

## 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](http://www.eclydre.fr)).

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

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

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

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

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

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

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

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

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

	<a href="#">1955, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1955, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1955, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1956, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1956, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1956, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1956, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1957, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1957, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1957, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1957, n° spécial (1956-1957)</a>
	<a href="#">1958, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1958, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1958 n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1958, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1959, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1959, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1959 n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1959, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1960, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1960, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1960, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1960, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1961, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1961, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1961, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1961, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1962, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1962, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1962, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1962, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1963, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1963, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1963, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1963, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1964, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1964, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1964, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1964, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1965, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1965, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1965, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1965, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1966, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1966, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1966, n° 3 (juil.-sept.)</a>
	<a href="#">1966, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1967, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1967, n° 2 (avril-juin)</a>
	<a href="#">1967, n° 3 (juil.-sept.)</a>

	<a href="#">1967, n° 4 (oct.-déc.)</a>
	<a href="#">1968, n° 1</a>
	<a href="#">1968, n° 2</a>
	<a href="#">1968, n° 3</a>
	<a href="#">1968, n° 4</a>
	<a href="#">1969, n° 1 (janv.-mars)</a>
	<a href="#">1969, n° 2</a>
	<a href="#">1969, n° 3</a>
	<a href="#">1969, n° 4</a>
	<a href="#">1970, n° 1</a>
	<a href="#">1970, n° 2</a>
	<a href="#">1970, n° 3</a>
	<a href="#">1970, n° 4</a>
	<a href="#">1971, n° 1</a>
	<a href="#">1971, n° 2</a>
	<a href="#">1971, n° 4</a>
	<a href="#">1972, n° 1</a>
	<a href="#">1972, n° 2</a>
	<a href="#">1972, n° 3</a>
	<a href="#">1972, n° 4</a>
	<a href="#">1973, n° 1</a>
	<a href="#">1973, n° 2</a>
	<a href="#">1973, n° 3</a>
	<a href="#">1973, n° 4</a>
	<a href="#">1974, n° 1</a>
	<a href="#">1974, n° 2</a>
	<a href="#">1974, n° 3</a>
	<a href="#">1974, n° 4</a>
	<a href="#">1975, n° 1</a>
	<a href="#">1975, n° 2</a>
	<a href="#">1975, n° 3</a>
	<a href="#">1975, n° 4</a>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">1976, n° 1</a>
	<a href="#">1976, n° 2</a>
	<a href="#">1976, n° 3</a>
	<a href="#">1976, n° 4</a>
	<a href="#">1977, n° 1</a>
	<a href="#">1977, n° 2</a>
	<a href="#">1977, n° 3</a>
	<a href="#">1977, n° 4</a>
	<a href="#">1978, n° 1</a>
	<a href="#">1978, n° 2</a>
	<a href="#">1978, n° 3</a>
	<a href="#">1978, n° 4</a>
	<a href="#">1979, n° 1</a>
	<a href="#">1979, n° 2</a>
	<a href="#">1979, n° 3</a>
	<a href="#">1979, n° 4</a>
	<a href="#">1980, n° 1</a>
	<a href="#">1982, n° spécial</a>

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	<a href="#">1976, n° 1</a>
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1976

<b>Collation</b>	<b>1 vol. (32 p.) : ill. ; 27 cm</b>
<b>Nombre de vues</b>	<b>48</b>
<b>Cote</b>	<b>INDNAT (114)</b>
<b>Sujet(s)</b>	<b>Industrie</b>
<b>Thématique(s)</b>	<b>Généralités scientifiques et vulgarisation</b>
<b>Typologie</b>	<b>Revue</b>
<b>Langue</b>	<b>Français</b>
<b>Date de mise en ligne</b>	<b>03/09/2025</b>
<b>Date de génération du PDF</b>	<b>08/09/2025</b>
<b>Recherche plein texte</b>	<b>Non disponible</b>
<b>Permalien</b>	<b><a href="https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.114">https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.114</a></b>

## 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 reporterà à la [notice publiée en 2012 : « Pour en savoir plus »](#)

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

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

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

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

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

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publient 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 Emtoz, [« 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 EMTOZ, [« 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*

*fondée en 1801  
reconnue d'utilité publique*

•  
Revue trimestrielle  
1976 - N° 1

•

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

- Le pétrole en Mer du Nord :  
réalités et perspectives. *par G. JARLAN, p. 3*
- Quelques applications du laser en aérospatiale.  
*par C. VERET, p. 24*

ACTIVITES DE LA SOCIETE D'ENCOURAGEMENT POUR  
L'INDUSTRIE NATIONALE

ANNEE 1974

- Table des Matières ..... *p. 35*
- Index des Auteurs ..... *p. 37*

ANNEE 1975

- Table des Matières ..... *p. 39*
- Index des Auteurs ..... *p. 41*

Publication sous la direction de M. Henri NORMANT

*Membre de l'Institut, Président*

Les textes paraissant dans *L'Industrie Nationale* n'engagent pas la responsabilité  
de la Société d'Encouragement quant aux opinions exprimées par leurs auteurs.

Abonnement annuel : 60 F le n° : 20,00 F C.C.P. Paris, n° 618-48

# La pétrole en Mer du Nord : réalités et perspectives

par Gérard JAFFRE  
Institut-Géologie de Paris

## TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Il est difficile d'imaginer un futur commercial sans pétrole. Si ce n'est pas dans les réserves actuelles (1), environ 800 millions de tonnes il convient en prévoir au moins 1000 millions au cours des prochaines décennies dits la moitié des réserves de ces vingt-huit années sera consommée par le seul continent. Celle source de déomination de notre énergie devrait être au moins aussi importante que les deux autres : la Mer du Nord. Depuis quelque temps cette dernière fournit des quantités de pétrole et de gaz qui devraient se multiplier considérablement au cours de l'extension économique de l'Europe. Ces pays devraient alors une évolution de pétrole excédentaire qui apparaît dès lors qu'il en est déjà au-delà de la Nécessité.

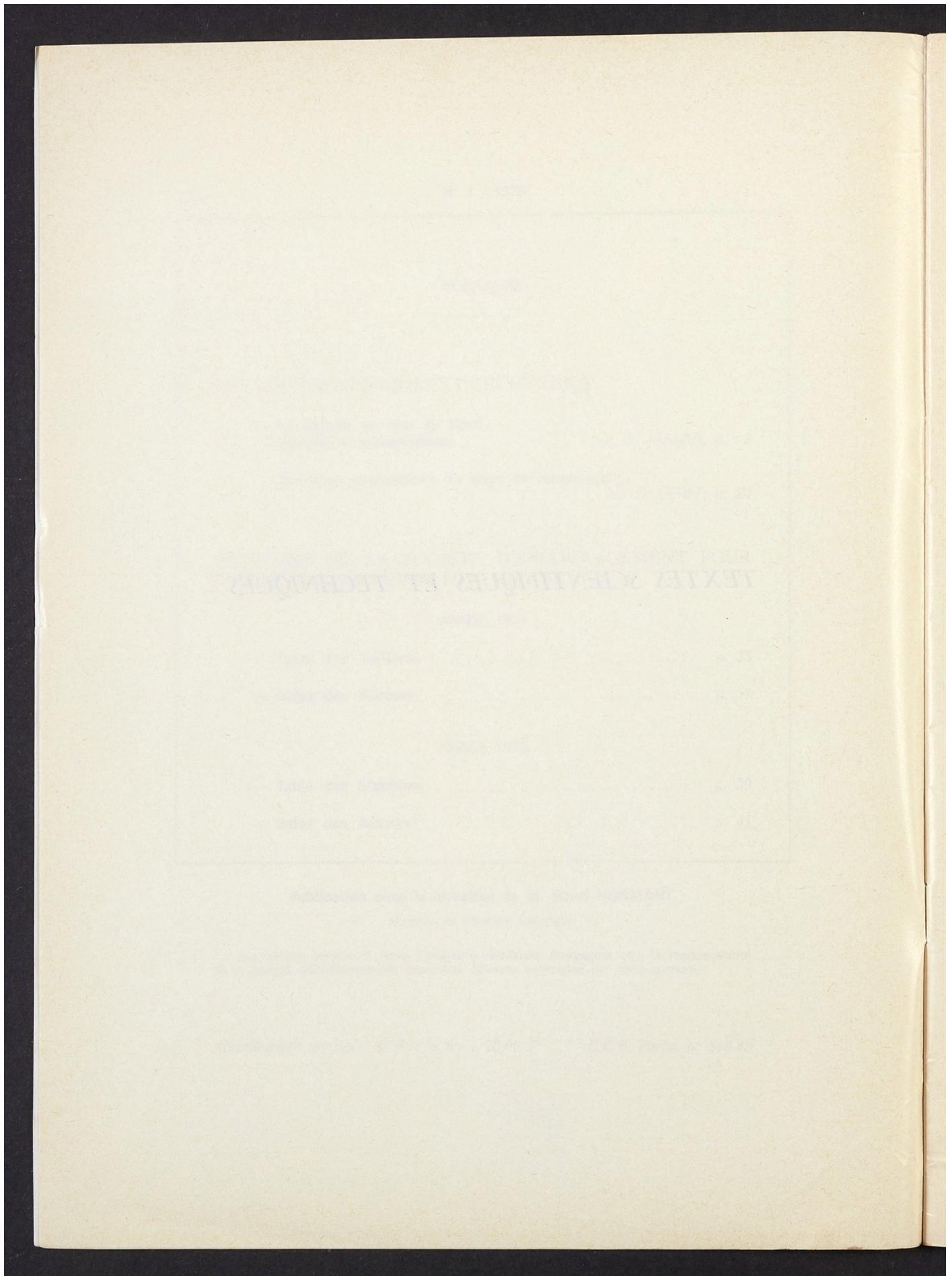
Pour arriver à ces résultats, on attendra que l'on recouvre à un démontage de nouvelles techniques adaptées à un dépassement offshore relativement profond. Ces dernières compagnies pétrolières amé-

niques possèdent des connaissances et des réalisations qui leur permettent de faire face à ce défi. La Mer du Nord, en raison de l'aggravation et de la variété des ensembles géologiques qu'elle renferme, pose des problèmes assez importants par des profondeurs allant jusqu'à 100 mètres, les compagnies industrielles ont à employer des plate-formes en béton présentant certaines difficultés de pour imprévues et possédant également les fondations fortes, production et stockage de pétrole.

Un exemple d'œuvre en béton présentant ces fonds par de réservoirs EDFIS à commencer entre 1970 et 1975 par la Société française Elf-Aquitaine, pour le compte du groupe Phillips, le réservoir résultant d'un million de barils de pétrole et sa grande surface de pont sera de base aux emplacements de combusables au gaz qui sera néanmoins par la géodrillage dans le champ Ekofisk à l'ouest, sur la côte norvégienne. Avant de vous quitter je dirige vers vous quelques

(1) Les séminaires proposés dans l'Hotel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie et l'Agriculture de 1974-1975.

