équipera les Super Constellation 1049 G et ultérieurement le EA1 qui marquera une autre étape vers ce plafond.

L'utilisation des moteurs à grande puissance, conduit à des problèmes difficiles en ce qui concerne les hélices, et un certain

nombre d'incidents spectaculaires ont montré avec quel soin les constructeurs d'hélices doivent les étudier. Des bancs d'essais extrêmement modernes permettent de déterminer les contraintes du métal dans les pieds de pales et dans les pales elles-mêmes, en tenant compte des fonctionnements defectueux éventuels des moteurs, en particulier dans le cas d'un ou deux cylindres ne fonctionnant pas correctement. Ces mesures de contraintes doivent également être faites en vol et les révisions des hélices et des différents mécanismes qui les composent (réducteurs, systèmes de changement de pas, systèmes de réversibilité) doivent faire l'objet de soins très méticuleux.

Le développement des systèmes genre Scintilla permettant d'analyser en vol le fonctionnement des moteurs est d'un grand secours pour les mécaniciens navigants et se généralise petit à petit sur les différents avions de lignes aériennes.

L'expérience acquise sur les turbo-propulseurs est, pour le moment, relativement modeste, tant sur le plan militaire que sur le plan civil.

Cependant, un certain nombre de Compagnies Aériennes, dont la Compagnie Air France, utilisent depuis plus d'un an les turbine-hélices Rolls Royce Dart qui développent 1 400 ch au décollage et 1 150 ch en croisière, et quelques incidents récents ont montré que des améliorations sérieuses doivent être apportées en ce qui concerne notamment les compresseurs et les aubes des turbines. Il s'agit en particulier de l'amélioration de certains traitements thermiques.

En ce qui concerne la longévité de ce nouveau système de propulsion, peu d'indications peuvent être fournies pour le moment. Les périodes entre révisions sont limitées à 650 heures de vol et, bien que ces révisions soient moins onéreuses que celles des moteurs à piston classiques, il faut souhaiter pouvoir arriver d'ici deux ans au maximum, à des périodes entre révisions de l'ordre de 1 500 h.

Des progrès notables sont attendus, du côté des consommations spécifiques dont le taux élevé aux basses altitudes met les équipages des avions équipés de ces turbine-hélices devant certaines difficultés d'attente et de procédure d'atterrissage, dans le cas

de mauvaises conditions météorologiques sur des terrains encombrés.

Ces progrès dans les consommations spécifiques se feront vraisemblablement en augmentant considérablement les taux de compression des gaz brûlés dans les chambres de combustion (taux allant à 9 ou 10), ce qui peut conduire à des encombrements et des complications importantes.

Des turbine-hélices à beaucoup plus grande puissance, telles que le Proteus, de la Société Bristol, le T34 de la Société Pratt et Whitney, et le T36 de la Société Allison, équipent dès maintenant un certain nombre de prototypes et leur développement est suivi avec beaucoup d'intérêt par les utilisateurs civils.

Certaines de ces turbine-hélices, comme le T-34 Pratt et Whitney, développent 6 000 ch au décollage, et posent dès maintenant des problèmes redoutables, en ce qui concerne les hélices adaptées à ces turbines-hélices, tant au point de vue des contraintes que du système de mise en drapeau automatique, laquelle doit être pratiquement instantanée en cas de panne au départ.

Le fait que l'Armée et la Marine américaines semblent s'intéresser à une utilisation en grande série d'avions de transport militaires équipés de ces turbine-hélices à grande puissance permet d'espérer que des moyens financiers considérables seront consacrés à la mise au point de ces engins, mise au point dont bénéficieront, bien entendu, les utilisateurs civils. C'est la raison pour laquelle la Société Lockheed et la Société Pratt et Whitney ont décidé, dès maintenant, d'investir pour leur propre compte des sommes considérables (le chiffre de 50 Millions de \$ a été prononcé) pour réaliser une série de 4 prototypes civils (le Superconstellation 1449) équipés de 4 turbine-hélices Pratt et Whitney T34 (la version civile de cet engin s'appellera le PT2). La Société Lockheed a décidé de lancer une fabrication en grande série de ce nouveau type d'avions et prévoit des livraisons aux utilisateurs à partir de 1957. J'ai appris officiellement hier que la Compagnie Aérienne Transworld Airlines avait commandé ferme 25 avions de ce type livrables entre le 1^{er} février et le 1^{er} septembre 1957.

Enfin, il est beaucoup parlé également

d'une étude entreprise par la Société Rolls Royce pour la réalisation d'une turbine-hélice développant 4 500 ch environ (RB109), turbine-hélice à laquelle s'intéresserait la Société Douglas qui prévoierait la réalisation d'un prototype dérivé du DC.7, le DC.7 D.

En ce qui concerne les réacteurs purs, l'expérience acquise par les Compagnies Aériennes est très modeste, puisque les seuls avions commerciaux équipés de réacteurs ont été les Comet I, qui, avant les accidents spectaculaires survenus en Méditerranée, avaient réalisé au total environ 35 000 heures de vol. Cette modeste expérience a conduit à montrer que le fonctionnement des réacteurs Ghost fabriqués par la Société De Havilland était, en vol, relativement sûr, et la période entre révisions fixée, avant l'arrêt des avions, à 450 heures, devait être augmentée jusqu'à 600.

Vous connaissez cependant le handicap lié à l'utilisation des réacteurs (influence considérable de la température et de l'altitude donnant au décollage des puissances relativement faibles), ce qui avait conduit la Société De Havilland à améliorer l'aérodynamique du Comet pour diminuer d'une manière sensible les longueurs de piste nécessaires au décollage ou, ce qui revient au même, pour ne pas pénaliser trop sévèrement les charges marchandes que l'on pouvait transporter.

L'utilisation des réacteurs de grande puissance a été faite, en revanche, sur une beaucoup plus grande échelle dans l'Aviation Militaire de différents pays. Je signalerai notamment l'expérience acquise par l'Armée Américaine qui utilise couramment les quadri-réacteurs Boeing B47 équipés de 4 réacteurs 357 Pratt et Whitney. Le 1 000^e avion de série a été livré récemment à l'Armée Américaine et des escadres ont traversé à plusieurs reprises l'Atlantique dans des conditions particulièrement satisfaisantes. Il semble, dès maintenant, que l'Armée Américaine soit disposée à utiliser en vraie grandeur également le dérivé du B47, le B52 équipé de 8 réacteurs Pratt et Whitney (J.57).

La Société Boeing, avec une telle expérience et, il faut le dire, les moyens financiers considérables que lui ont procurés des commandes de série aussi importantes, n'a pas hésité à étudier un prototype destiné dans

l'avenir à des utilisations civiles : le Boeing 707 dont le premier vol a été exécuté au mois de juillet 1954. Cet avion sera réalisé tout d'abord en version militaire (il est en principe destiné à être un avion ravitailleur en vol des B47 et des B52), et une commande de 80 exemplaires doit être, paraît-il, passée incessamment par l'Armée de l'Air Américaine. On peut donc dire que, dans un délai relativement court, la Maison Boeing sera en état de présenter aux utilisateurs civils un prototype de quadri-réacteur dont il faudra étudier avec soin les performances garanties pour voir l'intérêt qu'il peut présenter, en particulier en ce qui concerne une compétition possible avec des quadri-turbo-propulseurs.

Si, en effet, un tel avion est susceptible de transporter une charge marchande importante (elle peut être de l'ordre de 80 passagers) sur des lignes transatlantiques, en effectuant des parcours tels que Paris-New-York ou Londres-New-York sans escale à une vitesse de croisière de 1 000 km, il peut présenter, pour la clientèle de ces lignes, un intérêt considérable. Il reste à évaluer, pour des Lignes Aériennes, le coût d'exploitation dans lequel le facteur amortissement sera très élevé, puisqu'on a prononcé le chiffre de 4 millions de \$ comme prix unitaire de l'avion fabriqué en série.

Avant de quitter ce chapitre des réacteurs, je me dois de citer la réalisation, due à la technique française (il s'agit de M. Szydlowski et sa remarquable équipe d'Ingénieurs), de réacteurs de faible puissance, type Pallas, Marboré, Artouste, etc... qui peuvent constituer un appoint intéressant, pour améliorer les conditions de décollage et la tenue en cas de panne de moteur. Des expériences faites avec des DC.3 ont été, à ce point de vue, concluantes.

On prévoit des installations analogues sur des Nord 2501, et des Compagnies Américaines, qui utilisent encore le Curtiss Commando, ont marqué un vif intérêt pour ces réacteurs d'appoint.

Pour me résumer en ce qui concerne la propulsion, je dirai que le moteur à piston qui, jusqu'à ces dernières années, a été le seul employé dans le transport aérien, en a permis jusqu'à présent le développement.

Avec des consommations spécifiques très acceptables, il ne permet pas d'envisager

le vol à des altitudes supérieures à 6 ou 7 000 m. La puissance très élevée, par rapport à sa puissance de croisière, qu'il est susceptible de fournir pendant la période très courte du décollage, a permis, dans les conditions actuelles du certificat de navigabilité, d'employer avec efficacité ce genre de moteur sur des appareils pourvus de deux moteurs seulement.

Le réacteur présente des qualités et des défauts qui sont presque opposés à ceux du moteur à piston : sa poussée et sa consommation sont peu variables avec la vitesse et cet engin est essentiellement intéressant aux vitesses élevées. Aux basses vitesses, son rendement de propulsion reste médiocre, mais son faible poids d'installation permet, sans une trop lourde pénalité, de multiplier la puissance à bord des avions.

Sa consommation extrêmement élevée aux basses vitesses rend le problème d'attente à basse altitude très difficile à résoudre.

Un certain nombre de progrès apportés aux réacteurs ont permis de diminuer sensiblement les consommations spécifiques. Alors qu'avec un compresseur centrifuge, les consommations de croisière étaient de l'ordre de 1,2 kg par kilogramme de poussée, il est possible, avec des réacteurs à compresseur axial, d'arriver à 1,05 et 1 kg. Au prix de certaines complications (compresseur à double corps, système à double flux), on peut espérer des économies supplémentaires de l'ordre de 5 à 10 p. 100.

L'appareil de transport, muni de réacteurs, peut assurer des transports aériens relativement économiques, grâce à la diminution des frais kilométriques permise par les vitesses élevées qu'il nécessite. Cependant, les phénomènes de compressibilité de l'air peuvent limiter cette vitesse aux altitudes élevées ou, en tout état de cause, poser des problèmes de construction difficiles.

Il ne semble pas possible actuellement d'envisager la construction d'avions de transport supersoniques équipés de moteurs de cette nature. Leur réalisation demandera probablement des sources d'énergie différentes. La turbine-hélice de grande puissance semble devoir être un compromis intéressant. D'un poids au cheval faible, elle peut permettre des conditions de décollage relativement faciles.

La fraction de la puissance décollage utilisable en régime continu est beaucoup plus élevée que dans les moteurs à piston. La turbine-hélice peut, dans ces conditions, permettre des vols à des altitudes de croisière de 9 000 m (ce que les moteurs à pistons ne permettent pratiquement pas) et des consommations spécifiques en croisière inférieures à celles des moteurs à piston.

Il ne faut pas se dissimuler cependant que la mise au point de ces turbine-hélices de grande puissance (tant partie turbine que partie hélice) sera très onéreuse, et il faut souhaiter que le financement de son développement soit assuré.

En bref, cette dispute entre le turbo-réacteur et le réacteur pur est actuellement à l'ordre du jour des préoccupations des utilisateurs civils et beaucoup d'études sont menées actuellement par tous les utilisateurs mondiaux pour orienter, pour les très prochaines années, leur politique de matériel.

Je vous ai parlé, jusqu'ici des cellules et des moyens de propulsion. L'équipement des avions modernes est un des points les plus importants de la technique moderne. En effet, le vol par tous les temps d'avions à hautes performances, leurs possibilités d'approche et d'atterrissage dans les aérodromes souvent très encombrés, nécessitent, pour respecter la sécurité et la régularité de l'exploitation des lignes aériennes, des équipements modernes d'une technique de plus en plus poussée.

Depuis très longtemps, les pilotes automatiques, qui soulagent, au cours de la croisière, le travail des équipages sont entrés dans leurs mœurs. Leur fonctionnement peut être considéré comme sûr, mais demande des moyens d'entretien et de révision très poussés, et par conséquent, très onéreux. Depuis un an, des essais sont entrepris pour arriver à l'utilisation courante de l'approche et de l'atterrissage automatiques. L'asservissement du pilote automatique et des manettes de gaz à la trajectoire idéale définie par le système automatique d'approche appelé ILS, est le principe sur lequel est basée cette réalisation.

Il n'est pas dans l'esprit des utilisateurs de prétendre que des moyens automatiques d'approche et d'atterrissage permettront des arrivées avec ce que nous appelons 00,

c'est-à-dire plafond et visibilité nuls, mais pour des conditions météorologiques données, au-dessous desquelles nous estimons ne pas devoir tenter un atterrissage, d'augmenter la proportion des atterrissages réussis.

L'un des plus importants rôles des équipages actuels est d'effectuer une navigation précise. En effet, une navigation précise est nécessaire pour limiter les quantités d'essence à emporter et augmenter en conséquence les charges marchandes, et est également nécessaire pour éviter les collisions éventuelles sur des routes qui, même au-dessus de l'Océan, deviennent de plus en plus encombrées. A la demande pressante des Compagnies Aériennes, les systèmes de navigation se sont implantés et s'implantent encore dans le Monde. Les moyens de navigation à courte et moyenne distances qui, avant la guerre, étaient constitués par des goniomètres à moyenne fréquence sont maintenant constitués pour la plupart par des radiophares utilisés par les équipages au moyen de radio-compas automatiques et par des radiophares à faisceaux dirigés (ranges).

Ces systèmes font de plus en plus disparaître l'intervention personnelle des équipages, ce qui n'a pas été sans créer de leur part quelque réaction.

Cependant, d'autres systèmes de fonctionnement plus sûrs, en particulier en cas de perturbations ionosphériques, se développent. Il s'agit des nouveaux systèmes VOR (phares omnidirectionnels) dont plus de 400 sont dès maintenant en fonctionnement aux États-Unis et dont l'implantation doit se faire très prochainement dans d'autres Pays du Monde. (Nous espérons que dans le courant de 55, le territoire français métropolitain sera équipé de 6 VOR.)

Ces moyens de navigation à courte et moyenne distance peuvent permettre la réalisation de ce que nous appelons des voies aériennes, véritables couloirs balisés que l'avion, sauf cas de force majeure, n'a pas le droit de quitter. Ce système permet un contrôle serré de la circulation aérienne et, partant, d'éviter les collisions.

L'expérience acquise lors d'une utilisation intensive des moyens VOR permet d'affirmer qu'ils résolvent de façon satisfaisante les problèmes de la Navigation Aérienne à courte et moyenne distances.

Liés aux techniques VHF, les VOR subissent évidemment les limitations de portée propres aux ondes très hautes fréquences (un peu plus que la portée optique); cette limitation à l'heureux effet de les mettre à l'abri d'interférences nuisibles, et leur fonctionnement n'étant pas influencé par les conditions atmosphériques ou statiques, de leur conférer des garanties absolues de bon fonctionnement et de précision.

Donnant des renseignements *visuels, continus, directement exploitables par les pilotes*, susceptibles d'être associés à des systèmes de mesure de distances (DME), d'être couplés à des équipements de « pilotage automatique », les VOR doivent à leur précision et à leur régularité de fonctionnement d'avoir été choisis par l'OACI comme aide standard à la Navigation Aérienne à courte distance.

Je me dois de mentionner également le système DECCA dont l'intérêt technique est indiscutable, mais qui n'a pas été adopté sur le plan international. Ceci a conduit un certain nombre de Compagnies, dont la Compagnie Air France, à n'envisager l'utilisation de ce système que pour des réseaux locaux, comme par exemple le Réseau Postal Métropolitain de Nuit d'Air France.

La navigation à longue distance a été facilitée depuis quelques années par l'implantation de moyens particuliers, dont les principaux sont : le système CONSOL et le système LORAN.

— Le Consol est un radiophare tournant à lecture auditive de point et traits.

— Le Loran est un système hyperbolique (mesures de temps). Inapte au balisage des étendues territoriales, imposant à bord un récepteur d'une technique particulière et nécessitant au sol l'implantation de stations multiples, le Loran, malgré la qualité des renseignements qu'il est susceptible d'apporter au-dessus des parcours maritimes, se trouve en fait condamné. La gamme des fréquences indispensables à son fonctionnement lui ayant été refusée (Conférence Internationale des Télécommunications et des Radiocommunications — Atlantic City 1947), il doit céder la place au Consol, système à station unique, un peu moins précis peut-être que le Loran, mais ayant l'avantage énorme de se contenter des récepteurs normaux installés à bord de tous les avions

commerciaux, voire de tous les bateaux marchands ou pêcheurs.

Ces moyens, bien qu'efficaces, sont jugés pour le moment encore insuffisants et, dès maintenant, sous la pression des Compagnies Aériennes, les États intéressés ont demandé à un certain nombre de constructeurs des systèmes plus précis et plus efficaces. C'est ainsi que l'on peut espérer voir se réaliser, dans un avenir plus ou moins lointain, de nouveaux moyens de navigation à longue distance : le système DECTRA, dérivé du Decca (système hyperbolique à comparaison de phases), ou le système DELRAC qui, toujours au stade de l'étude, aura, lui aussi, l'inconvénient de nécessiter l'implantation de stations multiples et de n'être vraiment apte qu'au balisage de routes pré-définies.

Ces systèmes semblent devoir céder le pas au NAVARHO, combinaison de comparaison d'amplitudes (azimuts) et comparaison de phases (distance). Le Navarho assure, en partant d'une station unique à bases courtes, une couverture omni-directionnelle s'étendant normalement à 2 000 milles marins au-dessus des terres et 2 500 milles marins au-dessus des mers avec une précision absolument remarquable de jour comme de nuit (0,5 à 1° à 2 000 milles marins pour l'azimut, 1 p. 100 sur la mesure de distance). Donnant des indications continues, directement exploitables pour les pilotes, le Navarho sera susceptible de s'intégrer à un système de pilotage automatique, de présenter des renseignements de vitesse par rapport au sol, d'afficher automatiquement et d'une manière continue tous les renseignements de navigation et même, sous sa forme simplifiée, pourra être utilisé pour assurer l'espacement latéral à toutes les distances en suivant des trajectoires pré-déterminées.

Tous ces systèmes de navigation constituent une aide très précieuse pour les équipages; cependant, à l'heure actuelle, en cas de conditions météorologiques particulièrement mauvaises ou de difficultés dans la propagation, ils n'empêchent pas d'obliger les responsables de la navigation à utiliser encore la navigation astronomique. De ce point de vue, la réalisation de nouveaux sextants, en particulier de sextants périscopiques adaptés aux cabines pressurisées

des avions modernes a été mise au point depuis quelques années.

Un des éléments les plus importants de l'exploitation actuelle des lignes aériennes est la nécessité d'avoir des communications entre l'avion et le sol et entre divers points du sol sûres et efficaces. En effet, tout avion doit être suivi par les Services de Contrôle de la Circulation Aérienne et doit, en conséquence, pouvoir être constamment en liaison avec les différents Centres de Contrôle, pour faire connaître sa position et demander éventuellement des instructions pour le déroulement de son voyage en particulier dans le cas d'incident de fonctionnement ou de conditions météorologiques particulières.

Le moyen de communication Air/Sol qui, autrefois, était la radiotélégraphie devient de plus en plus la radiotéléphonie. Cette transformation a provoqué quelque réaction également dans les équipages. Certains radiotélégraphistes ont vu, avec une certaine inquiétude, leur métier risquer de disparaître. Certains Commandants de bord ont estimé qu'il n'était pas de leur compétence d'utiliser les moyens pourtant simples mis à leur disposition pour utiliser la radiotéléphonie.

En ce qui concerne les équipages français en particulier, l'utilisation à peu près exclusive de la langue anglaise sur toutes les routes du monde a été, pour beaucoup, un obstacle assez sérieux à l'adoption de la radiotéléphonie.

Je pense que ces réticences ont maintenant à peu près complètement disparu et le développement important des moyens au sol doit mettre un terme définitif à cette controverse téléphonie-télégraphie.

Les moyens de communication utilisés sont les Très Hautes Fréquences (VHF) de portée relativement réduite, peu sensibles aux perturbations ionosphériques et les Communications Haute Fréquence (HF) à longue portée, quelquefois troublées par ces phénomènes de propagation.

Tout moyen dit principal de communication (HF pour long courrier, VHF pour moyen et petit courriers) est automatiquement doublé à bord, l'autre moyen ne l'étant pas nécessairement.

Enfin, un mot sur les dispositifs d'atterrissage eux-mêmes. Ce sont principalement

l'ILS, que j'ai mentionné tout à l'heure (système basé sur une comparaison de phases). Nous attendons des progrès importants par l'utilisation d'ondes décimétriques au lieu d'ondes métriques, progrès dus au travail d'Ingénieurs Français, de la Compagnie Générale de Télégraphie sans fil (CSF).

Je citerai le GCA (aide du contrôle du sol) qui est le radar d'atterrissage. L'avion, vu par des opérateurs sur l'écran du radar, est guidé par téléphonie, pour être en mesure de suivre la trajectoire idéale.

Il faut également rendre un hommage aux lignes lumineuses d'approche qui, bien réalisées comme est celle de l'Aéroport du Bourget, constituent une aide visuelle d'une valeur très appréciable.

Je n'omettrai pas de vous dire un mot des aménagements commerciaux. Il s'est trouvé que plusieurs Compagnies concurrentes aient fait le même choix en ce qui concerne le matériel volant. De là à dire que seule la qualité du service à bord devenait le critère essentiel pour avoir la faveur des passagers, il n'y a eu qu'un pas. Je ne plaisante pas, et je pense en particulier aux discussions interminables qui ont pris place au sein du Comité de Trafic de l'IATA, pour définir les caractéristiques d'aménagement de la classe touriste et de la classe mixte : indépendance des lavabos destinés aux deux sortes de clientèle, contexture du rideau de séparation des deux classes, etc...

Ces problèmes d'aménagement ont été facilités par l'installation de rails, permettant une interchangeabilité assez rapide des différents aménagements (rangée de 2 fauteuils, contre rangée de 3, etc...). Cependant, ces changements fréquents d'installation abîment beaucoup les aménagements eux-mêmes et conduisent à des frais d'entretien très onéreux parfois.

Reste enfin le problème de l'hôtellerie, dont on a dit aussi qu'il était primordial pour la recherche du client. L'effort qui a été fait sur ce point par Air France est considérable et semble avoir été très apprécié de notre clientèle.

Certes, quand je pense qu'une cuisine complètement équipée pour le service de luxe transatlantique pèse 1 400 kg environ, je pense en même temps à la lutte contre le poids que techniciens, constructeurs et utilisateurs nous menons avec tant d'opi-

niâtreté. Quand il s'agit en définitive de tenter le passager, il faut savoir accepter certaines servitudes.

J'en ai terminé, Messieurs, par cette description de l'avion d'aujourd'hui, de ses équipements, de ses aménagements et je voudrais conclure.

Je donnerai deux conclusions à mon exposé, la première d'ordre technique. Comme je vous l'ai dit tout à l'heure, techniciens de l'aviation, constructeurs et utilisateurs, avons le droit d'être fiers des progrès remarquables accomplis depuis quelques années.

On peut dire que, pratiquement, tout point du monde peut (techniquement parlant), être atteint en moins de 48 heures grâce à l'avion. Résultat remarquable, n'est-il pas vrai, quand on pense à l'avant-guerre et même à la période qui a suivi immédiatement la guerre.

Ne croyez pas que je sois en train de commettre, en un nom collectif, le péché d'orgueil, car je suis convaincu que d'autres

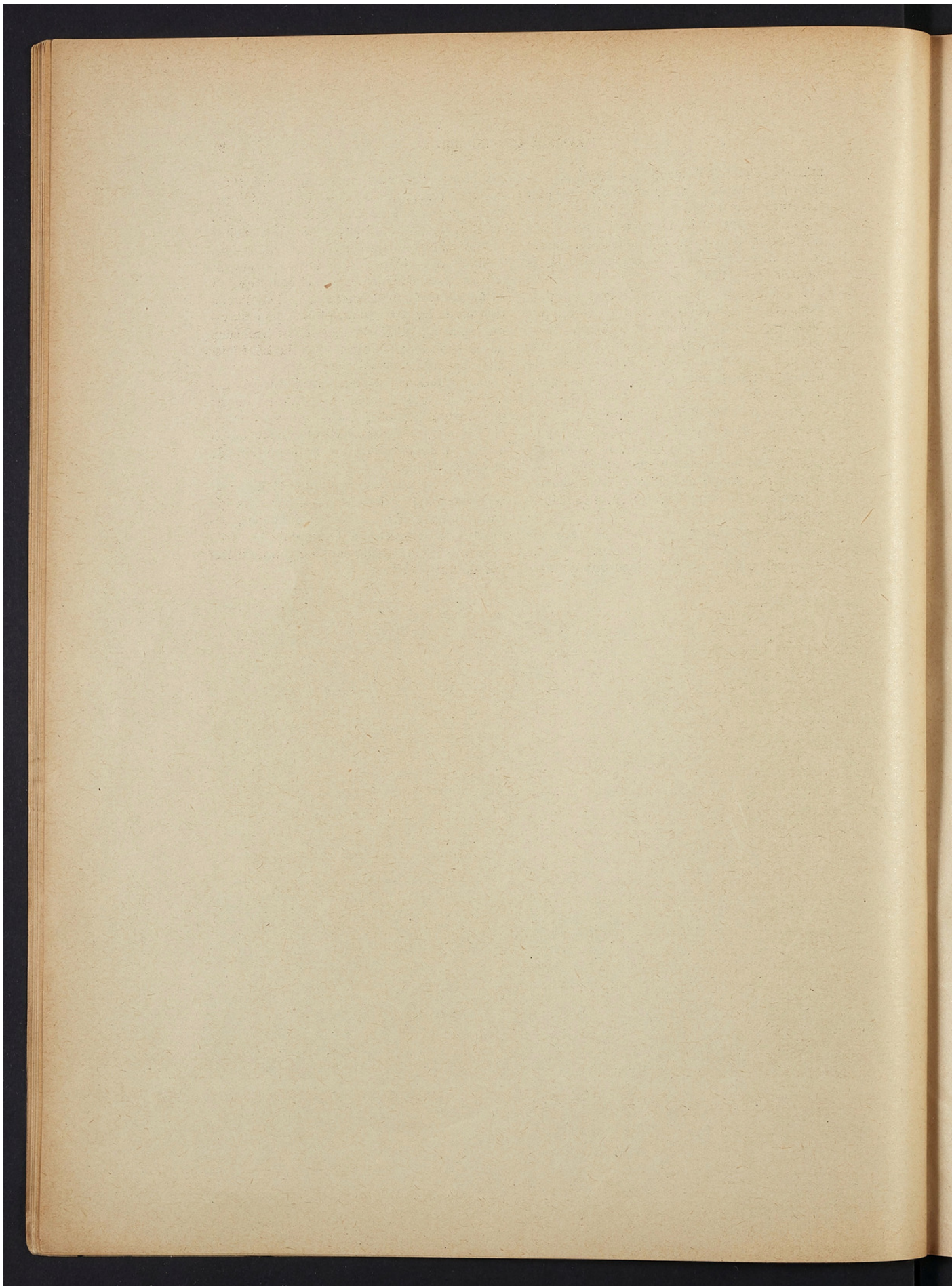
techniques ont, elles aussi, progressé d'une manière étonnante et, sans doute, ceux qui vous parleront dans les prochaines semaines du bateau d'aujourd'hui et de l'automobile d'aujourd'hui vous en convaincront à leur tour.

Mais des tâches grandioses attendent encore les techniciens de l'aéronautique et ce développement de l'aviation, et de l'aviation civile en particulier, promet pour l'avenir beaucoup d'efforts mais aussi beaucoup de satisfactions. N'est-ce pas là bénéficier d'un splendide privilège?

Ma seconde conclusion sera d'ordre économique. Je crois pouvoir dire que les efforts qui ont été faits et que ceux qui nous attendent ont eu et auront surtout comme conséquence l'amélioration de la condition du passager aérien.

C'est donc une œuvre humaine! digne de celles accomplies dans le passé par ceux qui ont fait faire, dans tous les domaines, des progrès inestimables à l'humanité.

Je vois là une raison supplémentaire d'être fier de notre métier.



LE NAVIRE D'AUJOURD'HUI ⁽¹⁾

par M. J.-P. RICARD.

Ingénieur en Chef adjoint au Directeur technique de la Compagnie Générale Transatlantique

Monsieur le Président,
Mesdames, Messieurs,

Il est bien ambitieux de prétendre aborder dans un court entretien l'évolution technique du navire de commerce, le navire étant multiple du fait d'une spécialisation plus poussée que dans tout autre mode de transport.

Je serai donc obligé de m'en tenir à des généralités. Je m'en excuse auprès des personnalités qui me font l'honneur de m'écouter, et tout spécialement les Ingénieurs navals, qui mettent beaucoup d'abnégation à entendre des propos qui ne leur apprendront rien de bien nouveau.

Je serai souvent conduit à parler plus particulièrement du paquebot, non point que j'estime ce type plus particulièrement important que d'autres, mais parce qu'il constitue la synthèse d'à peu près toutes les techniques intéressant la construction navale.

Dans le préambule de son remarquable exposé sur l'avion d'aujourd'hui, M. DUPRÉ, Directeur technique de la Compagnie Air France, a insisté sur les servitudes qui pèsent sur l'exploitation des Transports aériens, qui fixent les rapports de la Compagnie

exploitante avec les Pouvoirs Publics et les Constructeurs, défini les collaborations nécessaires et précisé les responsabilités du technicien dans la politique du matériel. Nous pourrions reprendre mot pour mot son exposé au compte des Transports maritimes.

Tout autant que le Transport aérien, le Transport maritime doit être internationalement compétitif. Ceci implique que l'Armateur puisse trouver chez ses constructeurs du matériel de qualité équivalente à celui étranger en ligne, par ses performances, son endurance, sa sécurité, les frais d'exploitation qu'il entraîne. Ce matériel doit être livré à des prix et dans des délais également compétitifs. Si ces conditions ne sont pas réalisées, l'appel aux constructeurs étrangers se justifie aussi bien pour le navire que pour l'avion.

Au même degré que pour le Transport aérien, le Transporteur maritime ne peut consentir de courir aucun risque technique important. Si le problème de la sécurité de la chose transportée se pose d'une façon moins aiguë que pour l'avion, les risques financiers suffiraient à justifier la prudence, par suite de l'importance des capitaux investis dans la construction et l'exploitation de l'unité marine. L'ingénieur d'aéronautique a pu presque toujours faire lar-

(1) Conférence faite le 27 janvier 1955 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

L'Industrie nationale. — Octobre-décembre 1955.

gement appel à du matériel longuement éprouvé dans les formations militaires. Cette possibilité qu'il a eue, n'est certainement pas étrangère à l'énorme développement de l'aviation commerciale. On admet, et c'est vrai en général, que les techniques maritimes restent à un échelon d'évolution inférieur par rapport aux techniques aéronautiques et le risque pris par le constructeur naval peut paraître de ce fait moindre. Par contre, le navire de commerce et notamment le paquebot, reste presque toujours un exemplaire unique d'une construction. Ce caractère accuse l'une des difficultés essentielles du métier de l'Ingénieur naval.

Qu'il s'agisse du choix du matériel, du maintien du prix de construction et des délais d'exécution dans des limites internationalement compétitives, le technicien prend la responsabilité la plus lourde. Elle a des limites. Sur le plan de l'établissement du programme du navire, la politique du matériel n'est pas en effet, le seul fait de l'Ingénieur.