Les séminaires sont organisés en célébrant un fait mondial de croissance de la



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

# *Le pétrole en Mer du Nord : réalités et perspectives (\*)*

par Gérard JARLAN  
*Ingénieur-Conseil : C.-G. DORIS*

## INTRODUCTION

En 1985, le Monde consommera annuellement, en énergie, d'après les dernières estimations (\*\*), environ 9 milliards de tonnes d'équivalent en pétrole, dont plus de 4 milliards de tonnes de pétrole proprement dit. La moitié, au moins, de ces 4 milliards de tonnes sera fournie par le Proche-Orient. Cette sorte de domination du marché énergétique mondial ne sera pas rompue par les découvertes de la Mer du Nord. Cependant, cette dernière fournira des quantités de pétrole et de gaz qui devraient, en particulier, modifier sensiblement, vers 1983, la situation économique du Royaume-Uni. Ce pays connaîtra alors une production de pétrole excédentaire par rapport à ses besoins ; il en est déjà ainsi pour la Norvège.

Pour atteindre de tels résultats, on aura dû avoir recours à un déploiement de nouvelles techniques adaptées à un domaine offshore relativement profond. Certes, les compagnies pétrolières amé-

ricaines avaient déjà, depuis 1950, dans le Golfe du Mexique, mis en œuvre des moyens importants centrés sur l'emploi des plates-formes métalliques implantées par des fonds variant entre 20 et 100 mètres. En Mer du Nord, en raison de l'accroissement et de la variété des équipements pétroliers utilisés jusqu'à maintenant par des profondeurs allant jusqu'à 150 mètres, les Compagnies ont été amenées à employer des plates-formes en béton précontraint offrant des surfaces de pont importantes et permettant d'intégrer les fonctions forage, production et stockage du pétrole.

Un exemple d'ouvrage en béton précontraint est fourni par le réservoir Ekofisk I construit entre 1971 et 1973 par la Société française C.-G. Doris, pour le compte du groupe Phillips. Ce réservoir contient un million de barils de pétrole et sa grande surface de pont sert de base aux équipements de compression du gaz qui sera acheminé par le gazoduc reliant le Champ Ekofisk à Emden, sur la côte allemande. Avant de vous décrire cet ouvrage, nous reverrons quelques

(\*) Conférence prononcée dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, le 13 février 1975.

(\*\*) Effectuées en supposant un taux mondial de croissance de 4 %.

points particuliers sur la géologie et la nature des hydrocarbures que les structures géologiques révèlent, ainsi que sur les conditions liées à l'environnement en Mer du Nord. Nous verrons ensuite quelles sont les perspectives économiques que l'on peut envisager lorsque l'exploitation des hydrocarbures atteindra son plein développement et dans quelle mesure la gestion de la production par les pays riverains devra prendre en compte des intérêts parfois divergents.

#### GENERALITES SUR LES HYDROCARBURES

Du point de vue de la géologie, la Mer du Nord constitue un bassin sédimentaire dont la formation remonte au Permien, soit à environ 250 millions d'années. L'affaissement graduel qui se produisit à cette époque, dans cette partie de l'Europe, créa une mer intérieure. A la suite d'un réchauffement du climat, cette eau s'évapora en laissant d'épais dépôts de sel qui formèrent ainsi une sorte de cuvette imperméable enfermant les grès du Permien ainsi que les roches carbonifères. A l'époque du Jurassique, soit environ 150 millions d'années avant notre ère, un nouvel affaissement important des fonds entraîna la formation de dépôts organiques constitués par une flore très riche, dont la décomposition est probablement la source des hydrocarbures. Par la suite, la formation graduelle de roches sédimentaires, durant les périodes géologiques du Crétacé Supérieur et du Tertiaire, s'accéléra, facilitant ainsi les conditions de formation du pétrole. Remarquez que d'une manière générale, ces roches sont généralement concentrées dans des mers relativement peu profondes recouvrant le plateau continental. C'est le cas en Mer du Nord.

Pour que le pétrole existe, il doit se produire des conditions de piégeage particulières. Le mode de piégeage rencontré en Mer du Nord est généralement celui

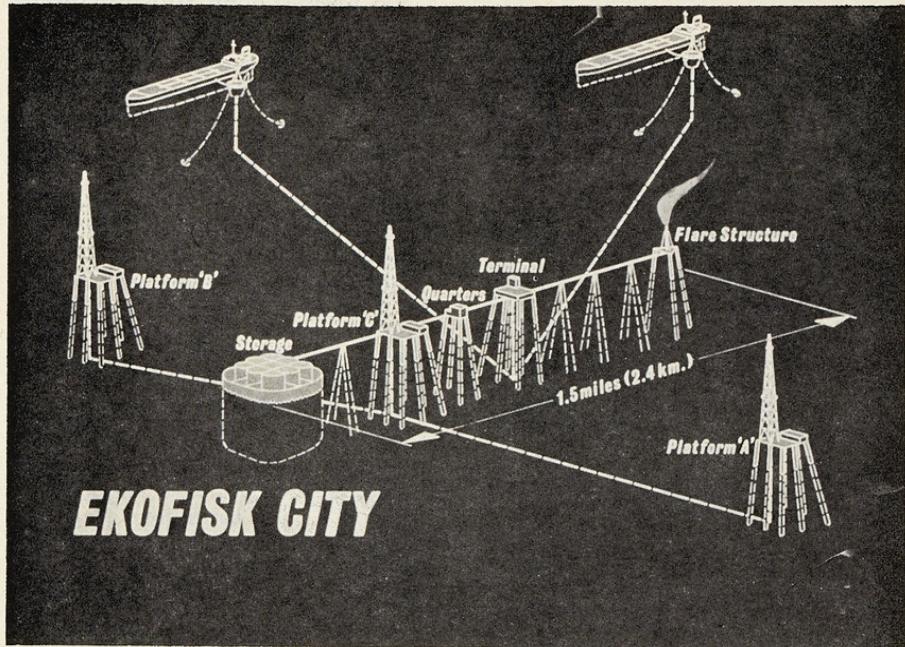
dit « du dôme de sel », sorte de colonne très dense, non poreuse, ayant, sous l'effet des mouvements verticaux de la croûte terrestre, fracturé les couches sédimentaires et enfermé à son sommet ou latéralement, des poches de pétrole scellées par des couches d'argile imperméable. Il est d'ailleurs possible que cette argile ait joué un rôle de catalyseur dans les processus de décomposition des débris organiques qui sont à l'origine du pétrole.

En principe, la Mer du Nord recèle des gisements, comme par exemple, celui d'Ekoisk, qui sont moins importants que dans le cas de piégeage par un anticinal, comme c'est le cas dans la zone du Koweit.

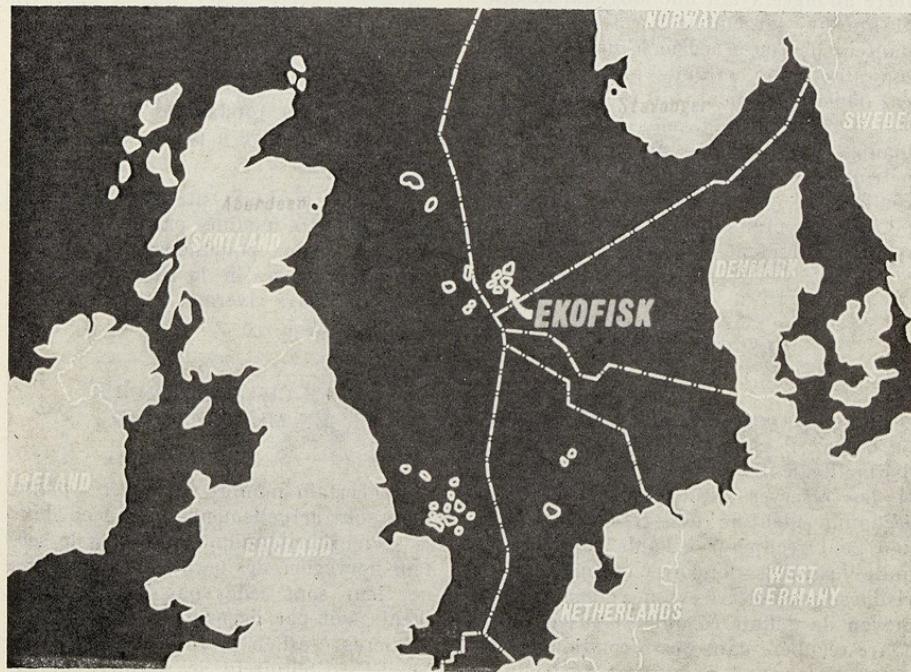
Dans sa roche-mère, le pétrole baigne au sein d'un milieu aqueux. Il est sensible à la chaleur, et une température de l'ordre de 130° à 150 °C constitue un seuil au-delà duquel il se transforme en gaz. Il est rare, en fait, de trouver du pétrole à 7 500-8 000 mètres en dessous de la surface de la terre. Une poche type d'hydrocarbure sera constituée par de l'eau salée, de l'huile et du gaz sous pression.

Les hydrocarbures de la Mer du Nord sont présents à des niveaux variables dans des terrains dont l'âge géologique n'est pas homogène. Dans l'aire définie entre le 62<sup>e</sup> parallèle au Nord et le 52<sup>e</sup> parallèle au Sud, on distingue deux bassins sédimentaires principaux, le bassin Nord et le bassin Sud. C'est dans ces régions que se trouvent les structures géologiques les plus favorables. Le potentiel du bassin Sud est surtout constitué par du gaz alors que, dans le bassin Nord, il existe des quantités importantes de pétrole et de gaz avec une prédominance pour le pétrole, dans les gisements situés le plus au Nord.

Le pétrole peut être défini comme un mélange composé d'hydrocarbures en phase liquide contenu dans un réservoir naturel souterrain sous pression ambiante et qui demeure liquide à la pression atmosphérique. Il existe un assez



Représentation schématique des installations pétrolières du champ.



La Mer du Nord et les secteurs des pays riverains.

grand nombre de variétés de pétrole que l'on définit à l'aide de l'indice API.  
 Indice API (American Petroleum Institute) =  $\frac{141,5 - 131,5}{\text{densité à } 60^\circ \text{ F}}$

Une huile ayant un indice de 35 indique qu'il s'agit d'un pétrole léger. Par comparaison, l'eau aurait un indice égal à 10. Les pétroles ayant des normes API de 10 à 20 sont donc « lourds », alors que ceux ayant un indice de 30 à 40 sont reconnus comme étant « légers ».

Certaines huiles contiennent du soufre ; contrairement aux pétroles du Proche-Orient, ceux de la Mer du Nord en contiennent très peu, soit 0,3 % en moyenne. Du point de vue physico-chimique, on pourra classer les huiles de la Mer du Nord en catégories du type aromatique, asphaltique ou paraffinique (pétrole d'Ekofisk).

A cause du type de piégeage rencontré, on a, le plus souvent, affaire à des gisements ayant la forme d'une pomme de terre allongée ayant une longueur de 3 à 10 km, une largeur de 1 à 3 km, et une hauteur de 100 à 200 m. Enfin, il existe toujours une certaine proportion de gaz dans le gisement, soit à l'état oclus, soit à l'état libre et, sous pression ambiante, à la surface de la nappe de pétrole. On peut également trouver des condensats qui viennent s'ajouter au pétrole proprement dit et que l'on recueille directement avec l'huile.