Seuls, les services commerciaux peuvent fixer ces programmes auxquels devront satisfaire les navires que l'ingénieur concevra en conséquence. L'extrême sensibilité de l'Industrie des Transports maritimes à la Vie internationale, la rend très fluctuante. Il est donc presque toujours impossible de concevoir sans prendre un sérieux risque, les conditions du marché des frets ou des passages pouvant évoluer beaucoup, en fonction de la conjoncture internationale, pendant la construction. En fait, depuis la première guerre mondiale, les Transports maritimes n'ont jamais connu une période de stabilité de durée appréciable. Ce risque conceptionnel s'accuse encore davantage du fait de la spécialisation poussée du navire de commerce, spécialisation qui en elle-même est une condition de sa rentabilité. Il y a là encore une différence essentielle avec l'avion qui, jusqu'à ce jour tout au moins, s'est révélé plus aisément interchangeable. Il y a donc un risque conceptionnel assez propre à la Marine et qu'il faut distinguer du risque constructif que seul prend l'Ingénieur; la délimitation des deux responsabilités n'est pas toujours aisée.

Il n'est pas de période plus ingrate pour l'Armateur qui conçoit et l'Ingénieur qui doit réaliser, que celle, dont nous venons

de sortir, où ils se trouvent placés face au problème de la reconstruction d'une Marine qu'ennemis et amis se sont acharnés à détruire. Il faut concevoir massivement, en pleine période de trouble international et d'incertitude quant à l'avenir des trafics. L'intérêt national le plus évident, exige de reconstruire en faisant appel à une Construction nationale qui a été livrée au pillage ou mise en veilleuse, lorsqu'elle n'était pas décimée par les bombardements, qui a perdu souvent beaucoup de ses meilleurs cadres expérimentés, ce qui est infiniment plus difficile à remplacer que les outillages. Et il faut reconstruire avec ces moyens déficients une marine capable de durer 20 à 30 ans. L'Ingénieur naval, habitué aux expérimentations progressives et prudentes des époques normales, se trouve tout à coup enfermé dans le dilemme, soit de persister dans les solutions techniques éprouvées mais vieilles, qui risqueront de grever lourdement l'exploitation pendant un quart de siècle, soit de brûler les étapes pour rattraper la compétition étrangère avec tous les aléas que cela comporte en de telles circonstances. Si l'aide de l'État permet de résoudre le problème financier qui se pose alors à l'Armateur pour rester compétitif sur le plan international, l'Ingénieur d'Armement reste seul en face des risques techniques qu'il a été forcé de prendre.

La Marine Marchande française est aujourd'hui reconstituée et vient de franchir allégrement les 3 600 000 tonneaux de jauge et ne tardera pas à atteindre 4 millions, alors qu'elle n'atteignait que 2 700 000 tonneaux avant 1939. Ces tonnages se décomposent comme suit :

869 000 tonneaux de paquebots contre 1 165 000 tonneaux en 1939.

1 000 000 de tonneaux de pétroliers contre 325 000 tonneaux en 1939.

1 735 000 tonneaux de cargos contre 1 244 000 tonneaux en 1939.

Un énorme effort a donc été accompli par l'Armement français sous la Direction du Secrétariat à la Marine Marchande. Certes, il a fallu surmonter des difficultés nombreuses, il y a eu quelques déboires lorsqu'il s'est agi d'aborder des techniques nouvelles et non plus uniquement d'équiper les navires de Diesel construits sous licences étrangères. Mais, il importe de le souligner, cet effort a

été accompli en permettant simultanément à nos Chantiers de construction, ainsi qu'à toutes les multiples industries annexes gravitant autour d'eux, de se reconstruire et on peut voir avec satisfaction en 1954, ces Chantiers repartis de si bas, mais, grâce à cette confiance qui leur fut faite par l'Armement, devenus compétitifs sur le plan international par les nombreuses commandes étrangères qu'ils ont en portefeuille et qu'ils ne cessent de recevoir. Pendant toute cette période, la construction navale du Commerce n'a même pas bénéficié, comme dans les périodes plus calmes du passé, de ce champ d'expérimentation de technique navale tout désigné qu'est la Marine militaire. C'est elle qui a servi de terrain d'expérience.

Ce sont là des faits qu'il faut considérer lorsque l'on fait la balance des résultats avec les sacrifices consentis par l'État pour reconstituer nos Transports maritimes depuis la Libération. Nous tenions à le souligner à cette tribune désignée pour encourager l'Industrie Nationale.

Les facteurs de tout programme de navire sont : la vitesse, le rayon d'action, le port en lourd marchandises qui constitue une condition à la fois de poids et de volume, l'effectif de passagers à transporter, condition essentiellement de volume.

Tout projet résulte de la solution de deux équations fondamentales, l'une de poids qui pose que le déplacement correspondant au volume immergé de la carène est égal à la somme des poids élémentaires, l'autre de volume qui pose que le volume intérieur disponible dans cette carène et dans les œuvres mortes qui la surmontent, est égal à la somme des volumes occupés par les éléments du devis de poids.

Des conditions, aujourd'hui codifiées, de stabilité fixent en pratique une relation assez stricte entre le poids et le volume des œuvres mortes et superstructures et le poids total, donc le volume de la carène seule.

Enfin une autre condition lie la vitesse du navire à sa taille, si l'on s'astreint, ce qui est le cas général, à ne pas gaspiller la puissance. En effet, si celle-ci varie, à déplacement constant, approximativement comme la troisième puissance de la vitesse et la

consommation par mille comme son carré, pour une vitesse donnée, par contre, elle croît moins rapidement que le déplacement, comme sa puissance à l'exposant deux tiers seulement, et il en est évidemment de même de la consommation par mille. En outre, la vitesse est liée au déplacement par cette relation que le rapport à la racine carrée de la longueur n'excède pas une valeur limite au-delà de laquelle l'énergie est perdue en tourbillons.

Le respect de ces conditions conduit à une solution presque mathématique de tout projet de navire de commerce malgré le degré de liberté dont on paraît disposer. Le volume total du navire, se trouve fixé par son déplacement, c'est-à-dire son poids dans des limites plus étroites que pour tout autre mode de transport. Pour l'unité de haute mer, il y a un rapport judicieux à maintenir entre la vitesse de route et la taille, une petite taille ne s'accommodant pas d'une grande vitesse, notamment sur les longues houles de l'Atlantique. Ce sont là des points importants à souligner pour l'évolution du matériel naval en fonction du progrès technique : par exemple, la réalisation d'appareils moteurs légers, d'une grande puissance massique, n'autorise pas pour autant un accroissement de la vitesse de route au-delà d'une limite fixée par la taille du navire. De la dépendance étroite du volume et du déplacement, on peut déduire que toute économie de poids qui ne se traduit pas par un gain d'encombrement parallèle, n'est en général pas payant. Le cas du navire de guerre qui ne navigue qu'exceptionnellement à sa vitesse maximum ou qui est beaucoup moins asservi au problème du volume, est évidemment différent. Les torpilleurs en sont un exemple. On pourrait donc conclure que ces exigences de l'architecture navale freinent dans une certaine mesure, l'application du progrès technique à la conception du navire, de commerce s'entend.

C'est un autre fait général propre au navire, que toute économie réalisée sur l'un des éléments du devis de poids réagit suivant un processus en chaîne, sur les autres. Si la consommation de combustible par cheval heure développé diminue, il en sera de même, à égalité de vitesse et de rayon d'action, du poids de combustible en ballasts

et soutes. Les dimensions de la coque pourront alors être réduites, entraînant diminution du poids de sa charpente, ce qui provoquera une réduction de puissance des machines, de leur poids, de leur consommation et ainsi de suite.... C'était un fait bien connu jadis que, sur les classiques cuirassés qui consacraient 30 p. 100 de leur déplacement à leurs blindages, une économie de 1 tonne sur ceux-ci se traduisait par une réduction de 2,5 tonnes sur le déplacement. Il en va de même pour le paquebot, dès qu'il consacre une fraction importante de son devis de poids à son appareil moteur et évaporatoire et à son combustible. Cette évidente dépendance en chaîne des divers éléments est souvent sous-estimée, difficile à faire saisir même à certains maritimes exploitants sinon techniciens. On peut citer l'exemple du « FLANDRE », paquebot de 20 000 tonnes, 23 nœuds et 6 000 miles de rayon d'action, pourvu d'un appareil moteur et évaporatoire assez poussé, que l'on désirait économique et dont les difficultés de mise au point ont fait quelque bruit. A son sujet, certains ont pu regretter qu'il n'ait pas été pourvu d'un appareil moteur et évaporatoire du type « CHAMPLAIN » ou « PASTEUR », éprouvé entre 1930 et 1935. Le « FLANDRE » ainsi conçu eût déplacé 26 000 à 28 000 tonnes pour réaliser son programme, mais sa taille ne lui eût plus permis alors de fréquenter les ports des Antilles, ce qui était aussi une condition très impérative de son programme.

La dépendance des divers éléments du devis de poids multiplie donc, à bord, l'intérêt présenté par un progrès technique. Il n'y a pas en cela de contradiction fondamentale avec le fait que ce progrès technique peut être freiné comme nous l'avons dit, par les exigences de l'architecture navale. Il faut comprendre que l'on ne peut tirer pleinement parti d'une technique nouvelle que tout autant qu'une autre en rend l'application possible. C'est l'emploi des alliages d'aluminium, allégeant les parties hautes de la coque, qui accompagne l'allègement des fonds résultant de machines à la fois plus légères et de moindre consommation; c'est la climatisation qui permet de récupérer sous la flottaison, au bénéfice des locaux de l'équipage ou des passagers, des volumes pris sur les soutes ou les com-

partiments des appareils moteur et évaporatoire, eux-mêmes devenus moins encombrants.

Après ces considérations, nous passerons successivement en revue les progrès essentiels réalisés en examinant successivement les coques, les équipements et emménagements et les machines.

Les dimensions principales étant approximativement arrêtées dans un avant-projet, il faut dessiner la carène de façon à assurer la propulsion avec la moindre dépense d'énergie. Pour déterminer les meilleures formes, on procède, au Bassin des Carènes, à des essais comparatifs de petits modèles, construits en paraffine, à une échelle de l'ordre du vingtième au cinquantième. On sait que cette méthode s'appuie sur la théorie de la similitude mécanique. Les vitesses réelle et d'essai étant entre elles dans le rapport des racines carrées des longueurs, les résistances à l'avancement sont dans le rapport des cubes des dimensions homologues. Cette méthode systématiquement adoptée aujourd'hui pour l'étude de la plupart des navires de quelque importance, s'applique à des essais sur carènes nues, sur carènes avec appendices, à des essais en auto-propulsion, à des essais au bassin de giration permettant d'étudier la stabilité de route et les qualités évolutives aux différentes vitesses. Nous citerons quelques exemples montrant l'excellence des résultats obtenus au Bassin des Carènes de la Marine nationale, dont l'équipement est très complet et moderne.

Les paquebots type « FLANDRE » posaient un problème difficile par suite de la grande vitesse, 23 nœuds, eu égard à la longueur limitée par les nécessités d'accès dans les ports des Antilles. Le tirant d'eau, aussi limité pour la même raison, impliquait des formes d'une insuffisante finesse. Des exigences de volumes des cales à marchandises avant, peut-être un peu trop ambitieuses, conduisaient à une position défavorable du centre de carène longitudinal. Les navires devaient en outre avoir une bonne stabilité de route tout en étant très manœuvrants, non seulement en route libre, mais encore par petits fonds dans les ports et, bien entendu, à la vitesse de manœuvre d'environ 8 nœuds.

Les essais au bassin montrèrent vite que des formes classiques ne permettraient pas

de satisfaire ce programme et on adopta finalement des formes inédites avec à l'arrière des couples relativement plats et suppression du plan mince et à l'avant un bulbe très développé et saillant. L'étude des lignes d'arbres et des hélices conduisit à supprimer les ailerons classiques qui furent remplacés par des demi-ailerons et des chaises supports dont les bras furent dessinés en forme de distributeurs améliorant l'écoulement naturel dans le propulseur. Ces formes accusèrent, au bassin, une nette supériorité sur les formes Taylor de mêmes coefficients prismatiques et sur celles de « NORMANDIE » réputées excellentes. Les essais à la mer confirmèrent ces prévisions aussi bien sur « ANTILLES » que sur « FLANDRE », ainsi que l'excellence des qualités manœuvrières, l'économie de combustible réalisée grâce à la supériorité de la coque compensant une consommation spécifique des machines moins bonne qu'on ne l'eût espérée.

Les paquebots « PROVENCE » et « BRETAGNE » identiques, mais le premier étudié et construit en Grande-Bretagne, le second en France, permettent aussi de tirer des conclusions intéressantes quant aux bénéfices que l'on peut escompter d'essais très complets au bassin. Les formes sont à peu près les mêmes, mais, sur le « BRETAGNE », l'implantation des quilles de roulis a été plus approfondie et les ailerons ont fait place, comme sur le « FLANDRE », à des demi-ailerons et supports avec distributeurs; enfin, les hélices sont de régime de rotation et de tracé différents. Bref la solution « BRETAGNE » a conduit à un rendement propulsif global supérieur à celui obtenu avec le « PROVENCE » bien que le régime de rotation des hélices sur ce dernier soit notablement plus faible, ce qui est en soi une condition plutôt favorable au rendement propulsif.

Les navires à deux lignes d'arbres ont, toutes choses égales d'ailleurs, des qualités évolutives en général inférieures à celles des navires à une ligne d'arbre. Cette infériorité est encore plus sensible en canal. C'est l'un des motifs qui incita, récemment, les armateurs de pétroliers, usagers du canal de Suez, à adopter la propulsion à vapeur dès que l'accroissement de puissance motrice, a excédé les possibilités d'un moteur Diesel unique. Ce fut le cas lors de la construction du pétrolier « BÉRÉNICE » de 42 000 tonnes

pour lequel l'armateur préférait s'en tenir aux Diesel. Mais alors, la solution à deux hélices devait être envisagée; en outre de l'inconvénient déjà signalé, elle a celui d'un rendement propulsif de quelques pour cents inférieur. Grâce aux essais effectués au bassin des carènes, et il fut nécessaire pour cela de construire une maquette du canal de Suez à l'échelle du modèle du navire, il a été possible de réaliser une unité qui, par ses qualités de gouverne en canal et son rendement, n'est en rien inférieure à des unités de même taille à une hélice.

Malgré l'excellence de notre méthode d'essais sur modèles, il subsiste encore une incertitude pour la détermination de la puissance nécessaire au navire réel. Il y aurait donc intérêt à procéder à des rapprochements systématiques entre les résultats des essais de modèle et les résultats effectivement obtenus en cours de navigation, par tous les temps rencontrés. On manque malheureusement pour cela d'instruments de mesure enregistreurs, endurants, sûrs, et d'un maniement pratique pour le personnel des bords, notamment pour les mesures directes de la puissance torsiométrique et de la poussée. Pour un navire de l'importance du paquebot projeté par la Compagnie Transatlantique, cette incertitude est de l'ordre de 3 à 4 p. 100 de la puissance totale nécessaire, ce qui représente 5 000 à 7 000 ch.

La pratique des essais sur petits modèles s'est aussi étendue aux hélices que l'on ne se contente plus aujourd'hui de construire d'après calcul, sans les soumettre à cette expérimentation. Le Bassin des Carènes de la Marine nationale dispose, dans ce but, d'un tunnel de cavitation construit au cours des heures les plus sombres de l'occupation. Entre autres réalisations, nous lui devons d'avoir pu récemment remplacer les anciennes hélices allemandes du « LIBERTÉ » par des hélices ralenties, moins sujettes à cavitation, d'un rendement au moins aussi bon que les anciennes et qui ne soumettent plus les passagers de l'arrière, à des trépidations désagréables.

Notons une tendance assez nette de la technique moderne, en liaison avec les possibilités d'allègement des machines elles-mêmes : c'est l'adoption des régimes de rotation des hélices relativement lents, ce

qui a une influence très favorable, toutes choses égales d'ailleurs, sur le rendement propulsif. C'est ainsi qu'un cargo moderne tourne rarement à plus de 100 tours : sur le grand paquebot américain « UNITED STATES » les hélices ne tournent qu'à 135 tours à la vitesse de 31 nœuds et à 165 tours à 36 nœuds alors que celles de « NORMANDIE » tournaient à 225 tours. Parallèlement, notons l'adoption récente d'hélices à 5 pales.

La coque du navire peut être assimilée à une poutre qui, sur une houle, a ses semelles supérieure et inférieure, le pont de résistance, et le double fond, soumises à des efforts alternés de traction et de compression. L'usage est de calculer les moments fléchissants et les efforts tranchants, dans l'hypothèse d'une houle conventionnelle de longueur égale à celle du navire et de creux égal à son vingtième. Ceci revient à appliquer à cette poutre, un moment de flexion statique égal au produit du déplacement par la longueur, divisé par un coefficient qui est de l'ordre de 24 à 26 pour les grands navires fins fréquentant l'Atlantique Nord, ce coefficient n'ayant d'autre signification que celle d'un paramètre de comparaison. Pour des navires géométriquement semblables, le moment de flexion varie approximativement comme la puissance quatre tiers du déplacement. Si les dimensions des matériaux ne suivaient que la même loi de similitude en passant d'un petit à un gros navire, le taux de fatigue serait donc multiplié par le rapport des dimensions linéaires. On conçoit donc la nécessité sur les grands paquebots, d'augmenter l'épaisseur relative des matériaux, c'est-à-dire accroître la fraction du déplacement global affectée à la coque ou bien d'admettre, ce qui fut fait parfois assez hardiment, et non sans quelques risques, en Allemagne notamment, des coefficients de sécurité plus faibles que ceux dont on avait acquis l'expérience. Le risque que l'on prend ainsi est lié à la vitesse du navire et à l'état le plus défavorable des mers qu'il est appelé à rencontrer. La grande vitesse conduit d'abord à un accroissement relatif de la finesse de la poutre, c'est-à-dire du rapport de sa dimension longitudinale à ses dimensions transversales. De plus, à la fatigue statique s'ajoute

une fatigue dynamique due aux forces d'inertie mises en jeu par le roulis, le mouvement vertical du centre de gravité, et surtout le tangage. Cette dernière est mal connue. Elle ne croît pas nécessairement avec la vitesse si la taille lui est bien proportionnée et le « NORMANDIE » a démontré que le long navire très rapide tangue moins qu'un navire plus petit et plus lent. Mais on a aussi l'exemple du paquebot ex-allemand « MAJESTIC » — qui, au cours d'une traversée de l'hiver 1924, rompit son pont de résistance transversalement sur presque toute sa largeur — qui montre que, dans certaines circonstances de mer, les efforts subis par diverses parties de la charpente peuvent de loin dépasser les limites prévues lors des calculs conventionnels.

Au cours de sa navigation sous pavillon allemand, l'« EUROPA », devenu notre « LIBERTÉ », fut lui aussi l'objet, à deux reprises, de cassures dangereuses s'amorçant dans les éléments de la semelle supérieure de la poutre. Au cours de la grosse refonte du navire en 1948, il y fut remédié par une redistribution des poids modifiant le moment de flexion et un renforcement de la semelle supérieure, la fatigue maximum ayant été ramenée ainsi de 22 à environ 19 kg par millimètre carré dans les conditions les plus défavorables de chargement. Depuis qu'il a été remis en ligne, le « LIBERTÉ », bien qu'ayant eu à plusieurs reprises à supporter de très gros temps, n'a plus fait l'objet d'aucune constatation défavorable à cet égard. Il est vrai qu'il n'est exploité qu'à une vitesse sensiblement inférieure à celle de son exploitation allemande. On peut dire, sous cette réserve, que cette expérience en vraie grandeur a permis de tâter le taux de fatigue qu'il serait très imprudent de dépasser pour des navires de cette taille et de cette finesse naviguant dans l'Atlantique Nord. Retenons aussi qu'il ne sert à rien de mettre dans une coque de la surpuissance, si la technique le permet, dans le but de tenir l'horaire par tous les temps. Le meilleur moyen de forcer l'horaire c'est la longueur, c'est-à-dire la taille, et c'est elle qui constitue l'un des facteurs les plus certains de supériorité pour les paquebots de l'Atlantique Nord notamment. L'expérience de l'« EUROPA » montre également qu'il est illusoire de compter sur l'emploi d'aciers à haute résistance pour

compenser les insuffisances d'échantillonnages lorsqu'il s'agit de fatigues alternées, ces aciers ayant en outre le gros défaut d'être plus difficilement soudables.

La construction des très gros pétroliers construits au cours de ces dernières années, a posé des problèmes sur la fatigue des charpentes et de leurs assemblages, qui ne s'étaient présentés auparavant qu'exceptionnellement pour les grands paquebots, d'où des études, dont tous les navires sont appelés à profiter. Il paraît bien acquis aujourd'hui que les concentrations d'efforts dues à la multiplication des ouvertures de dimensions exagérées et mal alignées dans les ponts de résistance, aux discontinuités de structure, notamment au voisinage des joints glissants des superstructures, ont autant d'importance que la limitation du taux de fatigue théorique maximum. Il est devenu d'autant plus indispensable, pour l'Ingénieur naval, de résister aux demandes des Architectes décorateurs, très souvent à l'origine de ces fantaisies de structure, que l'équilibre général du navire exige une utilisation plus rationnelle des matériaux au voisinage de la semelle supérieure, tout, en effet, contribuant à alourdir les hauts alors qu'au contraire le progrès technique tend toujours facilement à alléger les fonds.

Les pétroliers sont construits dans le système longitudinal, celui dans lequel on donne prédominance aux éléments longitudinaux continus : les cargos, et en général tous navires de taille moyenne, dans le système transversal classique; les grands paquebots étant construits dans un système mixte.

L'extension de l'emploi de la soudure électrique en liaison avec la construction par grands éléments préfabriqués a incité certains constructeurs à une extension de la charpente longitudinale à des navires dont le taux de fatigue à la flexion longitudinale ne saurait légitimer à lui seul ce mode de construction, mais on pouvait en escompter des facilités constructives ainsi qu'une économie du poids. Ce fut notamment le cas de « FLANDRE ». Sur ce navire, 180 tonnes d'alliages légers furent en outre utilisés pour les superstructures. Si l'on compare le poids de sa coque emménagée à celle du « CHAMPLAIN », de caractéristiques

assez voisines, construit en 1930, suivant les procédés orthodoxes, on constate qu'elle est proportionnellement aussi lourde. Le gain réalisé du côté de la charpente métallique, a permis dans ce cas de compenser les multiples alourdissements dus au fractionnement plus poussé des emménagements, les cabines notamment, à la multiplication des installations sanitaires qui, sur le paquebot moderne, viennent sérieusement grever le devis de poids.

Les allègements permis par l'extension de la soudure électrique, par la construction préfabriquée, pour lesquelles tous nos chantiers sont puissamment organisés aujourd'hui, sont beaucoup plus sensibles lorsqu'il s'agit de cargos ou de pétroliers sur lesquels ils se traduisent par une appréciable augmentation du port en lourd. Soulignons aussi, à l'actif de la construction soudée de la carène, le fait qu'elle paraît diminuer sa rugosité, donc la résistance de frottement, ce qui paraît avoir été démontré par la confrontation des essais à la mer du pétrolier « BÉRÉNICE », dont nous avons déjà parlé, avec les essais de son modèle au bassin.

De toutes les possibilités qu'offre la métallurgie moderne, la plus intéressante pour le constructeur naval est l'emploi des alliages d'aluminium. Il s'agit moins de réaliser un allègement général du navire, qui coûterait très cher, que de réaliser l'allègement d'une zone : la partie haute des œuvres mortes, les superstructures, afin de maintenir l'équilibre général sans réduction du volume de ces superstructures dont les exigences de l'emménagement incitent à maintenir le développement. Les progrès réalisés par les machines et chaudières dans le sens de la réduction de leur poids et de celui du combustible à transporter, tendent à alléger les fonds. Les allègements de charpente métallique acier se font au niveau du centre de gravité et n'ont qu'une faible incidence sur sa position. Par contre, le navire tend à s'alourdir dans les hauts par le développement de toutes les formes du confort donné aux passagers et aux équipages. L'emploi des alliages légers devient donc un impératif presque inévitable sur les paquebots. Pour les autres types de navires, il s'agit de savoir si le capital investi dans la construction, et les frais supplémentaires d'entretien, seront amortis par la possibilité de trans-

porter un poids plus élevé de frêt. La réponse a été, en général, jusqu'à ce jour négative.

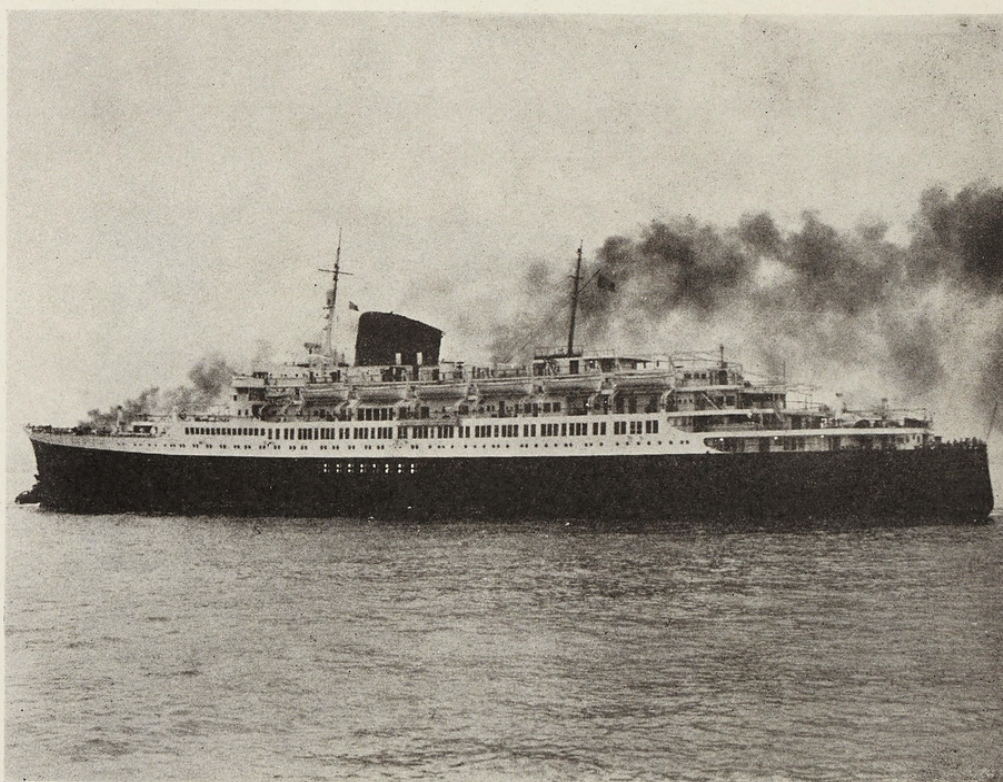
Pour le paquebot, l'emploi des alliages légers peut encore se présenter sous un autre aspect. Les alliages d'aluminium, pour des caractéristiques de résistance du même ordre de grandeur que celles de l'acier, ont un module d'élasticité environ 3 fois moindre, d'où il suit que, pour un même allongement spécifique, les fatigues moléculaires sont aussi trois fois moindres. Avec des superstructures en alliages légers, on peut donc envisager de supprimer les joints glissants qui divisent obligatoirement en flots les superstructures construites en acier. Ces coupures sont difficiles à dessiner pour éviter des concentrations d'efforts et provoquent des cassures qui, si elles ne sont pas dangereuses, font mauvais effet, occasionnent des défauts d'étanchéité et constituent une charge d'entretien permanente. Il ne semble pas théoriquement impossible aussi de faire contribuer ces superstructures en alliage léger au travail général de la poutre, en réalisant par conséquent une poutre composite plus légère, à taux de fatigue égal, qu'une poutre tout acier. Le premier stade au moins a été atteint sur l'« UNITED STATES » qui n'a plus de joints glissants. Nous n'avons pas osé aller aussi loin, sur nos paquebots récents, avec des superstructures en alliage léger qui ont conservé le joint glissant. Quant au deuxième stade, celui de l'intégration des roofs en alliage léger dans le calcul de la poutre, il se heurte à l'objection très sérieuse de la discontinuité fréquente de ces superstructures et au fait que transversalement elles ne sont pas prolongées en abord jusqu'à la muraille.

On trouve aujourd'hui des alliages d'aluminium qui résistent bien à la corrosion saline. Deux mille tonnes ont été employées dans la construction des superstructures de l'« UNITED STATES » et leur mise en œuvre me paraît remarquable. Sur nos paquebots types « MAROC » et « FLANDRE », nous nous sommes contentés d'applications plus modestes, de l'ordre de 80 tonnes sur le premier, 180 tonnes sur le second, avec la seule ambition de mettre au point la technologie essentielle de la liaison avec la semelle acier. L'expérience montre que cette étape prudente était sage.

Avant d'aborder les emménagements et équipements, je dois dire quelques mots auparavant des Réglementations internationales et nationales que l'on doit obligatoirement respecter dans la construction, pour obtenir la cote des Sociétés de Classification et les Certificats de navigation. Elles sont particulièrement draconiennes, surtout pour le paquebot, c'est-à-dire, c'est sa définition officielle, tout navire transportant plus de 12 passagers. Elles viennent grever lourdement son prix de construction et les dépenses d'exploitation au moment où il doit faire face à la concurrence de moyens de transport beaucoup moins pénalisés sous ce rapport bien que largement subventionnés.

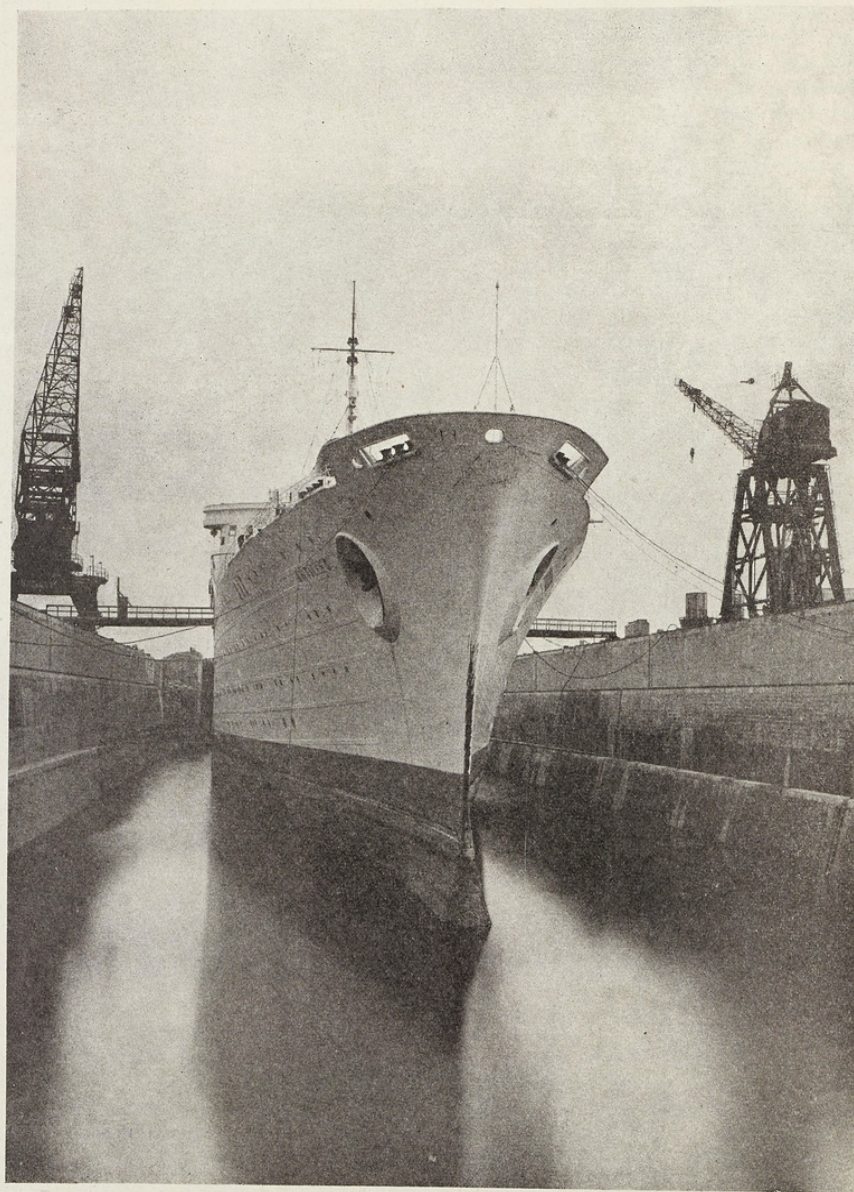
Certains constructeurs ont eu l'idée d'appliquer la technique aéronautique à la construction de grosses vedettes rapides très légères, capables de transporter une centaine de passagers et dont le principe essentiel d'économie réside dans le déjaugage obtenu à la vitesse d'exploitation par l'effet de sustentation sur une aile restant immergée. Un tel navire, dont la conception peut parfaitement se défendre pour les mers relativement calmes, serait bien incapable de supporter la réglementation le concernant en tant que navire à passagers, encore qu'il puisse être pourvu de tous les dispositifs de sécurité applicables à la cellule d'avion et qu'il ait par rapport à lui cette sécurité supplémentaire indéniable de pouvoir encore flotter en cas de panne de propulsion. Cet exemple montre bien la différence de traitement des deux modes de transport aérien et maritime.