#### LES RESERVES

Lorsqu'on parle de réserves de pétrole ou de gaz, il est important d'établir une distinction entre les réserves reconnues et les réserves estimées. Une réserve reconnue identifie des ressources que l'on peut récupérer à l'aide des techniques classiques, donc avec des coûts prévisibles. Une réserve estimée constitue un moyen de définir ce qui est susceptible d'être récupéré dans des formations géologiques connues en partant de techni-

ques devant, le cas échéant, être adaptées, donc de coûts à extrapoler et à actualiser.

Une fois reconnu commercialisable, il est intéressant, du point de vue économique, d'exploiter un champ aussi rapidement que possible, de manière à créer immédiatement un cash-flow suffisant pour permettre d'équilibrer ou de réduire les coûts d'investissement. La nature du réservoir naturel, l'épaisseur des couches, la porosité de la roche, le niveau de la pression ambiante et la viscosité du liquide viendront, cependant, influencer les taux d'extraction du pétrole.

Dans de bonnes conditions, un puits en Mer du Nord peut être amené à débiter de 5 à 8 000 barils/jour. Mais si le taux d'extraction est trop rapide ou trop lent, on devra craindre ultérieurement une baisse de régime de la production.

On s'arrange, en général, pour obtenir un taux journalier maximum de production du champ qui soit compatible avec les limites imposées par les conditions *in situ* et par la technique. On tentera de se cantonner autour d'une quantité débitée qui soit aussi longue que possible, par exemple 15 à 20 ans, période au-delà de laquelle la production du puits se mettra à décroître à peu près exponentiellement.

Il s'agit là d'une situation type susceptible d'être modifiée par des décisions plus ou moins ponctuelles, influencées par les exigences de la situation économique du pays riverain.

#### LES CHAMPS CONNUS EN MER DU NORD

Un certain nombre de sociétés pétrolières ont actuellement, aussi bien dans le secteur britannique que dans le secteur norvégien, des permis d'exploitation qui leur sont cédés par les gouvernements soit par licence directe, soit aux enchères. C'est en 1971, par exemple, que Shell-Essoc obtinrent le permis 211/21,

dit secteur de Brent, pour la somme de 21 millions de livres sterling. D'autres permis, dont la nature géologique ne peut indiquer, *a priori*, qu'il existe des chances de découvrir du pétrole, n'ont pu dépasser 10 000 livres.

Les principaux champs reconnus sont les suivants :

*Argyll* (Royaume-Uni). — Opérateur Hamilton. — Production possible de 50 000 bl/jour.

*Auk* (Royaume-Uni). — Opérateur : Shell-Esso. — 50 000 bl/jour.

*Ekofisk* (Norvège). — Opérateur : Groupe Phillips. Comporte un ensemble de champs. — Production susceptible d'atteindre en 1977 environ 600 000 bl/jour. — Production de gaz vers 1977. Un oléoduc relie ce champ à Teeside sur la côte anglaise. Un gazoduc le reliera à l'Allemagne à Emden, en 1977.

*Montrose* (Royaume-Uni). — Opérateur : A.M.O.C.O. — 50 000 bl/jour.

*Forties* (Royaume-Uni). — Exploité par le Groupe BP, par 140 m de fond. Produira environ 400 000 bl/jour en 1977.

*Maureen* (Royaume-Uni). — Opérateur Phillips Petroleum Co. — Potentiel à vérifier (Production possible de 100 000 bl/jour).

*Piper* (Royaume-Uni). — Exploité par Occidental. — Produira 220 000 bl/jour vers 1977. — Un oléoduc reliera ce champ aux îles Orkney.

*Beryl* (Royaume-Uni). — Exploité par

le Groupe Mobil. — Production d'au moins 150 000 bl/jour.

*Ninian* (Royaume-Uni). — Exploité par le Groupe Chevron. — Production de l'ordre de 400 000 bl/jour vers 1979.

*Brent* (Royaume-Uni). — Groupe Shell-Esso. — Production de 500 000 bl/jour prévue vers 1980.

*Hutton* (Royaume-Uni). — Groupe Amoco. — On prévoit de produire de 100 000 à 150 000 bl/jour.

*Thistle* (Royaume-Uni). — Groupe Burmah 200 000 bl/jour.

*Dunlin* (Royaume-Uni). — Groupe Shell-Esso. — Production de 200 000 bl/jour.

*Cormorant* (Royaume-Uni). — Relié au gisement de Brent. — Opérateur Shell-Esso.

*Frigg* (Norvège). — Gisement de gaz important découvert en juin 1971. — Opérateurs Elf-Norge et Total Marine. — Production prévue de l'ordre de  $4510^6$  m<sup>3</sup>/jour.

*Statfjord* (Norvège). — (Royaume-Uni). — Groupe Norvégien Mobil Conoco. — Gisement important de pétrole, récemment découvert. Production encore indéfinie, mais probablement supérieure à celle d'Ekofisk.

*Alwyn* (Royaume-Uni). — Champ découvert dans le Bloc 3/14, par Total Oil Marine. — Potentiel de l'ordre de 100 000 bl/jour.

Le tableau ci-contre donne un état des réserves de la Mer du Nord, telles qu'elles

#### Hydrocarbures — Réserves — Mer du Nord

	Pétrole (en 10 <sup>9</sup> barils)		Gaz (en 10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> )	
	Réserves probables	Possibles	Bassin Nord	Bassin Sud
Secteur Royaume-Uni	25	32	1	0,5
Mer du Nord .....	34	48	1,1	1,3
Total mondial .....	1 200	2 200	350	

170 m<sup>3</sup> de gaz équivalent, au point de vue thermique, à un baril de pétrole.

1 baril = 35 gallons (Impériaux) = 154 litres = 0,128 t.

Une production de 20 000 barils/jour représente 1 million de tonnes par an.

Une tonne de charbon = 0,625 tonne équivalent pétrole.

ont été estimées au début de l'année 1975. Les chiffres en cause sont à même d'être modifiés par de nouvelles découvertes, et par des tests complémentaires de puits déjà repérés.

### LES PLATES-FORMES EN BETON

Les plates-formes en béton du type gravitaire possèdent, nous l'avons vu, des avantages qui leur permettent, dans certains cas, d'être utilisées de préférence aux plates-formes en acier. Le béton offre, en effet, des qualités remarquables de résistance à la corrosion tout en protégeant, lorsqu'il est armé, grâce aux épaisseurs mises en jeu, les armatures. La mise en place de ces plates-formes est relativement simple et surtout rapide, puisqu'il n'y a pas à procéder à de longues opérations de battage de pieux.

Quelle que soit la conception mise en jeu dans une plate-forme du type gravitaire, il est indispensable de connaître, avec une précision suffisante, les efforts induits par la houle et les contraintes qui en résultent en tout point de l'ouvrage, ainsi que le comportement de l'assise qui dépend des caractéristiques des diverses couches du sol de la fondation. Ces éléments permettent de définir les coefficients de sécurité dont on dispose, à la fois pour le comportement au glissement, au renversement de la plate-forme, pour le pouvoir portant du sol, ainsi que pour les contraintes régnant dans la fondation.

Le champ des contraintes dans le béton est étudié pour différents cas de charges à l'aide de la méthode des éléments finis qui vient compléter les calculs traditionnels employés pour la définition des sections.

Voyons tout d'abord, brièvement, quelques données naturelles sur la météorologie et la houle, et la nature des sols rencontrés en Mer du Nord.

### QUELQUES DONNÉES NATURELLES SUR LA MÉTÉOROLOGIE ET L'OCÉANOGRAPHIE DE LA MER DU NORD.

La Mer du Nord constitue un canal peu profond où les masses d'eau en cause sont relativement faibles, les profondeurs remontant graduellement — si l'on suit l'axe principal de la Mer — de 200 m à la hauteur du 62° parallèle, à environ 30 m au large de la côte hollandaise. Entre le parallèle 56 N et le parallèle 62 N, existe une zone de frontogénèse où se rencontrent les fronts chauds et froids. C'est dans cette zone que se forment des cyclones extra-tropicaux, les occlusions étant suffisamment rapprochées pour induire des familles de cyclones se suivant à intervalles de quelques jours. Une situation type du champ des isobares au niveau 1 000 mb est créée, par exemple, par l'existence d'un centre de basse pression, centré au sud de la Norvège démeurant stagnant durant quelques jours et induisant des gradients de pression élevés. L'orientation des isobares est alors assez homogène ; elle coïncide avec l'axe de la Mer du Nord. Cette situation-type intéresse, en fait, une tranche d'air pouvant atteindre la zone des 500 mb. Il y a donc une unidirectionnalité du vecteur vitesse du vent pouvant atteindre, en pointe, près de 200 km/h. L'influence des cyclones, rapprochés dans le temps et l'espace, peut être telle qu'il se produira, pour certaines composantes des trains de la houle formée initialement, une excitation par résonance, le déplacement des masses d'air s'effectuant à des vitesses à peu près semblables à la vitesse de propagation de ces composantes, avec, par l'interface, une intense alimentation en énergie. Ceci peut expliquer, en partie, l'existence de fortes houles, comme par exemple à Ekofisk, où l'on a pu observer en novembre 1973, des creux de plus de 20 mètres. En ce qui concerne les secteurs situés le plus au Nord, les creux admis pour les calculs atteignent 30 mètres avec des périodes de l'ordre de 16 à 18 secondes.

Du point de vue des courants, il semble qu'il faille distinguer les courants de

marée et les courants accidentels. Les premiers sont peu intenses dans la partie Nord de la mer, là où existent des zones influencées par les points amphidromiques ; ils sont assez importants, de l'ordre de 2 à 3 noeuds dans la région Sud de la mer, le long des côtes. Les courants accidentels sont liés à la tendance qu'ont les masses d'eau à rechercher, sous l'influence des forces de gravitation, un équilibre interne, ce dernier ayant été au préalable rompu par l'action conjuguée d'un champ de vent intense et de la force de Coriolis avec présence d'un frottement dans les zones peu profondes. Il en résulte des courants transitoires qui peuvent atteindre 1 à 2 noeuds en des points particuliers d'une tranche d'eau donnée entre la surface et le fond. Ces phénomènes sont peu connus, mais il est bon d'en être prévenu lorsque l'on veut se protéger contre les affouillements au pied des plates-formes.

#### LES SOLS.

La plupart des fonds de la Mer du Nord sont recouverts de sable et de gravier. On rencontre également des fonds d'argile dont les couches superficielles offrent souvent des cohésions assez faibles. Le type de stratification des couches de terrains rencontrées depuis le toit jusqu'à, par exemple, cinquante mètres, fait intervenir du sable, puis des couches d'argile plus ou moins sableuse ou silteuse, interrompues par des couches souvent peu épaisses de sable parfois graveleux. Les couches d'argile sont souvent surconsolidées et très dures, avec des pourcentages en eau de 15 à 20 %. Cette propriété est due à l'influence antérieure de la glaciation qui a exercé sur ces couches des pressions pouvant atteindre 80 à 100 t/m<sup>2</sup>.

L'emploi d'ouvrages gravitaires requiert une bonne connaissance des propriétés mécaniques et physiques des sols. Il faut, en particulier, en définir le pouvoir portant et la résistance au glissement. Étant donné les efforts importants exercés par la houle sur un ouvrage,

et les moments qui les accompagnent, on doit s'assurer que les conditions de contact entre la base et le sol demeurent satisfaisantes, ce qui implique un poids suffisant pour empêcher le soulèvement de la plate-forme et prévenir ainsi toute apparition du phénomène de liquéfaction du sol.