La Conférence internationale de Londres de 1948 a sérieusement aggravé les exigences de l'ancienne convention de 1929 concernant la sécurité du flotteur. Cette dernière était jusque-là essentiellement axée sur la flottabilité. Le navire étant cloisonné en compartiments transversaux jusqu'au pont de compartimentage, on déterminait une courbe des longueurs envahissables, fixant en chaque point de la longueur, une tranche d'envahissement telle que ce pont de compartimentage ne soit pas immergé. Un facteur de cloisonnement, calculé en fonction de la longueur et d'un critérium de service, faisant lui-même intervenir le nombre de passagers et l'importance relative du volume



Vue extérieure du *FLANDRE*.

Phot. B. Desreumaux.



Étrave de l'ANTILLES.

Phot. Desboutin-Navello.

qui leur est affecté, permettait de déterminer une courbe des longueurs admissibles correspondant à la distance effective de deux cloisons étanches consécutives, par exemple le navire ayant le facteur 0,5 pouvant ainsi flotter avec 2 compartiments envahis. La notion de stabilité n'était qu'implicite par la relation entre cette stabilité et le franc-bord. Il n'était pas garanti que le navire ne chavirerait pas, bien que satisfaisant à ces règles. La Convention de 1929 supposait donc que le navire coulait droit. Grâce à la vigilance des constructeurs et des armateurs, les catastrophes furent très rares, tout au moins lorsqu'il ne s'agissait que d'avaries courantes du temps de paix.

La nouvelle réglementation établie dans l'ambiance d'une guerre à peine terminée, fixe des conditions particulières de stabilité et de gîte résiduelles après invasion d'un ou deux compartiments adjacents et ceci dans les conditions les plus défavorables de navigation. Dans beaucoup de cas elles ne pourront être satisfaites qu'au prix d'une stabilité du navire intact plus élevée qu'auparavant. Cela implique un risque pour le confort des passagers, cette stabilité n'étant acquise qu'au prix d'une réduction de la période de roulis.

La perte de stabilité due à l'invasion d'un compartiment est évidemment d'autant plus élevée que la largeur de ce dernier est plus grande. Un compartimentage longitudinal ne facilite pas la solution du problème, du fait de l'envahissement dissymétrique qu'il entraîne. Les nouvelles conditions peuvent donc imposer en fait, une limitation de la largeur. Les navires rapides, auxquels les essais au bassin conduisent à donner une flottaison affinée, quoique de grande largeur au maître bau, risquent ainsi d'être pénalisés du côté de leur propulsion. Il ne paraît plus possible d'adopter, sans autre préoccupation, la forme optimum pour la propulsion. L'examen de l'« UNITED STATES » semble confirmer cette tendance. En tous cas, les nouvelles conditions de stabilité ont singulièrement accru les difficultés de balancement d'un projet. Un paquebot moderne, si l'on veut réaliser le meilleur navire possible, ce qui est évidemment le souci de tout Ingénieur naval, exige préalablement à la mise en Chantier, des études excessivement poussées, probablement plus

que par le passé et nous verrons que ceci s'applique aussi au domaine des emménagements et des machines. On notera l'exemple de l'« UNITED STATES » :

— Le principe de sa construction fut admis en Mars 1946 et les études confiées à l'architecture naval Gibbs and Cox.

— Les plans d'avant projet furent approuvés en Avril 1948.

— Le contrat de construction fut signé en Mai 1949.

— La quille fut posée en Février 1950 et le navire effectua son premier voyage en Juillet 1952.

— Les études ont duré près de 4 ans et la construction elle-même 2 ans.

La réglementation internationale a aussi codifié les moyens d'immunisation du navire contre l'incendie. Les exigences à cet égard se justifient à la suite de catastrophes assez nombreuses. Le paquebot est d'autant plus vulnérable que, par le développement de ses emménagements, il échappe plus aisément à la surveillance et à la connaissance de ceux qui ont à assurer sa sécurité, situation qui peut être encore aggravée par des mutations inévitables de personnel. La plupart de ces catastrophes se sont, heureusement d'ailleurs, produites au port.

Trois méthodes de construction sont admises : la première exige l'incombustibilité totale de tous les cloisonnements principaux et divisionnaires, la deuxième ne l'exige que pour les cloisonnements principaux d'incendie mais avec, en contrepartie, l'obligation d'un réseau complet combiné de détection et de sprinklers d'extinction; la troisième réalise un compromis par extension de l'incombustibilité à certains cloisonnements divisionnaires enfermant des flots d'une superficie limitée et installation d'un réseau de détection automatique permettant la mise en œuvre rapide des moyens d'extinction non automatiques.

La première méthode est adoptée en Amérique, la deuxième en Grande-Bretagne, la troisième l'a été, en général, en France jusqu'à ce jour. La fabrication de matériaux synthétiques, composites, se prêtant à la construction de cloisons préfabriquées légères, insonores, susceptibles de satisfaire à l'essai d'incombustibilité, avec parements en tôle légère d'acier ou d'aluminium, ou même revêtements plastiques, est susceptible de

donner la préférence à la première solution, car il est incontestablement très séduisant d'éliminer d'un paquebot important ces forêts de cloisonnements divisionnaires constitués d'une armature de sapin avec parements de contreplaqué, bourrages d'amianté, de laine minérale, applications de peintures soi-disant ignifuges, le tout étant réalisé sur place et d'un contrôle d'exécution pour cela très difficile. La méthode américaine est autrement sûre. Mais la construction préfabriquée exige une organisation du travail qui suppose l'établissement de plans détaillés et précis, c'est-à-dire une extension des bureaux d'études et l'abandon des méthodes de construction artisanales. Notre préférence irait à cette solution pour un grand navire, sans aller toutefois jusqu'à l'exagération de l'« UNITED STATES » sur lequel l'élimination du matériau incombustible a été étendue jusqu'à tous les revêtements, même ceux décoratifs des locaux publics, à tout le mobilier seuls le piano, le billot du boucher et la baguette du chef d'orchestre faisant paraître, exception.

Les Conférences de Seattle, de Genève ont édicté des règles relatives au confort et à l'hygiène de l'habitat de l'équipage dont l'application est devenue obligatoire par une récente refonte de notre réglementation. Elles tendent à allouer à l'équipage de meilleurs emplacements, à réduire le nombre d'occupants par poste, à accroître la surface unitaire minimum. Leur application ne présente pas de difficultés sur les cargos. Il n'en est pas de même sur les paquebots devant loger un service hôtelier considérable, la surface supplémentaire allouée se traduisant inexorablement par une perte de passagers. Le fractionnement des postes entraîne que bon nombre de ceux-ci deviennent intérieurs, ce qui, parfois, soulève les objections des bénéficiaires eux-mêmes et multiplie la place perdue en coursives. Lors des refontes du « LIBERTÉ » et de l'« ÎLE DE FRANCE » en 1948-50, l'amélioration du confort des équipages s'est traduite par une perte de la capacité de transport qui est passée de 2 200 à 1 560 sur le premier et de 1 650 à 1 320 sur le second.

Les exigences du confort des passagers ne sont pas moindres : plus grand fractionnement des cabines pour en réduire la capacité individuelle et éviter le plus possible la

cohabitation, sanitaires individuels, plus grande surface afin de permettre un plus facile accès des bagages aux cabines, car il n'est plus question, en 1955, de transporter des émigrants, mais des touristes. Ce confort est imposé par les impératifs de la concurrence bateau-bateau, et bateau-avion. Il exige aussi un service de plus en plus impeccable nécessitant a priori plus de personnel. Ce confort est l'arme la plus sûre du bateau, face à la concurrence de l'avion.

Alors que le progrès technique autorise des allègements dont l'architecte naval peut profiter avec les restrictions déjà soulignées, tout ce confort accroît les exigences de volume, s'oppose donc aux réductions de taille que la seule équation des poids permettrait de consentir. Le paquebot est devenu un problème essentiel de volume. Le paquebot transatlantique projeté pour l'Atlantique Nord est grand, afin de pouvoir loger, avec tout le confort exigé par une clientèle presque exclusivement américaine, un nombre suffisant de passagers. Il file 30 nœuds parce qu'il n'y a aucune difficulté pour installer dans ses fonds les machines nécessaires. On peut même y loger le mazout pour la double traversée, ce qui n'était nullement indispensable, mais permettra de l'acheter aux conditions les plus économiques. Le navire plus lent, faisant sa traversée en 6 jours au lieu de 5, mais de même capacité passagère, serait presque aussi grand et par suite du moindre poids de sa machinerie, ne tiendrait debout qu'au prix d'un lestage important des fonds. Mais le premier fera 22 rotations par an au lieu de 16 et transportera 75 000 passagers, c'est ce que transporte effectivement l'« UNITED STATES », au lieu de 55 000. Toutes les charges annuelles se trouveront donc amorties sur un plus grand nombre de passagers, en particulier celles d'équipages. La dépense de combustible par passager transporté sera plus élevée, mais en fin de compte, le bilan reste à l'avantage de la première solution. C'était déjà la conclusion au moment de la conception de « NORMANDIE ». Elle est encore plus vraie aujourd'hui : le progrès technique réduisant la dépense de combustible, on a intérêt à intensifier l'exploitation de l'outil pour mieux amortir les autres, tout en réalisant le navire qui, en outre, sera plus assuré de maintenir son coefficient de remplissage.

maximum. Au demeurant, ce navire grand et rapide sera notablement plus léger, sinon plus court, que « NORMANDIE ». Avec 53 000 tonnes de déplacement environ, ce sera le « NORMANDIE », qui déplaçait 71 000 tonnes, moins le « FLANDRE » qui en déplace 19 000. Il consommera, à 30 nœuds, 33 tonnes à l'heure, alors que « NORMANDIE » en consommait près de 50. Ce n'est donc pas le même navire et ce n'est même plus un très grand navire au temps des pétroliers de 50 000 tonnes. Disons encore que la capacité de transport relativement élevée, eu égard au tonnage modéré, relevée sur certains paquebots étrangers, tient au fait qu'ils transportent un très fort pourcentage de troisièmes classes, n'exigeant qu'un service hôtelier rudimentaire sans comparaison avec celui exigé sur une ligne où le pavillon français, ne pouvant compter sur aucune clientèle nationale importante, doit conquérir de haute lutte la faveur d'une clientèle étrangère.

Vous ne comptez pas que je me livre à un examen détaillé des multiples équipements d'un navire. Je n'aborderai que quelques aspects de cette question.

Trop fréquemment, les conceptions les plus ingénieuses de nos Architectes navals sont gravement compromises dans leur réalisation, lors de la mise en exploitation, par les insuffisances de mise au point de détail, le manque d'endurance, de robustesse, d'équipements et d'auxiliaires qui paralysent l'exploitation, irritent par la nécessité de visites et réparations trop fréquentes. Il ne faut pas transiger sur la sécurité de fonctionnement d'un appareil à gouverner, d'un cabestan, d'une pompe alimentaire, de moteurs électriques, réputés étanches, inaptes à supporter longtemps les embruns de la plage avant. Faut-il s'étonner que des Armateurs donnent leur préférence à des auxiliaires d'origine étrangère mieux adaptés aux dures conditions du service à bord? Peut-être notre industrie des constructions navales n'est-elle pas assurée d'un volume suffisant de commandes pour permettre à des bureaux d'études et des ateliers, de se spécialiser dans la construction d'appareils spéciaux à la Marine Marchande? Un effort de rationalisation est fait actuellement pour rendre notre construction navale internationalement compétitive. Il semble qu'il ne devrait

pas se limiter aux seuls chantiers qui font le montage. En tout cas, ce n'est pas sur la qualité de ces auxiliaires que l'on doit jouer pour réaliser des économies.

Le problème du cargo est celui des manutentions. Vers 1920 le moteur Diesel de 2 500 ch remplaça la machine alternative à vapeur de même puissance sur le cargo courant de 10 à 12 nœuds. Ceci permit, par la suppression de la chaufferie et des soutes, tout le combustible devenant logeable en ballasts, de récupérer un volume important de cale au bénéfice de la marchandise, en même temps que la réduction du poids de combustible et d'eau permettait d'accroître le poids de frêt. Par l'accroissement de la puissance unitaire du cylindre Diesel, qui est passée depuis, de 300 à 900 ch, le cargo moderne développe 7 500 ch logés dans un compartiment de mêmes dimensions. Il file 16 à 18 nœuds et la consommation par mille a doublé. Cette dépense sera payante si elle permet de faire 3 rotations alors que l'ancien cargo en faisait 2, bref s'il est possible, avec 2 unités, de faire le travail qui en exigeait 3. Le problème se pose exactement comme pour le paquebot rapide, mais le passager de ce dernier débarque immédiatement par ses moyens, dès l'accostage, alors qu'il n'en est pas de même de la cargaison. Ce calcul ne se justifie donc que si la durée du séjour au port, à chaque rotation, est aussi réduite dans le rapport de 3 à 2, bref si le nombre de jours passés à quai annuellement, est resté le même. La statistique internationale montre qu'il a augmenté fortement. Ceci situe bien l'importance de la durée des manutentions.

Certes, des progrès ont été réalisés, les treuils électriques sont plus rapides, des spécialistes se sont attachés à inventer des panneaux métalliques à ouverture et fermeture rapides, on s'est ingénié à supprimer des hiloires, des épontilles, gênant la manutention horizontale dans les entreponts et cales. Ce ne sont là qu'améliorations mineures. Pour les navires spécialisés : pétroliers, pinardiers, bananiers, transports de primeurs, la mécanisation complète de la manutention par pompage, norias, tapis roulants, a permis de résoudre le problème de la rapidité des manutentions et ces navires, leurs caractéristiques en témoignent, supportent plus aisément l'accroissement de

vitesse que le général cargo. Pour ce dernier, la solution d'envergure est attendue avec impatience par l'Armement. Elle se heurte d'ailleurs au fait qu'elle ne dépend pas uniquement du navire mais aussi du quai avec toutes les routines que cela implique. Il semble que les chercheurs devraient s'orienter vers l'extension de la manutention horizontale par portes sur bordé et vers la multiplication du nombre de tranches, le point critique résidant dans les difficultés du roulage dans les entrepôts.

Dans le domaine propulsif, la première place revient au Diesel et plus particulièrement au deux temps simple effet qui surclasse très nettement le quatre temps suralimenté ou le deux temps double effet, car il concilie une puissance massique suffisante avec un bon rendement thermique et une simplicité organique satisfaisante.