La géotechnique est une discipline reposant sur les données expérimentales ; elle exige de la part des spécialistes une grande connaissance des phénomènes physiques qui régissent le comportement d'un sol en état de contrainte. Il faut donc se méfier de juger une fondation uniquement sur les résultats fournis par le calcul, surtout en cas d'hétérogénéité des couches. A cet égard, il est bon de revenir à des méthodes de synthèse permettant, en fonction de la profondeur, d'intégrer les valeurs variables de la résistance au cisaillement.

Par exemple, l'étude des conditions de rupture d'un sol sous l'effet de charges excentrées doit toujours faire intervenir l'étude des surfaces de glissement, les hypothèses pouvant varier de manière à englober tous les cas de figure, et en tenant compte des possibilités de drainage radial ou vertical qui viennent soulager les pressions interstitielles. L'argile étant un matériau dont les propriétés sont très influencées par le mode d'arrangement des particules, une analyse microscopique peut fournir des indications précieuses. Le prélèvement d'échantillons de sol ayant un volume important serait aussi utile car il permettrait de vérifier l'état général des argiles et, en particulier, s'il existe des zones de fracture susceptibles de compromettre le pouvoir portant du sol.

L'argile marine, dite norvégienne, telle qu'on la trouve en Mer du Nord, montre au microscope que les petites plaques constituées par des éléments cristallins sont souvent orientées parallèlement l'une à l'autre. Cette propriété devrait avoir une influence importante sur les conditions d'accroissement de la pression interstitielle, compte tenu des liaisons élastiques du type ionique dites de Cou-

lomb. La molécule d'eau dipole permanent s'orientera alors selon un mode donné en fonction des charges électriques affectant ainsi le potentiel capillaire du sol. Ainsi, la perméabilité de telles couches devrait-elle être plus grande dans une direction privilégiée.

Le tassement de la fondation du réservoir Ekofisk, sous l'action combinée du poids propre de l'ouvrage lesté et de la houle a été d'environ 200 mm. Le poids fondrier de cet ouvrage, qui repose sur une couche uniforme de sable de 25 m d'épaisseur est d'environ 210.000 tonnes. Les calculs effectués à l'aide de la méthode des éléments finis élastoplastiques, ont montré que la couche d'argile dure située sous le sable devait subir un tassement de l'ordre de 150 mm, sans que cela n'ait pu être vérifié.

L'influence des charges cycliques sur le comportement des argiles doit être prise en compte dans les calculs ; il se produit souvent une perte de cohésion liée à l'accroissement de la pression interstitielle, mais ce phénomène est variable selon que l'argile est modérément ou fortement surconsolidée.

Lorsque les couches superficielles du sol ont une faible cohésion, l'ouvrage doit alors être muni d'une jupe, sorte de rideau circulaire de palplanches qui permet de mobiliser une masse de sol non négligeable et de créer ainsi un frottement complémentaire aidant la résistance d'ensemble au glissement.

#### EKOISK I.

Dans le but de fixer les idées sur l'importance des moyens mis en œuvre pour exploiter le pétrole en Mer du Nord nous illustrerons à l'aide de diapositives, la réalisation de la plate-forme réservoir Ekofisk I. Vous verrez ensuite un film ayant trait au remorquage de l'ouvrage et retracant, en même temps, les phases successives de sa réalisation.

C'est en 1968 que le groupe Phillips repéra une nappe de pétrole importante dans un site situé à peu près au centre

géométrique de la Mer du Nord, et c'est en juin 1973 que le réservoir Ekofisk I a été mis en place.

Entre temps, lors de la première phase d'aménagement du champ, dès 1969, le gisement ayant été reconnu commercialisable, un certain nombre de plates-formes métalliques avaient été mises en place et, très vite, est intervenue, pour le groupe Phillips, la nécessité de disposer d'un stockage.

Ce stockage devait répondre au souci des opérateurs d'améliorer le rendement de leurs installations, en particulier du chargement des pétroliers. Il était en effet prévu que, pendant un certain nombre d'années, avant que le pipeline reliant Ekofisk à Teeside sur la côte anglaise ne soit posé, l'on exploiterait le gisement aussi rapidement que possible. Ceci impliquait de pouvoir charger des navires d'un tonnage de l'ordre de 70 à 90 000 tonnes. Il était donc utile, pour le Groupe Phillips, d'avoir à sa disposition un stockage tampon qui permit une amélioration du rendement de production des puits, puisqu'il n'y aurait pas besoin de l'interrompre lors des tempêtes.

En 1971, la Compagnie Générale Doris fut amenée à réaliser, pour le compte du Groupe Phillips, ce réservoir qui, par la suite, a offert un avantage fondamental en ce sens que, dans la conception même de l'ouvrage, il était prévu de fournir un espace aussi grand que possible, ultérieurement utilisable pour la mise en place des installations de compression du gaz extrait du champ d'Ekofisk.

Le réservoir est situé par 70 mètres de profondeur sur les fonds de sable ; sa capacité est de l'ordre de 160 000 m<sup>3</sup>, ce qui correspond à un million de barils. Rappelons qu'une production de 20 000 barils par jour est équivalente à un million de tonnes par an. Le champ d'Ekofisk produit maintenant 300 000 barils par jour.

L'ouvrage se présente comme une sorte de coque cylindrique verticale à paroi doublante, dont la hauteur totale est

de 90 mètres ; il s'élève à 20 mètres au-dessus de la surface de la mer. Sa forme, en plan, est sensiblement circulaire et s'inscrit dans un cercle d'environ 95 mètres de diamètre. Il comporte trois éléments principaux : une paroi extérieure, munie de trous qui sont destinés à absorber en partie la houle et à réduire la réflexion de cette dernière ; une paroi verticale cylindrique composée de lobes, qui constitue le réservoir proprement dit, le troisième élément étant le radier où se raccordent ces parois.

Ce radier est une structure alvéolaire précontrainte, d'une hauteur de 6 mètres, avec une dalle inférieure d'une épaisseur de 0,60 m et une dalle supérieure de 0,20 m, le tout rempli de gros béton.

La paroi de protection extérieure a une épaisseur de 1,35 m dans sa partie inférieure et de 1,83 m sur une hauteur de 32 mètres, dans sa partie supérieure. Les perforations permettent de transformer l'énergie potentielle de la houle en énergie cinétique dans des conditions telles que l'énergie totale débouche sous la forme d'un jet unique à l'intérieur de la chambre d'amortissement.

Il est ainsi possible — grâce à la turbulence induite par le jet, dans la masse fluide contenue dans la chambre — de dégrader l'énergie, par frottement visqueux, sous forme ultime de chaleur, et, dans ces conditions, d'extraire de l'énergie initiale une certaine quantité qui ne soit pas ultérieurement utilisable sous forme d'un effort. On réduit ainsi les efforts horizontaux induits par la houle sur l'ouvrage.

L'influence du mur perforé et épais provoque un déphasage entre le mouvement vertical régnant de part et d'autre du mur ; le phénomène est analogue à une impédance acoustique. En déterminant les dimensions de la paroi et de la chambre d'une manière optimale on peut, dans de bonnes conditions, réduire les forces horizontales mises en jeu, dans une proportion de l'ordre de 30 à 60 %, en fonction de la période de la houle, par rapport à ce qu'elles pourraient être sur

une paroi pleine. Ceci est valable pour un obstacle à trois ou à deux dimensions. Le moment de renversement est également notablement réduit, ce qui permet d'obtenir un pouvoir portant du sol satisfaisant, même pour des cohésions assez faibles.

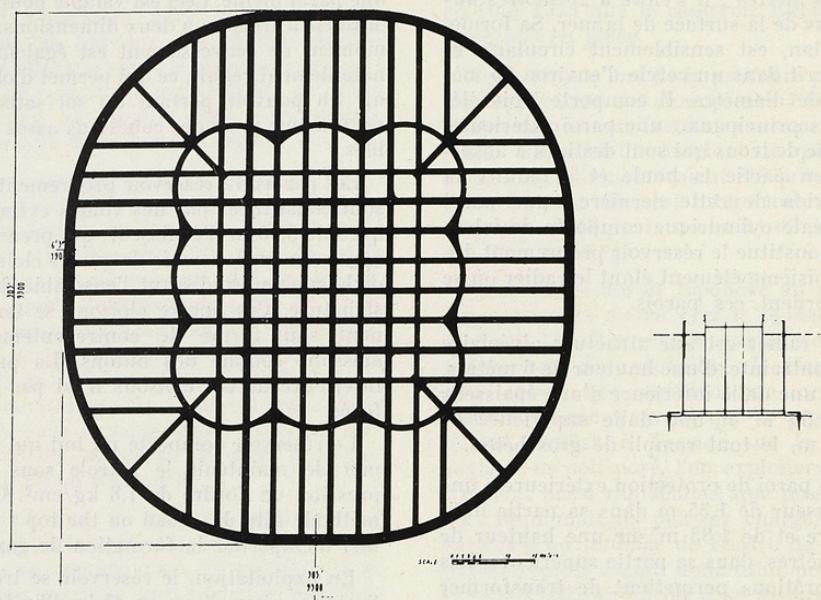
Les parois du réservoir proprement dit sont constituées par des voûtes cylindriques de 0,50 m d'épaisseur, qui prennent appui sur un ensemble de quatre cloisons orthogonales raidissant l'ensemble de la structure. Ces quatre cloisons se terminent sous forme de contreventements agissant comme des butons. La partie inférieure de ces cloisons n'est pas perforée.

Le réservoir comporte un toit qui permet de maintenir le pétrole sous une pression de l'ordre de 1,8 kg/cm<sup>2</sup>. Cette méthode dite de « load on the top » permet d'empêcher la formation de gaz.

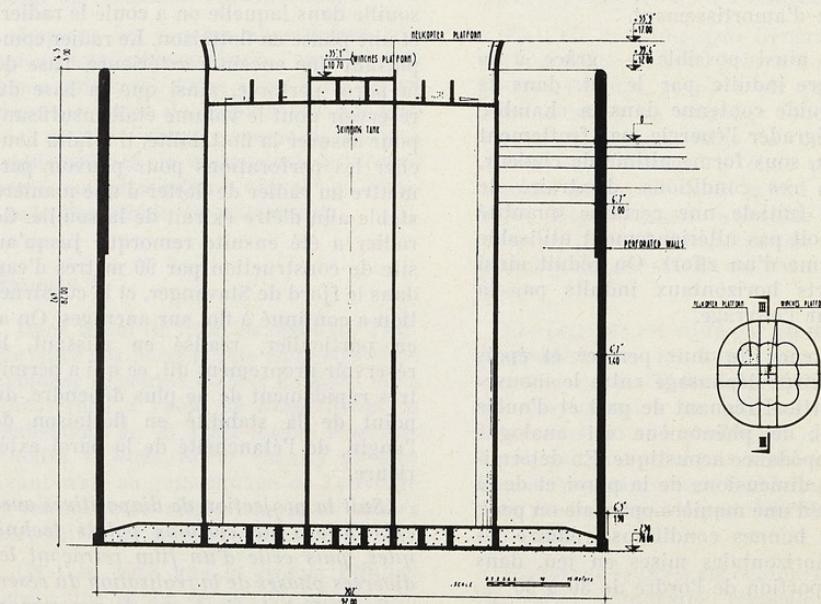
En exploitation, le réservoir se trouve toujours plein d'eau ou plein d'huile, ou dans une phase intermédiaire.

L'exécution a comporté deux phases principales : une phase à sec, dans une souille dans laquelle on a coulé le radier, et une phase en flottaison. Le radier comportant une enceinte extérieure, base de la paroi perforée, ainsi que la base du réservoir dont le volume était insuffisant pour assurer la flottabilité, il a fallu boucher les perforations pour pouvoir permettre au radier de flotter d'une manière stable afin d'être extrait de la souille. Ce radier a été ensuite remorqué jusqu'au site de construction par 90 mètres d'eau dans le fjord de Stavanger, et la construction a continué à flot sur ancrages. On a, en particulier, réalisé en glissant, le réservoir proprement dit, ce qui a permis très rapidement de ne plus dépendre, du point de la stabilité en flottaison de l'engin, de l'étanchéité de la paroi extérieure.

*(Suit la projection de diapositives avec explications de certains points techniques, puis celle d'un film retraçant les diverses phases de la réalisation du réservoir Ekofisk I, ainsi que de son remorquage et de sa mise en place sur le site).*



*Ekofisk I. — Dessin du radier vu en plan. On notera les nervures donnant à cet élément une grande rigidité.*

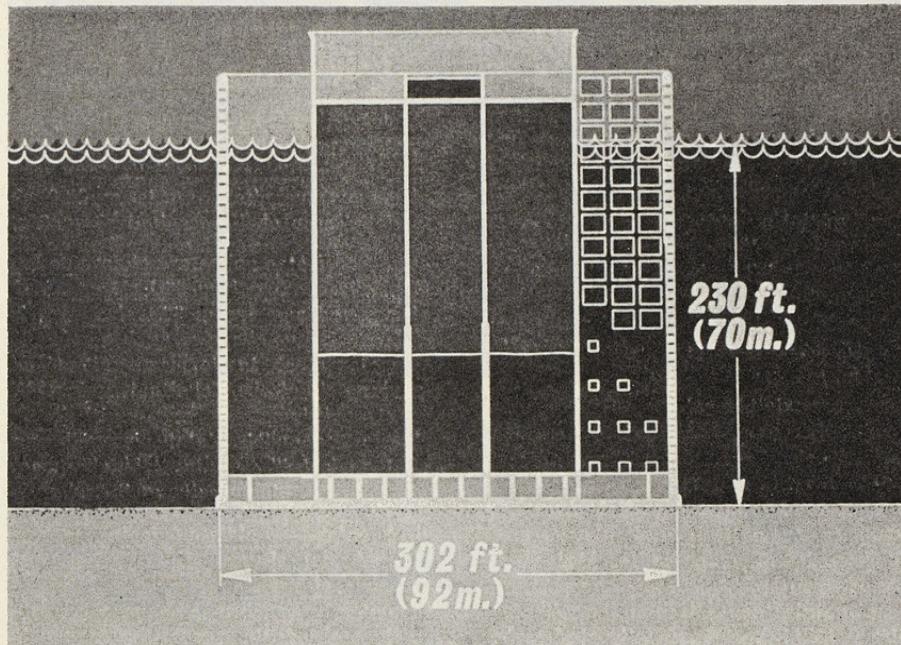


*Réservoir Ekofisk I. — Coupe verticale,*

La Société C.-G. Doris a assumé la responsabilité de la conception et de la réalisation de l'ouvrage, ainsi que sa mise en place, les Sociétés Europe-Etudes et U.I.E. agissant comme sous-traitants respectivement pour la partie béton et les équipements pétroliers.

truction d'une plate-forme de forage et de production de pétrole pour l'exploitation du champ Ninian. Cette plate-forme, implantée par 140 m de profondeur, sera mise en place en juillet 1977.

La conception de ces plates-formes



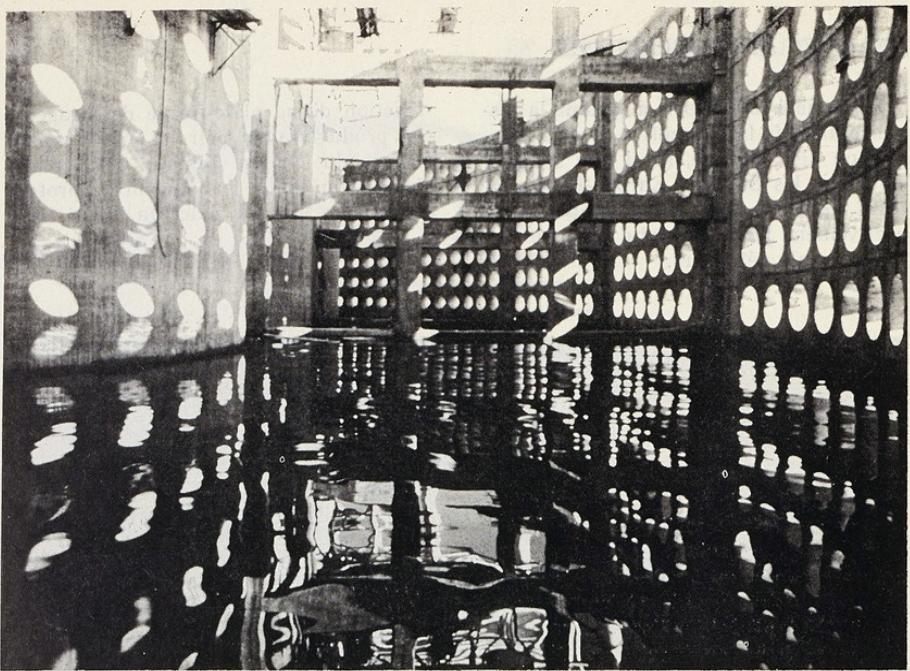
Ekofisk. — Vue en coupe du réservoir de 1 million de barils de capacité montrant les dimensions et le mode de remplissage.

#### CONCEPTION DES PLATES-FORMES C.-G. DORIS.

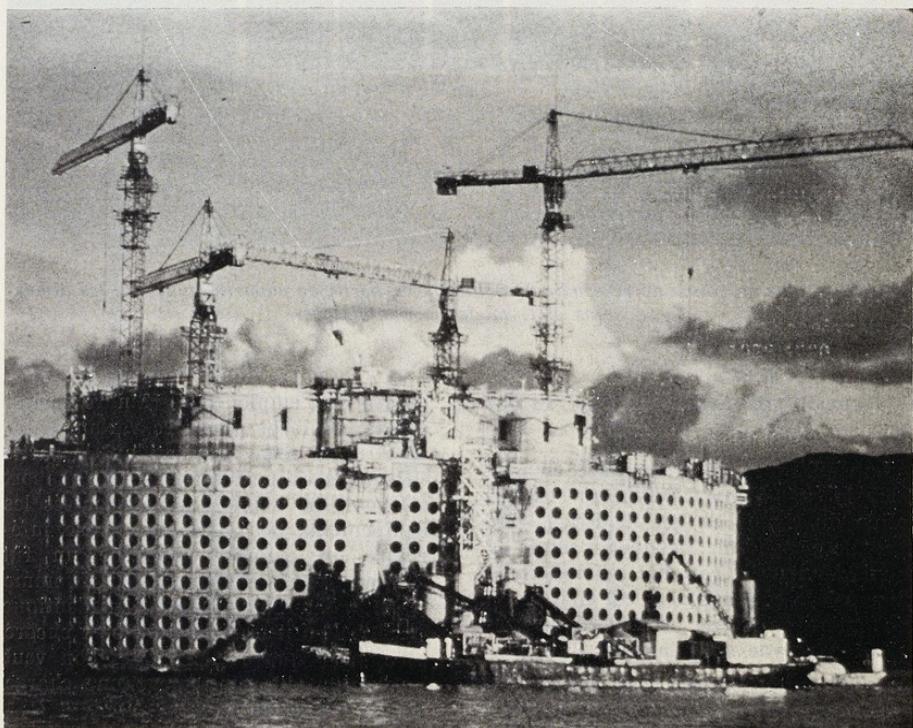
La C.-G. Doris mettra en place, en août 1975, la plate-forme C.D.PI pour l'exploitation du champ de gaz de Frigg. Une seconde plate-forme, destinée à servir de manifold pour le gazoduc qui reliera le champ à la côte anglaise, est en voie de réalisation en Suède en vue d'une installation prévue en juin 1976.

Enfin, la C.-G. Doris s'est vu confier par le Groupe Chevron-Burmah la cons-

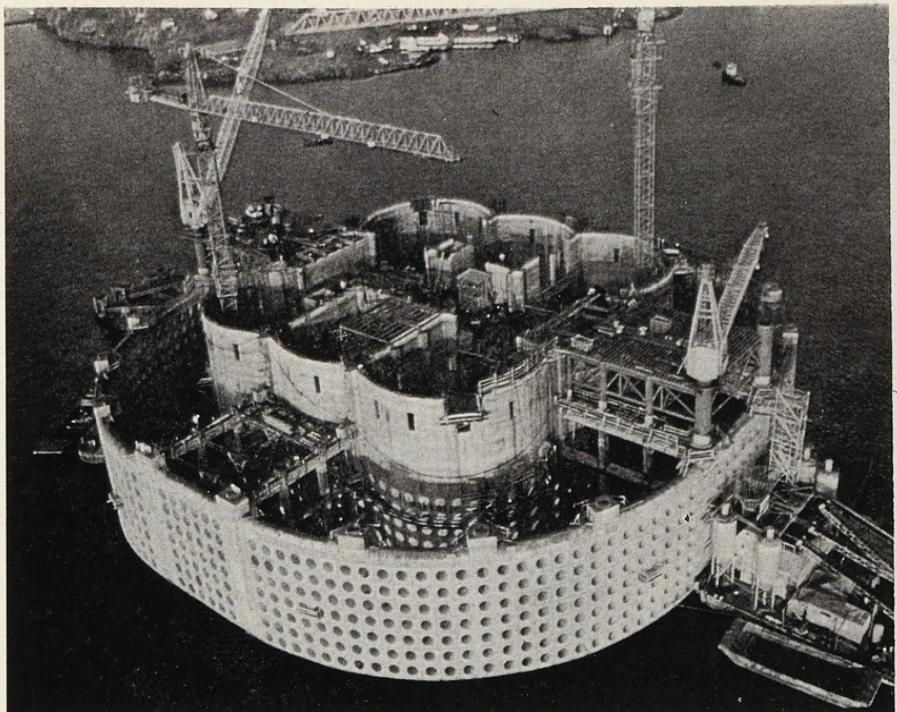
repose sur l'emploi d'un cylindre à paroi épaisse de large diamètre variant entre 45 et 62 m selon les cas, dont la partie supérieure est perforée et sert de support au pont sur lequel sont concentrés les équipements pétroliers. La partie inférieure du cylindre constitue un fût continu dont le volume est utilisé comme flotteur. Son diamètre peut être identique à celui du fût supérieur ou bien encore plus large que ce dernier si l'on veut transporter au remorquage une charge en tête importante.