Nous venons de dire les raisons pour lesquelles le Diesel a remplacé la machine à vapeur sur le cargo. Il l'a surclassée sans peine tant que les consommations spécifiques sont restées dans la proportion de 170 grammes pour le Diesel et 350 à 400 grammes pour la vapeur. La plus grande légèreté de la machine à vapeur, flanquée de ses chaudières, était largement compensée, sur le motor-ship long-courrier tout au moins, par l'économie pondéreuse réalisée sur le combustible et aussi sur l'eau, car il n'y a plus, avec le Diesel, de pertes à réparer. Avec ces consommations spécifiques, l'économie pondéreuse s'accompagnait d'une réduction des dépenses de combustible malgré la différence entre le prix de la tonne de Diesel oil et de la tonne de fuel oil, à l'avantage de la seconde.

Bref, la reconstruction de notre Marine Marchande s'est faite sous le signe du Diesel, à l'exception d'une dizaine de paquebots. Il s'agissait d'unités de puissances échelonnées entre 3 000 et 8 000 ch pour les navires à une hélice et n'atteignant 12 000 ch que sur les mixtes à 2 hélices. Dans ces limites de puissance, le moteur Diesel à allure lente, d'un rendement organique excellent, est roi. Les appréhensions que l'on pouvait avoir quant à la difficulté de recrutement des mécaniciens, se sont assez rapidement

révélées vaines, il faut de bons graisseurs mécaniciens sans autre formation spéciale que d'être de bons ouvriers au pied marin, et, sauf exception, les meilleurs sont encore ceux natifs de nos régions côtières. Les problèmes posés par l'entretien ont été résolus le jour où les réparateurs habitués à bricoler sur la machine alternative se sont décidés à adopter les méthodes d'entretien en vigueur dans les garages, c'est-à-dire, l'usage du rechange. Certes, l'armateur trouve que les visites périodiques sont trop fréquentes, que tous ces rechanges coûtent cher. L'usure des segments de pistons, des chemises de cylindre, s'est accélérée en fonction de la qualité de plus en plus déficiente des combustibles liquides hétérogènes, chargés d'asphaltes, de soufre, de vanadium, imposés en fait par les raffineurs. Le moteur Diesel connaît évidemment tous les ennuis fonctionnels des machines à mouvement alternatif, c'est-à-dire à usure, mais les progrès technologiques réalisés par les constructeurs hautement spécialisés sont tous les jours plus sensibles. Ces constructeurs s'appellent SULZER (Suisse), MAN (Allemagne), BURMEISTER et WAIN (Danemark), DOXFORD (Grande-Bretagne), FIAT (Italie). Dans cette liste, la technique française se remarque malheureusement par son absence. C'est un handicap pour notre Construction navale pour devenir exportatrice car, de même que la marchandise suit le pavillon, l'Armateur étranger peut préférer commander son navire au chantier qui lui donnera un moteur d'origine qui a sa préférence. La coque suit très souvent la machine.

Le moteur Diesel a enfin un autre très grand avantage pour l'Armateur : depuis l'aiguille d'injection jusqu'au tourteau d'accouplement, il constitue un tout, construit dans un atelier spécialisé, où il est essayé au banc, avant montage à bord. L'Armateur sait que son navire a quelques chances d'entrer en service à la date prévue, sans l'aléa de mises au point délicates. La machine ne risque pas de devenir un assemblage disparate, ce qui est l'écueil de la vapeur, par tout ce circuit très complexe et délicat de condensation et de réchauffage liant turbine et chaudière et que l'on appelle le « complément ».

Le Diesel plafonne par la puissance de sa cylindrée à environ 900 ch pour le moteur

à régime lent, d'environ 100 tours. La réalisation de puissances supérieures à 12 000-15 000 ch entraîne la multiplication des cylindres, l'adoption de moteurs à régime plus rapide, l'accouplement de plusieurs moteurs sur une ligne d'arbres avec accouplements élastiques, hydrauliques VULCAN, magnétiques ASEA ou bien avec transmission électrique. De telles installations existent, elles jouissent d'une certaine faveur, en Allemagne notamment, elles offrent en outre, des facilités appréciables de logement et aussi d'entretien si l'équipage consent à faire lui-même des visites à la mer et dans les escales commerciales. Ce n'est pas le cas général et les préférences de l'Armement vont plutôt au moteur à régime lent à attaque directe, tel le Doxford par exemple en Grande-Bretagne.

Les appareils moteurs à turbines à vapeur modernes, à haute pression, haute surchauffe, 40 à 45 kg/cm² et 425 à 450° C, à cycle à soutirages, avec chaudières dont le rendement atteint 88 à 90 p. 100, accusent des consommations par cheval heure effectif de l'ordre de 245 grammes de fuel oil sur les pétroliers récents de 12 000 à 15 000 ch. A ce taux, l'avantage de l'économie revient à la vapeur. Cette consommation spécifique de 245 grammes intègre en effet la consommation de tous les auxiliaires, alors que les 160 grammes du Diesel ne s'appliquent qu'au seul moteur de propulsion; si l'on y ajoute la consommation des auxiliaires et aussi celle de l'huile, qui n'est pas négligeable, la consommation spécifique rectifiée du Diesel monte à 190 grammes. La marge est loin de couvrir la différence de prix des combustibles utilisés. Tout ceci explique les tendances très récentes dans la technique Diesel : extension de la suralimentation au moteur deux temps simple effet, pour accroître la puissance de sa cylindrée qui passe de 900 à 1 250 ch, tentatives d'emploi de combustibles lourds pas beaucoup plus coûteux que le fuel oil chaudières. Mais avec ces combustibles encore plus difficiles à brûler que les autres, les économies escomptées sont en partie absorbées par des frais supplémentaires d'entretien, un tiers environ. Ainsi lutte actuellement le Diesel pour conserver le marché des pétroliers et des mixtes qui, il y a quelques années, ne lui était pas contesté.

La vapeur s'impose pour les grandes puissances. Les paquebots « MAROC », « VILLE DE TUNIS », « FLANDRE » et « ANTILLES » de la Compagnie Générale Transatlantique, le « LYAUTEY » de la Compagnie Paquet, les « VIET NAM », « CAMBODGE », « LAOS » des Messageries maritimes ont été pourvus de turbines à vapeur à haute pression 60 kg/cm², 480° C de surchauffe pour en expérimenter les possibilités de rendement maximum. Sur le « MAROC » et le « VILLE DE TUNIS » de 13 000 ch, ces turbines sont du type à réaction PARSONS avec réducteurs à simple réduction. Sur le premier, les chaudières sont du type Forges et Chantiers de la Méditerranée à circulation naturelle accélérée, sur le « VILLE DE TUNIS », du type Velox Brown Boveri à combustion sous pression et circulation forcée. Le « LYAUTEY » reproduit les dispositions du « MAROC » avec une puissance supérieure, 18 000 ch. Le « FLANDRE » et le « ANTILLES » ont des turbines d'action avec réducteurs à double réduction, chaudières à circulation forcée sur le premier, chaudières Penhoët P. 41 à circulation naturelle accélérée sur le second. La puissance est de 36 000 ch. Tous ces cycles à haute pression sont à double dégazage, dans le condenseur puis dans un réchauffeur-dégazeur, mais, alors que, sur les 3 navires type « MAROC », on a adopté un cycle thermodynamiquement hétérodoxe, rustique, avec réchauffage de l'eau d'alimentation par la vapeur d'échappement des auxiliaires et pompe alimentaire électrique, sur « FLANDRE » et « ANTILLES » et les autres navires, le cycle est du type à soutirages classiques avec pompe alimentaire à vapeur. Le « CAMBODGE » et le « LAOS » de 22 000 ch ont des turbines à réaction Parsons, des chaudières Velox sur le premier et Penhoët P. 41 sur le second, quant au « VIETNAM » de même puissance, il a des turbines d'action et des chaudières Penhoët P. 41. On conçoit que les relevés que l'on a pu faire aux essais de ces navires et depuis leur mise en service autoriseraient des comparaisons très intéressantes pour l'évolution future de notre technique marine à vapeur. En outre, sur tous ces paquebots, on a appliqué à la production et distribution d'électricité le courant alternatif 380 volts 50 périodes, ce qui d'ailleurs n'était pas une nouveauté dans notre Marine Marchande.

Les résultats obtenus avec le « MAROC » et la « VILLE DE TUNIS » ont été bons. De ces deux navires, celui qui a été le plus facilement pris en mains par son équipage marseillais est le « VILLE DE TUNIS », malgré la complication de la chaudière Velox, entièrement automatique, mais la régulation automatique Brown Boveri est parfaite. Le « MAROC » a nécessité quelques mises au point de la chauffe de ses chaudières afin, d'ailleurs, de brûler un combustible nécessitant une température de réchauffage très élevée. Depuis, il s'avère légèrement plus économique que le premier avec une consommation par cheval-heure en service courant de 275 grammes, très satisfaisante si l'on considère qu'elle incorpore la consommation d'une centrale électrique de 1 000 Kilowatts et le service de bouilleurs de 50 tonnes jour.

Les débuts d'exploitation de « FLANDRE » ont été difficiles, ceux d'« ANTILLES » moins. Les chaudières différentes du second ont donné lieu à moins de difficultés de réglage de la chauffe. En outre, mis en service plus tardivement que le premier, il a bénéficié de l'expérience acquise pour la mise au point des appareillages de régulation et appareils auxiliaires du cycle, les pompes alimentaires surtout.

On a pu remédier, et très complètement, aux défauts électriques ayant compromis le voyage inaugural de « FLANDRE », à savoir : insuffisance de protection du tableau principal électrique contre les courants de court-circuit s'établissant pour certaines dispositions de couplage des alternateurs et insuffisance de pouvoir de coupure et des dispositifs pare-étincelles des disjoncteurs.

Mais, ni sur l'un ni sur l'autre navire, et du fait des turbo-réducteurs semble-t-il, la consommation espérée avec les conditions thermo-dynamiques adoptées, n'a été réalisée, ni aux essais avec un peu moins de 300 grammes par cheval-heure effectif pour une puissance de l'ordre de 18 000 ch par groupe, ni en service avec une consommation nettement supérieure à 300 grammes. En outre, l'endurance des groupes turbo-réducteurs n'a pas répondu aux espérances que, d'une façon générale, l'on fondait dans la robustesse de construction des turbines d'action, du fait, entre autres, des déficiences des accouplements flexibles, lesquels

paraissent constituer d'ailleurs une spécialité assez délicate des groupes modernes turbo-réducteurs.

Au demeurant, ceci n'empêchera d'ailleurs pas, lorsque toutes les améliorations nécessaires auront été apportées, ces navires d'être de bons navires ayant de sérieuses qualités de coque, déjà soulignées, et une économie de ce fait assez satisfaisante dans l'ensemble. L'expérience faite avec ces navires est précieuse pour la construction du paquebot de l'Atlantique Nord.

Les enseignements généraux suivants sont à retenir :

La mode est aux fortes concentrations de vaporisation. Il y a 4 chaudières sur « FLANDRE » pour une puissance qui en eût exigé une douzaine il y a 25 ans. De même d'ailleurs, sur l'« INDÉPENDANCE » américain de caractéristiques très voisines. L'« UNITED STATES » se contente de 8 chaudières pour une puissance de 50 p. 100 supérieure à celle de « NORMANDIE » qui en exigeait une trentaine. Cette technique ne peut être suivie qu'à la condition d'adopter absolument des chaudières d'une marque éprouvée, ne s'encrassant pas, faciles à nettoyer. Le problème de la conduite de la chauffe est en outre devenu de nos jours un souci permanent, renaissant constamment du fait de la qualité de plus en plus déficiente des combustibles que l'armateur est condamné à brûler. Ajoutons qu'on ne passe pas d'une chaudière de 20 ou 30 tonnes éprouvée à une chaudière de 80 à 100 tonnes, par de simples calculs de similitude, et l'expérimentation en vraie grandeur est seule concluante. L'expérience de l'« UNITED STATES » qui, depuis sa mise en service, a labouré l'Atlantique, sans immobilisation, en parcourant 150 000 milles par an, celle de « COLOMBIE » qui, depuis sa refonte en 1948, s'accommode fort bien de deux chaudières « Combustion Engineering » ayant remplacé 6 anciennes chaudières cylindriques, montrent que la conception, sous les réserves faites, est justifiée.

Du fait de la plus faible masse d'eau et de vapeur en circuit, du faible volant des chaudières modernes, les temps de réaction, en cas d'incidents de fonctionnement d'un auxiliaire du cycle d'alimentation, sont réduits. Le personnel peut ne pas réagir à temps si les sécurités automatiques sont

aussi défailantes. Les caractéristiques de ces auxiliaires et appareillages du cycle doivent s'harmoniser en fonction des pertes de charges et de la régulation des chaudières. Il faut des auxiliaires éprouvés, de la robinetterie de qualité, des régulateurs automatiques sûrs, des appareils de mesure endurants et fidèles; à ce point de vue l'industrie française a de gros progrès à faire.

La plus grande vulnérabilité, encore accrue par l'électrification générale des auxiliaires, implique la division des risques, c'est-à-dire l'indépendance totale des lignes d'arbres y compris le circuit de condensation.

L'adoption de la transmission par double réduction d'engrenage implique une stricte économie des pertes par les paliers, ce qui conduit à limiter le nombre de corps de détente des turbines, en général, à deux.

Il y a quelques risques à aborder ces techniques avec du personnel de formation insuffisante ou instable par suite des circonstances. Le problème est essentiellement de maistrance. On n'assimile pas aussi rapidement le tuyautage compliqué d'un vapeur moderne que les détails technologiques aujourd'hui très ressemblants des diverses marques de Diesels. Les Américains, qui sont à la tête de ces Techniques, ont en outre ce Personnel, sinon très diplômé, mais très sélectionné en pratique, parmi les multitudes de mécaniciens formés par la Navy au cours de la guerre.

La vapeur moderne implique donc des sujétions la rendant très peu comparable à l'ancienne vapeur basse pression saturée, si rustique, des machines alternatives ayant équipé des générations de cargos.

Pour les paquebots, on ne peut pas faire autrement que de les subir, à moins d'accepter de construire des navires d'une exploitation onéreuse pendant un quart de siècle.

Grâce à sa haute pression, le « VILLE DE TUNIS » consomme 170 kg par mille contre 250 kg sur « VILLE D'ALGER » et « VILLE D'ORAN » affectés avec lui aux traversées Marseille-Afrique du Nord, mais de la technique de 1930. L'économie réalisée annuellement est de l'ordre de 8 000 tonnes de combustible, soit 60 millions de francs. Cela couvre les dépenses d'entretien du navire ou la moitié des dépenses d'armement en personnel.

La consommation par mille, en service,

de « NORMANDIE » était de 1 700 kg à un peu moins de 30 nœuds, pour une pression de 27 kg/cm² et une température de 350° C, celle de l'« UNITED STATES », pour une vitesse de 30 à 31 nœuds, avec son appareil moteur et évaporatoire à 70 kg/cm² et 520° C, ne paraît pas excéder 970 kg à une tonne, ce qui donne une économie de 700 kg par mille, soit 100 000 tonnes annuellement, soit encore un demi-milliard aux conditions d'approvisionnement du fuel oil à New-York. Ceci représente 2 fois les dépenses d'entretien technique du navire annuellement. Ceci justifie bien l'usage, dans la construction, de matériaux de tout premier choix et quelques efforts pour la formation des équipages. Soulignons qu'un tel résultat est dû à la réduction de consommation par cheval-heure ramenée de 320 grammes à moins de 240, mais aussi au fait que le navire ne déplace en charge que 48 000 tonnes contre 71 000 pour « NORMANDIE », allègement qui est dû pour la plus grande partie à ceux réalisés sur la machinerie et à la possibilité de fabriquer toute l'eau douce nécessaire par distillation d'eau de mer dans des bouilleurs chauffés par la vapeur ayant déjà produit tout son travail utile dans les turbines. La réalisation de ces bouilleurs basse pression est l'un des récents progrès décisifs de la technique maritime. Ils sont d'ailleurs assez délicats à conduire.