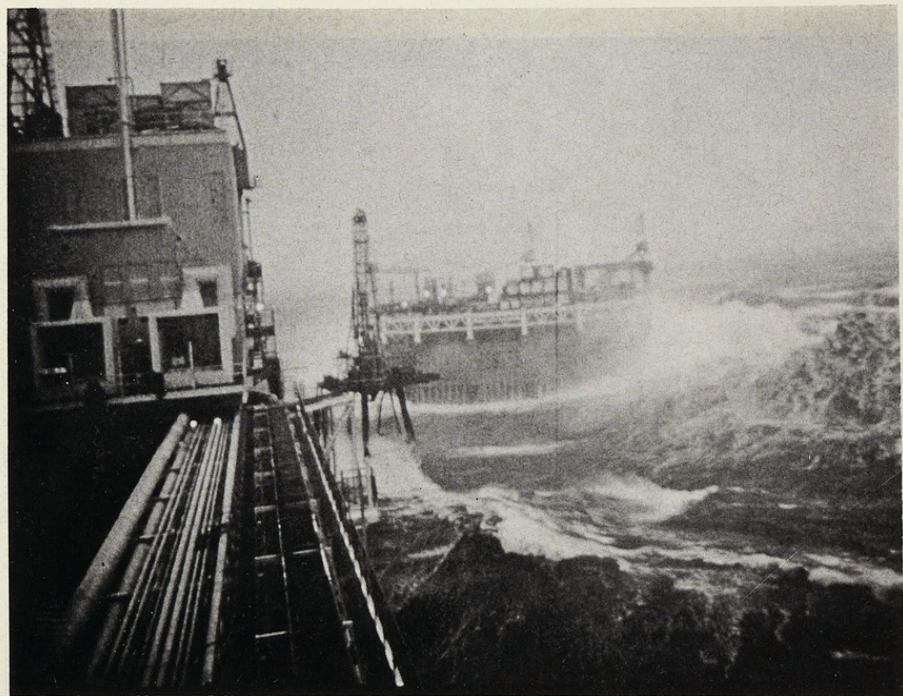
Réservoir Ekofisk. — Vue intérieure de la chambre d'amortissement montrant les diaphragmes.



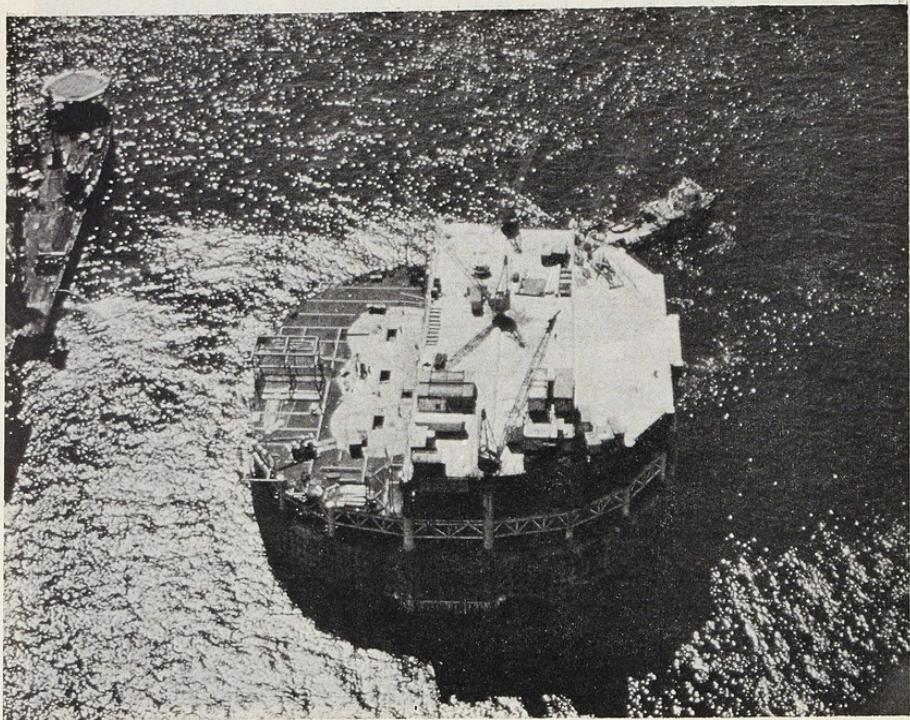
Réservoir Ekofisk. — Vue vers la fin de la construction à Stavanger (Norvège).



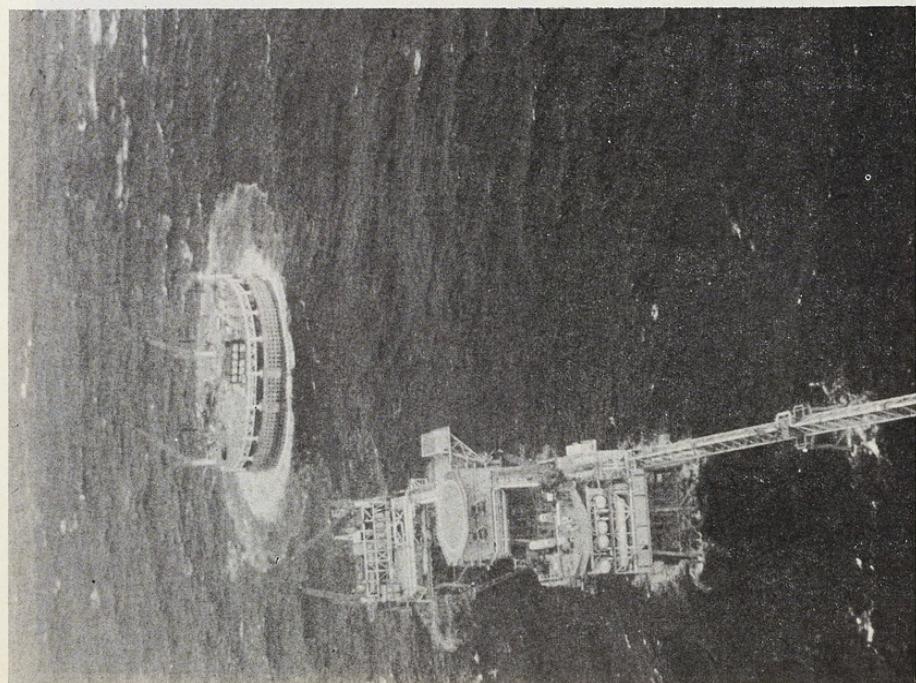
Réservoir Ekofisk. — Vue de l'ouvrage en voie d'achèvement.



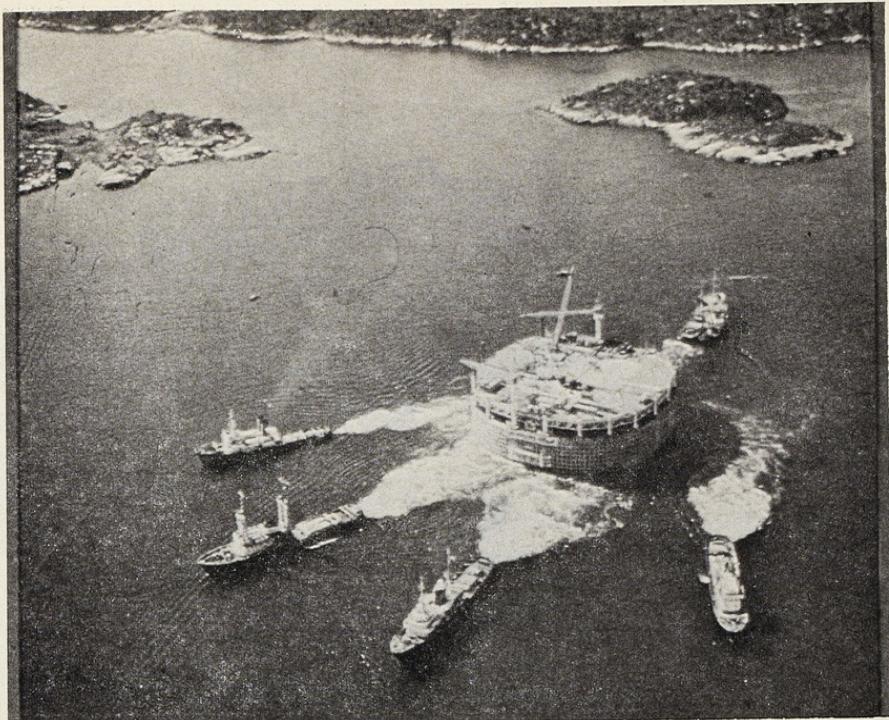
Ekofisk. — Vue du réservoir durant la tempête du 19 novembre 1973.



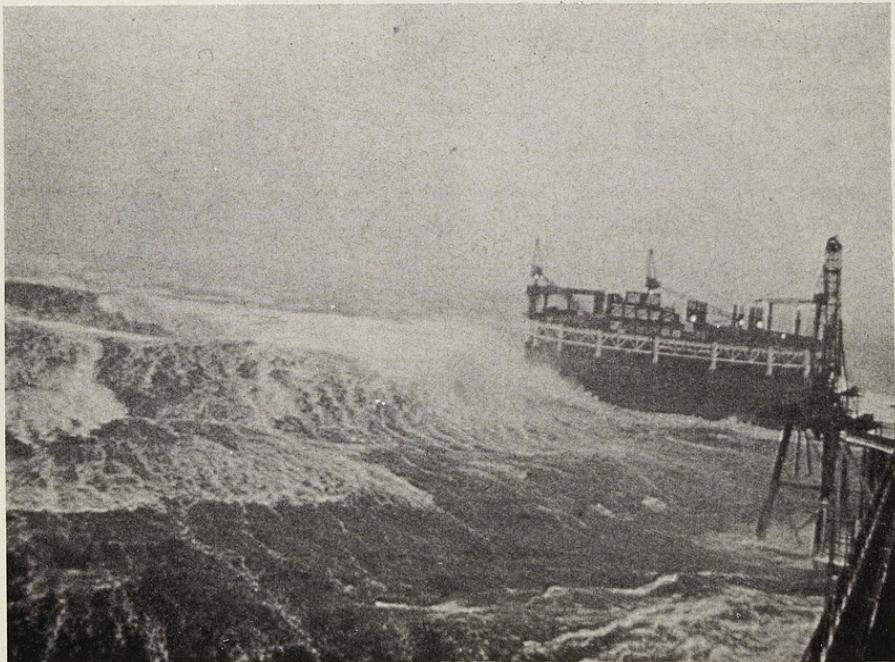
Ekofisk. — Vue générale des ponts à + 20 et + 30 m.



Ekofisk. — Vue générale du site montrant les installations de traitement et le réservoir.



*Ekofisk I. — Remorquage de l'ouvrage dans le fjord de Stavanger.*



*Ekofisk I. — Vue du réservoir sur le site durant la tempête du 19 novembre 1973.*

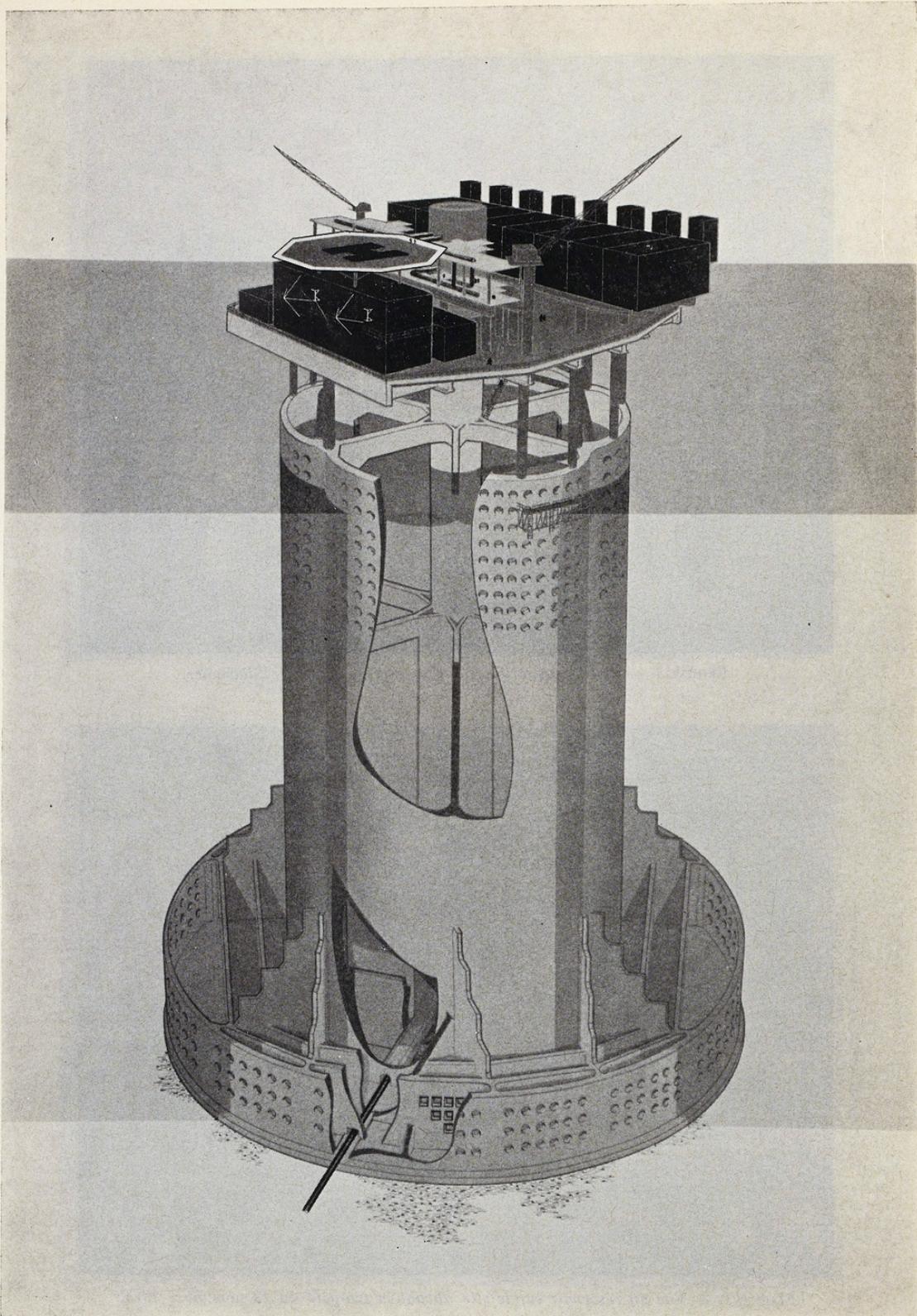


Plate-forme Manifold C.-G. Doris-Total reliée au gisement de gaz de Frigg. Mise en place prévue en juin 1976.

Selon le diamètre adopté, le cylindre peut être réalisé en paroi parfaitement circulaire ou lobée. Il est raccordé, à sa base, par un radier circulaire de large diamètre, de l'ordre de la profondeur d'eau. Ce radier comporte, sur sa circonference, un mur vertical épais et perforé, d'une hauteur de 15 mètres dont la fonction est de réduire l'influence des courants sur les affouillements au pied.

Cette conception d'ensemble permet une grande souplesse d'adaptation à la qualité des sols de fondation tout en autorisant un pont supérieur de grande surface. En outre, un tel ouvrage offre une grande rigidité et la présence des perforations permet de réduire les phénomènes induits par les tourbillons du type Von Karman dont on sait qu'ils peuvent engendrer, sur un cylindre qui serait élancé, des vibrations et des forces parasites accentuant la fatigue du béton.

On notera l'incorporation, dans le radier, d'un tunnel permettant le passage d'une conduite de pétrole ou de gaz remontant ensuite dans le cylindre central. Un tel dispositif offre la possibilité d'assurer l'entretien à sec des points de raccordement au pipe-line et de procéder à des réparations éventuelles des risers, dans de bonnes conditions.

#### PERSPECTIVES SUR LES PLATES-FORMES EN BÉTON.

Il n'y a pas de critère absolu pour définir à partir de quel seuil de production d'un gisement de pétrole on pourra mettre en place une plate-forme. On admet que chaque tranche de 50 000 à 80 000 barils peut requérir une plate-forme. Il semble que l'on fera intervenir entre 1975 et 1983, environ 40 plates-formes dont 20 ou 25 seront en béton, les autres étant métalliques.

Les années 1975-76-77 verront une dizaine de plates-formes en béton précontraint dont un certain nombre seront de conception française mais réalisées au Royaume-Uni, en Norvège et en Suède. Les plates-formes du type C.-G. Doris à

parois perforées, et celle du type à colonnes (Condeep, Sea-Tank) sont les plus connues ; d'autres de conception du type dit mixte, acier-béton (Andoc) sont en voie de réalisation.

Il est admis que la réussite du réservoir Ekofisk 1 n'est pas étrangère à l'engouement qui suivit, en 1973, pour l'emploi de plates-formes du béton précontraint en Mer du Nord, là où les sols s'y prêtent. Elles ont l'avantage d'offrir, entre autres, une mise en place assez rapide — Ekofisk 1 a été installé en quelques heures — et, nous l'avons déjà souligné, la possibilité de stocker de grandes quantités de pétrole et une surface de pont importante (environ 14 000 m<sup>2</sup> pour Ekofisk 1). On est encore dans l'ignorance quant au potentiel de certains gisements et il est certain que les conditions économiques des pays producteurs riverains de la Mer du Nord influenceront les conditions dans lesquelles se poursuivra l'exploitation du pétrole et du gaz.

Dans certains cas et au fur et à mesure que l'on ira vers des profondeurs d'eau croissantes, on cherchera jusqu'à 180 à 200 m, à réaliser des plates-formes de forage - production - traitement - stockage. Cette intégration permettra d'opérer le chargement des pétroliers sur bouées sans être lié par les contraintes imposées par le délai ou l'impossibilité de mise en place d'oléoducs sous-marins.

Au-delà de 180 mètres, il sera nécessaire de réviser la conception des plates-formes poids actuelles en vue de les adapter à des profondeurs pouvant aller jusqu'à 300 mètres. S'il en est ainsi, on pourra alors établir la transition entre l'exploitation par 150 m et celle qui interviendra, par la suite, au-delà de 300 mètres, sous forme de complétiōn sous-marine alliée à des engins flottants. On peut donc espérer qu'il existe encore de beaux jours en perspective pour les spécialistes en offshore et les imaginations fertiles. Il est vraisemblable que l'exploitation de gisements dans le Golfe du Mexique par 200 mètres de fond et plus, interviendra dans un avenir rappro-

ché ; il en sera de même dans le Golfe d'Alaska. En Mer d'Iroise, les fonds sont de l'ordre de 160 à 180 mètres et les conditions d'exploitation des hydrocarbures seront tout aussi dures qu'en Mer du Nord, ce qui obligera les Compagnies à avoir recours à des plates-formes atteignant jusqu'à 200 mètres de hauteur totale, dont le coût sera fort élevé. On ne pourra donc exploiter que des gisements ayant une certaine importance.

#### LES PERSPECTIVES ECONOMIQUES EN MER DU NORD

L'exploration du pétrole en Mer du Nord a commencé vers 1964. Il aura fallu attendre quatre années avant que le premier champ de pétrole important ne soit découvert.

Les pays riverains intéressés, en particulier la Grande-Bretagne, conscients de l'importance, pour leur économie, des découvertes de champs faites depuis 1970, se sont peu à peu organisés en vue de tirer de ces nouvelles activités des gains substantiels.

Cependant, la progression des coûts des investissements pétroliers en Mer du Nord et, simultanément, des prix du pétrole pratiqués par l'O.P.E.P., ont créé depuis 1974 une nouvelle conjoncture au sein de laquelle les pays producteurs de la Mer du Nord doivent peu à peu s'insérer (cf. annexe I).

Pour fixer les idées, il est peut-être intéressant de se concentrer plus spécifiquement sur le cas du Royaume-Uni qui produira vers 1983 environ les deux tiers du pétrole extrait de la Mer du Nord. Il va sans dire que l'on rencontrera avec la Norvège, une situation identique avec, cependant, une grande différence quant à l'importance de la consommation annuelle par rapport à celle de la Grande-Bretagne.

L'objectif du Royaume-Uni est de tirer, de l'exploitation des hydrocarbures en Mer du Nord, des profits qui soient bénéfiques pour la nation. A cet égard,

le présent gouvernement, sous la pression des syndicats, a dû instituer une législation fiscale au demeurant encore imprécise. Il est à noter qu'une grande partie des Sociétés pétrolières qui exploitent les hydrocarbures de la Mer du Nord sont américaines. Il est aisément déduire les difficultés que cet état de choses peut créer vis-à-vis de l'Etat anglais.

Les Compagnies pétrolières ont été souvent considérées jusqu'à maintenant, par les Trade-Unions et l'aile gauche du parti travailliste, comme étant susceptibles de faire d'importants bénéfices dans l'exploitation des hydrocarbures cela au détriment de l'Etat. La publication récente d'un livre blanc a bien mis en relief les modalités d'application de la taxe sur les revenus pétroliers en même temps que l'Etat indiquait son désir de contrôler 51 % des participations des compagnies et, par conséquent, de dicter leur politique.

Il serait ainsi possible d'obtenir des revenus de l'ordre de 40 à 65 % des bénéfices dérivés de la production du pétrole. Dans le même rapport, l'Etat proposait d'autoriser l'inscription comptable, à un taux de 150 %, des coûts des investissements, ceci en vue de créer une compensation vis-à-vis des capitaux déjà investis sans, toutefois, que soient pris en compte les intérêts des emprunts. L'impôt normal sur les sociétés s'appliquerait alors sur ce qui pourrait subsister, une fois les intérêts payés. En incluant une redevance fixe (Royalty Tax) de 12,5 %, l'Etat serait à même, théoriquement, de drainer jusqu'à 60 ou 70 % des revenus pétroliers bruts du secteur britannique de la Mer du Nord.

Il est certain que de telles propositions ne pouvaient être aisément recues par la plupart des compagnies pétrolières qui doivent faire face à un accroissement constant des coûts de toute nature et à des difficultés financières créées par la raréfaction des liquidités disponibles pour les emprunts.