Des pressions et des températures encore plus élevées, de l'ordre de 100 kg et 550° C, l'adoption de la resurchauffe intermédiaire, permettraient une nouvelle économie de consommation, laquelle descendrait approximativement à 210 grammes par cheval-heure. Ce stade est atteint dans les centrales terrestres. Les variations de régime d'une machine marine, la qualité des mazouts brûlés qui contiennent du vanadium formant des dépôts corrosifs sur les surchauffeurs à haute température, incitent à la prudence et il est fort possible que cette nouvelle étape ne soit pas atteinte en Marine avant que dans quelques années l'énergie nucléaire lui ait enlevé son intérêt.

La turbine à gaz a fait naître des espérances par sa possibilité de supprimer toutes usures dues aux organes à frottement.

Le rendement global du Diesel est de

l'ordre de 38 p. 100, celui d'une installation à vapeur marine thermodynamiquement réalisable sans trop d'aléas, de 24 à 25 p. 100. La turbine à gaz ne s'imposera réellement que si elle offre un rendement intermédiaire entre ces deux chiffres, par exemple 30 p. 100, avec l'assurance de brûler le fuel oil dont le Diesel ne s'accommode pas.

Dans la forme la plus simple du cycle ouvert le rendement est de 16 p. 100. Ce rendement, quel que soit le cycle, ouvert ou fermé, dépend toujours d'abord de la température des gaz à l'entrée de la turbine haute pression, ensuite du fractionnement plus ou moins grand de la compression et de la détente que l'on consent au prix d'une plus grande complication du groupe. C'est ainsi que le rendement du cycle ouvert peut être porté à 30 p. 100 au prix de récupérateurs de calories des gaz d'échappement, compression étagée avec refroidisseurs intermédiaires, réchauffage intermédiaire entre deux étages de détente. La chute de rendement en fonction d'une baisse de température est rapide, c'est ainsi qu'un bon rendement de 32 p. 100 à 650° C tombera à 25 si la température doit être ramenée à 550° C.

Avec le cycle ouvert on n'a pas la possibilité d'utiliser des combustibles de médiocre qualité du fait des risques d'encrassement et de corrosion des ailettes. Ce cycle, qui est nécessairement à pression relativement basse, est en outre encombrant, lourd et de puissance limitée à celle d'un Diesel courant, soit 8 000 ch.

On peut réduire poids et encombrement par le cycle fermé, la turbine et le compresseur fonctionnant alors sous pression élevée entre 10 et 40 kg/cm². Mais, dans ce cas, l'énergie calorifique du combustible, si la combustion se fait à une pression assez voisine de la pression atmosphérique, ne peut plus être introduite directement dans le cycle, mais par le moyen d'un échangeur. Bref, on a remplacé la vapeur du cycle à vapeur par de l'air et la chaudière par cet échangeur, lequel reste encore encombrant et fragile du fait de la différence de pression sous laquelle le faisceau travaille à haute température. La turbine est évidemment mise ainsi à l'abri des résidus de gaz de combustion. En variante, le cycle à haute pression « SULZER » combine le circuit fermé et le circuit ouvert dans le but d'effectuer

les échanges haute température dans un échangeur, maintenu en équilibre de pression avec le circuit fermé, afin d'en réduire les dimensions et la fatigue. Tous ces cycles se caractérisent par la multiplication des turbomachines et le défaut de souplesse en manœuvres; on est donc obligé d'ajouter une transmission électrique pour commander l'hélice.

La turbine à gaz a fait l'objet d'expérimentations surtout avec le cycle ouvert, en Grande-Bretagne, sur de petites unités. En Marine Marchande, on doit citer les essais effectués sur le pétrolier « AURIS », essais qui ont confirmé le danger que comporte le vanadium, pour l'endurance des ailettes de turbines, aux températures de régime proches du point de fusion de l'anhydride vanadique, 675° C. Bref, la température de régime a dû être ramenée de 650° C à 590° C. A la suite de ces constatations, il avait été décidé d'expérimenter, pour les ailettes, un alliage spécial, le « NIMONIC », qui combinerait une notable résistance au fluage, aux températures élevées, avec une meilleure résistance à la corrosion vanadique et sulfureuse. Un pétrolier de 18 000 tonnes, à turbines à gaz à transmission électrique, avait été commandé par la Shell Tankers Ltd (anciennement Anglo Saxon Petroleum Co) aux chantiers Cammel Laird. On a appris très récemment que ce pétrolier à turbine à gaz était abandonné, mais que l'on allait poursuivre les essais sur l'« AURIS » en vue, cette fois, d'expérimenter la commande directe de l'hélice par la turbine à gaz.

Très intéressant apparaît le système dans lequel on fait appel à un cylindre Diesel pour produire des gaz dont on utilise l'énergie cinétique restante dans la turbine. La détente partielle dans le cylindre Diesel, permet de produire le travail de compression nécessaire à une suralimentation poussée en même temps que la température des gaz à l'entrée de la turbine est amenée à une valeur compatible avec l'emploi de matériaux courants, de l'ordre de 450 à 500° C. Dans cette idée, le générateur de gaz à pistons libres Pescara, de la Société Sigma, constitue une solution heureuse en simplifiant à l'extrême la transmission de puissance entre le cylindre Diesel et le compresseur, par la suppression de tout attelage important. On arrive ainsi à un rendement

presque égal à celui du Diesel sous le poids spécifique d'une turbine à gaz à circuit ouvert d'un rendement bien inférieur. Ce système, qui fait honneur à la technique française, a fait l'objet d'applications sur des dragueurs de la marine nationale et sur les petits caboteurs « CANTENAC » et « MERIGNAC ». En outre, il a pu être réalisé très simplement avec attaque directe de l'hélice par la turbine à gaz et s'est révélé en service d'une excellente souplesse. La licence en a été achetée par des constructeurs britanniques et américains.

Beaucoup d'experts considèrent la Marine comme la première devant tirer parti des immenses possibilités de l'énergie libérée par la fission nucléaire. Ce n'est plus tout à fait le futur, puisque le « NAUTILUS » est déjà en essais à la mer. Des appareils moteurs à énergie nucléaire ont été mis au concours aux États-Unis, pour l'équipement expérimental de cargos rapides type Mariner.

L'énergie nucléaire ne sera applicable à la Marine Marchande que tout autant qu'elle sera payante et que les problèmes de sécurité que pose son adoption à bord, auront été résolus.

Ses possibilités, on les connaît : la fission d'un gramme d'uranium 235 libère l'équivalent de 20 000 kilowatts heure chaleur dans un réacteur, soit 5 000 ch sur l'hélice. C'est la possibilité de traverser l'Atlantique en « brûlant » 2,5 kg de ce combustible sur un grand transatlantique tel que l'« UNITED STATES ». C'est évidemment le retour à la belle autonomie de la voile. Ne croyez pas toutefois que le chef mécanicien emportera dans sa valise ces 2,5 kg de combustible.

L'écueil est que l'uranium naturel ne comporte que 0,7 p. 100 d'uranium 235, une partie sur 140, capable d'entretenir la réaction nucléaire, le restant étant constitué par son isotope, l'uranium 238 non fissile. De ce fait, la réaction en chaîne ne s'établit dans un réacteur à uranium naturel qu'à la condition de ralentir considérablement les neutrons de fission avec un modérateur formant avec le mélange d'uranium, une masse critique considérable, d'où poids et encombrement très élevés.

Dans l'état actuel de la technique navale, le poids de l'approvisionnement de combus-

tible sur un long courrier est de l'ordre de 100 à 150 p. 100 du poids de la machinerie elle-même. Il n'y a pas tellement longtemps, à l'époque de la vapeur à basse pression et saturée, le poids spécifique des machines était le double de ce qu'il est actuellement. Il suffirait que, par suite des réacteurs, des échangeurs intermédiaires, de leurs blindages, des conditions thermodynamiques modérées du cycle vapeur, le poids au cheval soit doublé, pour que le gain réalisé par la suppression de toutes soutes soit absorbé. Cette hypothèse est loin d'être invraisemblable, car le réacteur nucléaire ne remplace que le foyer de la chaudière, uniquement, et le blindage de protection du personnel doit s'étendre à l'ensemble réacteur et faisceau d'échange.

Pour réaliser des réacteurs ayant un poids et un encombrement compatibles avec les exigences marines, il faut pouvoir brûler du « combustible enrichi », contenant une forte proportion d'uranium 235 fissile, ce qui permet l'entretien de la fission par des neutrons plus rapides, donc la réduction de masse du modérateur et de toute la masse critique. Pour cela il faut pouvoir isoler l'un de l'autre les deux isotopes 235 et 238. Cela exige des installations à terre, de traitement par diffusion gazeuse, coûteuses, s'étendant sur des hectares comme à Oak Ridge; l'uranium enrichi coûte donc très cher, on estime que le prix de revient du cheval-heure nucléaire serait de l'ordre de 3 à 6 fois celui du cheval vapeur ou Diesel actuels, qui est de 1,60 F à 1,80 F environ.

On avait fondé beaucoup d'espoir dans la régénération ou « breeding ». Pour une certaine vitesse intermédiaire des neutrons en voie de ralentissement, l'isotope 238 a la particularité de se transmuter en uranium 239, neptunium, puis finalement plutonium, lequel est fissile, et de plus, chimiquement différent de l'uranium. C'était la possibilité de fabriquer du combustible nucléaire en même temps qu'on en consomme et de réduire de ce fait considérablement le prix de revient, en même temps que de séparer le plutonium du barreau de combustible irradié, par voie chimique peu coûteuse, pour obtenir du combustible enrichi. Malheureusement, on paraît se heurter dans cette voie à la fantaisie du plutonium qui passe par quatre phases allotropiques dans

la zone des températures désirables pour un réacteur énergétique.

Les grosses questions techniques et économiques sont donc loin d'être résolues, sans parler de tous les détails métallurgiques et technologiques posés par la fabrication et la mise en œuvre des matériaux spéciaux de grande pureté, employés dans la construction du réacteur nucléaire et de l'échangeur intermédiaire cédant les calories au cycle moteur.

J'ai insisté, au cours de cet exposé sur les problèmes de qualité des matériaux, des fabrications, que pose l'évolution de la technique moderne; l'énergie nucléaire exigera, plus encore, d'avoir cette obsession de la qualité. Le résultat à atteindre implique la Spécialisation et des Laboratoires.

Pour le navire de commerce, et surtout le paquebot, il faudra enfin résoudre le grave problème de la protection des passagers et de l'équipage contre les radiations neutroniques et gamma très pénétrantes. Un engin de transport assure un service public et doit être, avant tout, absolument sûr pour le public.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas invraisemblable que, dans un avenir encore assez lointain, peut-être deux décennies, le paquebot soit revalorisé par l'énergie nucléaire qui paraît devoir s'y adapter plus aisément, car le problème du poids et de l'encombrement ne s'y pose tout de même pas avec la même acuité, que sur d'autres engins de transport, les avions notamment auxquels l'énergie libérée par la fission nucléaire apparaît beaucoup plus difficilement applicable.

Et je terminerai en disant quelques mots de la position du navire face à la concurrence de l'avion.

Pour le cargo, le problème ne se pose pas. Comment se pose-t-il pour le paquebot, en particulier pour l'Atlantique Nord, ligne de toutes les compétitions, au moment où l'on va construire un grand paquebot traditionnel?

On a lu récemment que, pour la première fois en 1954, le nombre de voyageurs par avions traversant les Océans du Monde, a été supérieur à celui des passagers par bateau et on ajoutait qu'uniquement au-dessus de l'Atlantique Nord, 12 Compagnies

aériennes assurent la liaison nuit et jour toutes les demi-heures, ce qui paraissait lier les deux faits. Or, sur l'Atlantique Nord en 1954, 938 000 passagers ont traversé par mer et 579 000 par air. Depuis l'année 1951 qui avait vu 710 000 passagers traverser par mer et 339 000 par air, les deux modes de transport se sont donc également partagé le supplément de clientèle acquise. L'année 1951 est caractéristique, car le transport maritime cette année-là avait retrouvé l'effectif moyen des années d'avant guerre.

Si, maintenant, on examine les statistiques concernant la répartition des passagers par classes, on constate depuis trois ans :

par mer : 20 p. 100 d'augmentation du trafic dans les deux premières classes, 44 p. 100 d'augmentation en touristes.

par air : régression sérieuse des 1^{re} classes dites « Standard », augmentation de la classe touristes qui a recueilli les transfuges de la 1^{re} classe et recruté de nouveaux passagers.

Ces chiffres ne montrent-ils pas la tendance vers un certain équilibre : d'une part une clientèle très pressée, en service pourrait-on croire, qui s'impose un voyage fastidieux, fatigant, exige des avions toujours plus rapides car elle tient à ne rester à bord que le moins de temps possible (ce qui a été confirmé d'ailleurs par les propos de Monsieur l'Ingénieur DUPRÉ, lors de sa conférence sur l'avion d'aujourd'hui, relativement à la lutte de vitesse que se livrent les Compagnies aériennes sur le Continent américain), d'autre part une clientèle acceptant la lenteur relative du paquebot si elle n'a rien toutefois d'exagéré, aspirant au voyage confortable, reposant, aux facilités qu'offrent des espaces généreusement alloués, et aux contacts humains?

Dans son récent discours du 200^e anniversaire de l'Université de Colombia, le Docteur Robert OPPENHEIMER, grand savant atomiste et aussi philosophe, nous a dit combien notre compréhension de notre Monde devenait aride de toute humanité lorsque nous le voyons des Routes du ciel et non plus des sentiers de nos villages.

Les deux modes de transport transocéaniques doivent collaborer.

Le paquebot subsistera, ne serait-ce que pour laisser aux hommes le loisir de participer à la vie de leur village et protéger les fleurs de leur jardin?

INDEX POUR 1955 DES AUTEURS DES CONFÉRENCES PUBLIÉES

MM.	Pages.
ARMAND (Louis). — Les Techniques à la Conquête économique des Grands Continents.	47
DUPRÉ (Raymond). — L'Avion d'aujourd'hui.	67
GUÉRON (J.). — Généralités sur la séparation industrielle des Isotopes.	27
MIGAUX (Léon). — La Géophysique appliquée à l'Industrie et en particulier à l'Industrie du Pétrole . . .	1
RICARD (J. P.). — Le Navire d'aujourd'hui.	83
VASSY (E.). — Les applications du Radar	37

TABLE DES MATIÈRES

(Année 1955)

1°

Conférences.

LA GÉOPHYSIQUE APPLIQUÉE A L'INDUSTRIE ET EN PARTICULIER A L'INDUSTRIE DU PÉTROLE, par M. Léon Migaux.	1
GÉNÉRALITÉS SUR LA SÉPARATION INDUSTRIELLE DES ISOTOPES, par M. J. Guéron	27
LES APPLICATIONS DU RADAR, par M. E. Vassy	37
LES TECHNIQUES A LA CONQUÊTE ÉCONOMIQUE DES GRANDS CONTINENTS, par M. Louis Armand. . .	47
L'AVION D'AUJOURD'HUI, par M. Raymond Dupré.	67
LE NAVIRE D'AUJOURD'HUI, par M. J. P. Ricard	83

2°

Comptes rendus des Séances publiques de la Société d'Encouragement.

Séance du 17 mars 1955 (<i>Remise du Grand Prix Lamy à la Cie Pechiney</i>).	55
Séance du 26 mai 1955 (<i>Décès de M. André Claude</i>)	61

3°

Divers.

Cérémonie de transmission des Pouvoirs présidentiels	19
Résolutions et vœux émis par la Société	23
Adresse de la Royal Society of Arts	62
Prix et Médailles attribués pour l'Année 1954.	63
Bibliographie.	65
Index des Noms d'Auteurs.	101

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

D. P. n° 1080

Imprimé en France chez BRODARD ET TAUPIN. Imprimeur-Relieur, Coulommiers. — 2-1956.

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

EXTRAIT DU CATALOGUE GÉNÉRAL DES PUBLICATIONS

II. — PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Catalogue de 3 005 étoiles repérées de la zone + 17° établi par l'Observatoire de Bordeaux.	500 F
Catalogue photographique du ciel de l'Observatoire de Toulouse, tome I.	2 500 F
PALOQUE. — Mouvements propres des étoiles des catalogues photographiques de Toulouse	1 400 F

Service de la carte phytogéographique.

a) Carte des Groupements Végétaux au 1/20 000 ^e .	
Carte d'Aix par M. MOLINIER.	700 F
Carte de Pontarlier	en préparation.
b) Carte de la Végétation de la France au 1/200 000 ^e .	
n° 59 Le Puy par J. CARLES; 1 carte 72 × 106.	700 F
n° 71 Toulouse par H. GAUSSEN et P. REY; 1 carte 75 × 106.	700 F
n° 75 Antibes par OZENDA; 1 carte 72 × 74.	600 F
n° 78 Perpignan par H. GAUSSEN; 1 carte 75 × 106.	700 F
Vieux Boucau. — Mont-de-Marsan.	en préparation.
Alençon.	en préparation.
BRAUN, BLANQUET. — Les Groupements Végétaux de la France Méditerranéenne.	1 300 F
THIÉBAULT M. J. — La Flore Libano-Syrienne.	
Tome I, édité par l'Institut d'Égypte	1 400 F
Tome II, — — — — —	2 000 F
Tome III, — — — — —	2 500 F
DESTOUCHES. — Principes de la Mécanique Classique	350 F
FORTET. — Éléments de Calculs des Probabilités	1 200 F
FRÉCHET. — Formulaires de Mathématiques, chapitre XII	600 F
BERTHELOT. — Le Noyau Atomique.	100 F
Mlle CAUCHOIS. — Les Spectres de Rayons X et la Structure Électronique de la Matière	300 F
FABRY. — L'Ozone Atmosphérique.	1 200 F
FRANCON. — Le Microscope à Contraste Déphasé et le Microscope Interférentiel.	1 000 F
FREYMAN. — Spectre Infra Rouge et Structure Moléculaire	200 F
LAFFINEUR, ABADIE, FRANÇOIS. — Travaux Pratiques d'Électronique Appliquée	1 000 F
LANGEVIN. — Les Œuvres Scientifiques	broché. 2 000 F cartonné. 2 400 F

MATHIEU. — Sur la Théorie du Pouvoir Rotatoire Naturel	300 F
PARODI. — Applications Physiques de la Transformation de LAPLACE.. . . .	800 F
PERRIN. — Les Œuvres Scientifiques	broché. 1 500 F cartonné. 1 800 F
ROUSSET. — Diffusion de la Lumière.	200 F
SURUGUE. — Techniques Générales du Laboratoire de Physique.	
Tome I. — 1 ^{re} édition épuisée, une 2 ^e édition est en préparation.	
Tome II. — broché.	1 800 F
cartonné.	2 000 F
Tome III. — broché.	2 700 F
cartonné.	3 000 F
VOGEL. — Les Fonctions Orthogonales dans les Problèmes aux Limites de la Physique Mathématique.	FRANCE 1 200 F ÉTRANGER 1 500 F
L'HÉRITIER. — Les Méthodes Statistiques dans l'Expérimentation Biologique.	400 F
SERVIGNÉ, GUÉRIN DE MONTGAREUIL, PINTA. — Fractionnement Chromatographique et Dosage de la Vitamine A.	350 F
TERROINE. — La Synthèse Protéique	3 200 F
VACHER. — Techniques Physiques de Microanalyse Biochimique.	400 F
MASSE, HENON, GUILBAUD. — Stratégies et Décisions Économiques	2 500 F

**Journées scientifiques et réunions d'études du Centre National de Coordination
des Études et Recherches sur la Nutrition et l'Alimentation.**

	FRANCE	ÉTRANGER
Le pain.	1 000 F	1 100 F
Les corps gras alimentaires	1 000 F	1 100 F
La production du lait.	1 200 F	1 350 F
Le comportement alimentaire et l'appétit.	500 F	550 F
La production de la viande	1 200 F	1 350 F
Les enquêtes de la consommation en France.	500 F	550 F
Techniques analytiques, physiques et chimiques du lait.	250 F	300 F
Nutrition et fonction de reproduction.	600 F	650 F
Physiologie, pathologie, chimie et cytologie des foies gras.	1 200 F	1 350 F
La volaille et l'œuf.	1 650 F	1 650 F

En préparation.

COTTON. — Textes choisis.
DUMAS. — Les épreuves sur échantillons.
GRIVET. — La résonance Paramagnétique Nucléaire.
PETIAU. — Théorie des Fonctions de BESSEL.
ROUTHIER. — Carte géologique au 400 000^e de la Nouvelle-Calédonie.

C^{ie} DE FIVES-LILLE

POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ET ENTREPRISES

S. A. Capital 1.500.000.000 de Frs

7, Rue Montalivet, PARIS-8^e

Tél. : Anj. 22-01 et 32-40.

CONSTRUCTIONS
MÉCANIQUES
MÉTALLIQUES
ÉLECTRIQUES



COMPAGNIE INDUSTRIELLE
DES PILES ÉLECTRIQUES

CIPEL

Société Anonyme au Capital de 345.000.000 de Francs.

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

Piles " AD "

à grande capacité
pour SIGNALISATION
TÉLÉPHONES
TÉLÉGRAPHES
etc...

Piles " MAZDA "

ÉCLAIRAGE PORTATIF
AMPOULES
BATTERIES
BOITIERS
RADIO

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS EIFFEL

Constructions métalliques - Ponts et Charpentes
Entreprises Générales

Section Chaudronnerie (LEROUX et GATINOIS)

Chaudières, Réservoirs, Matériel routier
(Épandage, Stockage des Liants)

~~~~~  
**SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX :**

**23, rue Dumont-d'Urville, PARIS 16<sup>e</sup>**

**USINE :**

**7, rue du Parc, BLANC-MESNIL.**

## **Compagnie Générale de GÉOPHYSIQUE**

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

**50, rue Fabert, PARIS (7<sup>e</sup>)**

Téléphone : INVALIDES 46-24



# MAISON BREGUET

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL 465.600.000 FR.  
15, avenue d'Eylau - PARIS 16<sup>e</sup> - Tél. : KLÉBER 48-10

## CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET MÉCANIQUES

GROUPES ÉLECTROGÈNES COMPLETS  
TURBINES A VAPEUR — RÉDUCTEURS ASISMIQUES  
MACHINES ÉLECTRIQUES - APPAREILLAGE  
POMPES CENTRIFUGES - CONDENSATION  
APPAREILS DE LEVAGE - PROJECTEURS

ÉCRIRE ET DESSINER "*avec le sourire !*"

M. GAUBERTI

**CRITÉRIUM**  
*Sergent-major*  
**GILBERT**  
**BLANZY-POURE**

TRADITION DE QUALITÉ DEPUIS 1836



d'après  
J. JACQUELIN



# Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 1.808.000.000 de francs

56, rue du Faubourg-St-Honoré, PARIS (8<sup>e</sup>)

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 ET TRAMWAYS - ÉLECTROBUS

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 - TRAMWAYS

E N T R E P R I S E S

## BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17<sup>e</sup>.

ALGER - CASABLANCA - TUNIS

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

BÉTON ARMÉ  
TRAVAUX PUBLICS  
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES



# Compagnie Française de Raffinage

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 8.400.000.000 DE FR.

R. C. Seine n° 54 B 3492

SIÈGE SOCIAL : 11, rue du Docteur-Lancereaux, PARIS (8°)

RAFFINERIE DE NORMANDIE

à GONFREVILLE-L'ORCHER (Seine-Maritime)

RAFFINERIE DE PROVENCE

à MARTIGUES (Bouches-du-Rhône)

## Société des Aciéries de **POMPEY**

61, rue de Monceau, PARIS (8°) — 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<sup>e</sup>)

## L'AIR LIQUIDE

SOCIÉTÉ ANONYME

Téléph. :  
INV. 44-30 à 38

75, Quai d'Orsay - PARIS (7<sup>e</sup>)

Télégr. :  
AIRLIQUID-PARIS

Ses DIVISIONS & FILIALES exploitent 175 usines DANS LE MONDE

**O X Y G È N E**  
**A I R - A Z O T E**

COMPRIMÉS ET LIQUIDES



**ARGON**

GAZ RARES EXTRAITS DE L'AIR



**ACÉTYLÈNE DISSOUS**

INSTALLATIONS de PRODUCTION  
DES GAZ CI-CONTRE  
ET DE **SÉPARATION** DE TOUS  
MÉLANGES GAZEUX PAR **LIQUÉFACTION**



RÉCIPIENTS POUR LE  
TRANSPORT ET L'UTILISATION  
D'OXYGÈNE ET D'AZOTE LIQUIDES



**MATÉRIEL**

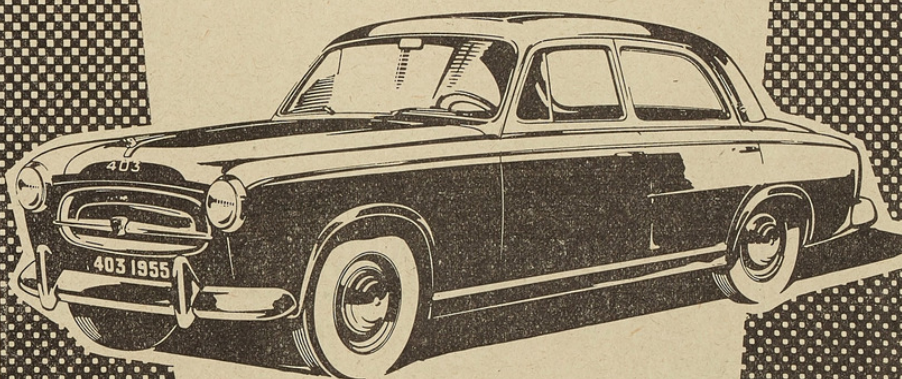
POUR

SOUDAGE, TREMPÉ, OXYCOUPAGE, etc...

Consultez son « **SERVICE APPLICATIONS** » pour tous travaux de  
**Soudage, Oxycoupage, Décapage, Décriquage, Trempe superficielle au chalumeau**  
**Emmanchement par contraction, Soudage en atmosphère d'Argon, Découpage à**  
**la poudre, etc..., etc...**



Dès son apparition  
la **403**  
remporte  
un succès éclatant



*Vous pouvez demander  
un essai dès maintenant  
au Concessionnaire*

**Peugeot**



## SOCIETE CHIMIQUE de la GRANDE PAROISSE

### AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 933.185.000-FRANCS

SIEGE SOCIAL: 8, rue Cognacq-Jay - PARIS (VII<sup>e</sup>) • Tél.: INV. 44.30 à 44.38

R. C. Seine n° 43.092

Adr. Télégr.: GRANPARG-PARIS

R. P. C. A. Ouest n° 102

### INSTALLATIONS D'USINES:

SYNTHÈSE DE L'AMMONIAQUE (Procédé Georges Claude) ENGRAIS AZOTES

SYNTHÈSE DE L'ALCOOL METHYLIQUE

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

HYDROGENE PAR CRACKING ET CONVERSION DES HYDROCARBURES

RECUIT BRILLANT (Licence I. C. I.)

CRISTALLISATION DES SELS (Licence Krystal)

### PRODUITS FABRIQUES:

AMMONIAC ANHYDRE

—:—:

ALCALI A TOUS DEGRES

:—:—:

ENGRAIS AZOTES

USINES OU ATELIERS: GRAND-QUEVILLY (Seine-Inférieure) - WAZIERS (Nord) - FRAIS-MARAI (Nord) - PARIS, 25, rue Vicq d'Azir - AUBERVILLIERS (Seine), 65, rue du Land.



## C<sup>ie</sup> BORDELAISE

### DES PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme - Capital 1.050.000.000 de francs

28, Place Gambetta — BORDEAUX

USINES: BORDEAUX, SÈTE, ROUEN, NANTES

### ACIDES SULFURIQUES

### SUPERPHOSPHATES

### SULFATE DE CUIVRE

### PHOSAMO

ENGRAIS COMPLET

Entièrement obtenu par combinaison chimique

### SULTOX

SOUFRE DISPERSE OBTENU PAR FUSION

50 pour cent de soufre à l'état libre



# PROGIL

Société Anonyme au Capital de 1.200.000.000 de Francs

79, Rue de MIROMESNIL, PARIS 8<sup>e</sup>. Tél. Laborde 91-60

## PRODUITS CHIMIQUES

CHLORE ET DÉRIVÉS - SOUDE - SOLVANTS CHLORÉS, HYDROGÉNÉS ET DESHYDROGÉNÉS - HUILES DIÉLECTRIQUES "PYRALÈNES" - SULFURE DE CARBONE - PHOSPHATES DE SOUDE MONO, DI ET TRISODIQUE - PYRO ET POLYPHOSPHATES - SILICATES DE SOUDE ET DE POTASSE - MÉTASILICATES - PARADICHLOROBENZÈNE - OXYDE D'ÉTAIN - CHLORURES D'ÉTAIN ET DE ZINC - ACÉTATE DE PLOMB - ACIDES OXALIQUE ET FORMIQUE - FLUIDES DE CHAUFFAGE "GILOTHERM".

## CRYPTOGILS ET XYLOPHÈNES POUR LA PROTECTION DES BOIS

LUTTE CONTRE L'ÉCHAUFFURE, LES PIQURES D'INSECTES, LA MERULE ET LE BLEUISSEMENT DES RÉSINEUX

## SPÉCIALITÉS POUR LE NETTOYAGE DU MATÉRIEL LAITIER ET DE LA VERRERIE

"PROGICLAIRS" ORDINAIRES ET ANTISEPTIQUES

## SPÉCIALITÉS POUR TEXTILE ET TANNERIE

ADJUVANTS POUR TEINTURE, IMPRESSION ET BLANCHIMENT - SPÉCIALITÉS "GILTEX" - TANINS VÉGÉTAUX ET SYNTHÉTIQUES - HÉMATINES - TITANOR - "CRYPTOTAN"

## PAPETERIE

CELLULOSE DE CHATAIGNIER BLANCHIE - PAPIERS D'IMPRESSION ET D'ÉCRITURE

*Ingénieurs spécialisés et Laboratoires à la disposition de toutes industries.*

*Notices sur demande adressée à PROGIL, 79, rue de Miromesnil, PARIS 8<sup>e</sup>*

## 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<sup>e</sup>)

TÉLÉPHONE : EUROPE 31-00

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM-PARIS



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

## 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)

**18, rue Pavée, PARIS (4°)**

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





*ETABLISSEMENTS*  
**KUHLMANN**

SOCIÉTÉ ANONYME au CAPITAL de 6.100.000.000 de FRS  
Siège Social : 11, rue de La Baume, PARIS (8<sup>e</sup>)

★

**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 CERIUM - 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 4.975.200.000 Francs

SIEGE SOCIAL : 173, BOULEVARD HAUSSMANN, PARIS-VIII<sup>e</sup>

R. C. Seine 54 B 8975

TELEPHONE : ÉLYSÉES 83-70

Téleg. Elibu 42 Paris

RADIODIFFUSION

RADIOCOMMUNICATIONS - TÉLÉVISION

HAUTE FRÉQUENCE INDUSTRIELLE

TOUTES LES APPLICATIONS DU RADAR  
ET DES HYPERFRÉQUENCES

TUBES ÉLECTRONIQUES - SEMI-CONDUCTEURS

TUBES HYPERFRÉQUENCES

RÉCEPTEURS DE T.S.F. ET DE TÉLÉVISION,

ÉLECTROPHONES, DISQUES

" DUCKETT-THOMSON "

CHAUFFAGE ET CUISINE DOMESTIQUES

APPAREILS MÉNAGERS

RASOIRS ÉLECTRIQUES

APPAREILLAGE - TUBES ISOLATEURS

RÉFRIGÉRATEURS ÉLECTRIQUES



TOUTES VARIÉTÉS DE CABLES ET FILS ÉLECTRIQUES

CUIVRE, ALUMINIUM, ALMELEC EN FILS, CABLES, MÉPLATS

FILS ET MÉPLATS ÉMAILLÉS - FILS GUIPÉS POUR BOBINAGE

CABLES SPÉCIAUX INCOMBUSTIBLES - CABLES COAXIAUX