En décembre 1974, on estimait à près de 4 dollars par baril les coûts d'extra-

tion du pétrole. Ces coûts atteignent aujourd'hui 5 à 6 dollars/baril. Une analyse poussée a montré que, même en prenant pour base du prix de vente 11 dollars/baril, le bénéfice de 4 dollars/baril pouvait dangereusement s'amoindrir si l'on tenait compte de tous les aléas pouvant se produire avant que le pétrole ne se transforme en capitaux. Soulignons, en particulier, les retards dus aux délais de fabrication, aux immobilisations causées par le mauvais temps et les grèves. A l'heure présente, les compagnies pétrolières et les banques américaines ont tendance à considérer la Mer du Nord comme n'étant plus à même de conserver le pouvoir d'attraction qu'elle avait il y a moins de deux ans.

On admet que 25 % devrait constituer un taux minimum au-delà duquel l'exploitation du pétrole n'est plus rentable.

De plus, il existe des cas d'espèce où un taux minimum de 25 % demeure encore insuffisant.

Dans la mesure où la redevance actuelle manque totalement de souplesse on a pu craindre, à juste titre, dans les milieux gouvernementaux, qu'elle ne puisse à court terme créer des situations conduisant les compagnies à ne plus envisager d'investir en Mer du Nord. Pour cette raison, l'Etat vient de réviser sa position en instituant, à la place de la taxe fixe, une taxe ajustée aux coûts réels par baril, en tenant compte de la quantité annuelle produite. D'autre part, il semble que sa participation systématique soit également assouplie, l'Etat achetant aux Compagnies 51 % de la quantité de pétrole produite et la leur revendant avec un faible bénéfice égal à ce que serait l'intérêt produit par les sommes en cause. On parle, actuellement, de la création de la British National Oil Co. qui serait chargée de centraliser toutes les activités propres à l'Etat dans le domaine pétrolier, et de contrôler toutes les opérations et transactions relevant de la législation en place.

Il n'est pas impossible que le décret sur la taxation fixe du pétrole soit amendé et il semble que l'on s'achemine, dans l'avenir, vers un impôt sur les bénéfices qui soit adapté de manière à rendre encore intéressants les champs ayant un potentiel relativement faible et à garantir, en fonction des circonstances, un bénéfice minimum. Au lieu d'atteindre 60 à 70 %, l'impôt se cantonnerait aux alentours de 45 % pour les cas les meilleurs, l'exemption jouant pour les champs ayant un caractère marginal.

#### UN CERTAIN PESSIMISME SUR L'AVENIR DES OPÉRATIONS EN MER DU NORD.

L'une des raisons émises est basée sur le fait que la répartition des réserves importantes est telle que les champs à grand potentiel représentent 45 % des réserves totales sur 6,3 10<sup>9</sup> barils. Ce sont ces champs qui seront les plus lourdement taxés.

La catégorie des champs dits moyens représente 35 % des réserves totales. Faudra-t-il alors uniquement exploiter les champs de ces deux catégories et abandonner les champs marginaux, du moins provisoirement ? L'incertitude étant source d'hésitation, il y a là un effet de blocage qui se traduira par un ralentissement des investissements, jusqu'à ce que la situation s'éclaircisse.

En ce qui concerne le gaz, dont l'exploitation des champs faisait déjà l'objet d'un contrat avec le British Gas, établi avant juillet 1975, le gouvernement n'a pas imposé de redevances. Ces dernières seront allégées dans les mois à venir, pour les gisements de faible importance. De plus, la participation à 51 % ne jouera pas, comme dans le cas du pétrole. On pourrait en déduire que le British Gas établira, *de facto*, un monopole d'achat tout en pouvant influencer les prix de vente. Toutefois, la mise en place d'une échelle glissante des impôts en fonction du volume des bénéfices apportera incontestablement une certaine souplesse.

### INFLUENCE DE LA CONJONCTURE MONDIALE

Pour ravitailler le monde en pétrole, en 1985, l'industrie pétrolière devra débrousser environ 200 millions de dollars *par jour*, cela entre 1975 et 1985.

Entre 1970 et 1985, la population du globe aura augmenté de 30 %, ce qui appellera une consommation d'énergie croissante alliée à la présente demande déjà également croissante. Environ 65 % des réserves de pétrole sont détenues par des pays qui ne consomment que 5 % de la production mondiale. La recherche de nouvelles sources de pétrole dans des zones aussi éloignées que disparates les unes par rapport aux autres devra donc être accrue, si l'on veut trouver les 5 à 600 milliards de barils dont le monde aura besoin en 1985. La production de ces barils coûtera environ 1,210<sup>12</sup> dollars, dont 400,10<sup>9</sup> pour les investissements en capital et l'exploitation et 350,10<sup>9</sup> dollars pour les besoins en raffineries, en aménagement des marchés de distribution et en navires pétroliers et méthaniers.

D'où viendra cet argent ? Il semblerait, d'après les dernières prévisions, qu'il ne sera pas possible aux compagnies pétrolières d'emprunter plus de 250,10<sup>9</sup> dollars. Les raisons en sont liées aux notions de risques encourus par les banques et à la fragilité de la situation monétaire internationale. Il est possible que les fonds de réserve et les conventions habituelles adoptées dans les bilans, permettent de se procurer environ 240,10<sup>9</sup> dollars. Il faudra alors trouver environ 500,10<sup>9</sup> dollars qui ne pourront provenir que des bénéfices tirés des diverses exploitations en cours. En tenant compte d'un taux d'inflation annuel de 10 %, l'industrie pétrolière aura à créer environ 800,10<sup>9</sup> dollars de bénéfices. Si l'on admet que les bénéfices qu'elle a pu obtenir entre 1970 et 1975 sont de l'ordre de 6 010<sup>9</sup> dollars, soit 7 % de la somme globale ci-dessus, il en faudra de 12 à 13 fois plus en 1985 (\*).

---

(\*) Rapport de la Chase Manhattan Bank.

en résulte que l'on devra soit accélérer la production, soit étendre les accords avec les pays de l'O.P.E.P. qui, disposant d'un capital important pourraient, le cas échéant, se montrer de généreux prêteurs.

On devine aisément ce que seront les difficultés futures, et combien précaire pourrait être une situation qui résulterait d'une absence d'entente entre les pays producteurs et les pays consommateurs. Même dans l'hypothèse d'un prix fixe du baril de 12 dollars, les revenus de l'O.P.E.P. représenteront, entre 1975 et 1980, environ 400,10<sup>9</sup> dollars, dont une partie pourrait être réintroduite dans les circuits pétroliers sous forme d'emprunts et de participation. Une autre partie pourrait être allouée aux pays les plus déshérités du « Quart Monde », terme qu'il paraît malaisé de définir. Il resterait à voir dans quelle mesure l'absence d'un marché monétaire sain et les influences politiques ne viendront pas troubler les données. En particulier, les caprices du dollar pourraient très bien, en cas de baisse trop poussée, liée à une diminution de la consommation, forcer les pays de l'O.P.E.P. à réviser leurs positions et à se montrer intrasigants. On peut donc prévoir qu'une fois leur balance des paiements et leur balance commerciale équilibrées, les U.S.A. connaissant vers 1976-77 une reprise de leur économie, une stabilisation relative d'un dollar suffisamment fort devrait intervenir, et par cela même, rendre plus favorable la conjoncture pétrolière des années 1976-1980.

Dans ce contexte, le pétrole de la Mer du Nord jouera, certes, à l'échelle mondiale, un rôle modeste. Cependant, il demeurera influencé par les cours mondiaux et les facteurs inhérents aux conditions d'exploitation, et verra sans doute s'accroître son prix de revient.

### CONCLUSION

Le bref aperçu qui vous a été donné sur la question du pétrole en Mer du Nord n'est pas à même, certes, de vous

permettre de tout connaître sur le sujet. Il suffira de se souvenir que le potentiel en pétrole de cette zone ne représentera, par comparaison avec la production mondiale en 1985, qu'environ 5 % de cette dernière. Cependant, une telle quantité n'est pas négligeable. Elle devrait constituer, avec le gaz naturel, pour le Royaume-Uni et la Norvège, des ressources substantielles favorables à l'économie de ces pays.

Les difficultés de réalisation et d'exploitation des équipements pétroliers, alliées aux faiblesses d'une législation fiscale qui cherche encore sa voie, auront tendance à constituer une sorte de frein à l'élan généreux qui animait, il y a trois ans, les compagnies. Il est à souhaiter que les aménagements de taxes et redevances soient pratiqués avec sagesse, de manière à permettre aux pays intéressés et aux compagnies d'obtenir un maximum de production. Une telle situation devrait, logiquement, avoir des retombées favorables à la Communauté Européenne, cela en dépit des lois de l'économie de marché et d'une réforme des relations monétaires qui tarde à être entreprise.

#### ANNEXE I

L'O.P.E.P. a été créé en 1970. Sous la pression de l'Iran, de la Libye et du Venezuela et à la suite des réunions de Téhéran et de Tripoli, en février et avril 1971, le coût du baril de pétrole passait de 2,50 dollars à 5 dollars par baril puis, en octobre 1973, à près de 10 dollars pour atteindre, de nos jours, environ 11 à 12 dollars.

La politique de l'O.P.E.P. n'a pas, en fait, globalement causé une raréfaction du pétrole. Elle a, par contre, un impact considérable sur le prix de cette matière : le revenu de l'O.P.E.P. a pratiquement triplé en 1975 par rapport à 1970. Au Proche-Orient, elle a démontré depuis trois ans qu'elle pouvait, tout à la fois,

contrôler les prix du pétrole, les opérations des Compagnies, ainsi que les quantités fournies. Il en sera sans doute de même dans l'avenir. En effet, en ce qui concerne, par exemple, les U.S.A., les importations de pétrole sont passées entre 1960 et 1973 de 83 à près de 300 millions de tonnes, ce qui représente environ 35 % de la consommation annuelle du pays, qui deviendra de plus en plus dépendant des approvisionnements extérieurs. Certes, les U.S.A. ont des réserves énergétiques importantes comme c'est le cas pour le charbon (400 milliards de tonnes connues et près de 3 000 milliards de tonnes théoriquement récupérables) et les réserves de pétrole sont probablement égales à trois fois les réserves officielles. Cependant, la dépendance des U.S.A. vis-à-vis de l'O.P.E.P. s'accentuera dans l'avenir et il en sera de même pour les pays de la Communauté Européenne et le Japon.

Les implications économiques et politiques liées à cette situation sont évidentes et seront à la base des futurs dialogues entre l'O.P.E.P. et les pays du bloc occidental.

*Millions de tonnes de pétrole importé  
(Prévisions basées  
sur un taux de croissance de 4 %)*

	1972	1985
Europe de l'Ouest .	680	950
U.S.A. ....	230	650
Japon .....	225	430

*Consommation en pétrole  
(en 10<sup>6</sup> tonnes)*

	1980	1985
Europe de l'Ouest .	1 100	1 100
U.S.A. ....	850	1 300
Japon .....	320	450

## *Quelques applications du laser en aérospatiale*

Conférence prononcée le jeudi 22 mai 1975  
à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

par Claude VERET

Docteur-Ingénieur  
Chef de la Division Optique de l'O.N.E.R.A.\*

### RESUME

Les principales caractéristiques photométriques du rayonnement laser sont, d'une part, la très faible divergence et, d'autre part, la monochromatique. De plus, certains types de lasers permettent d'obtenir des impulsions extrêmement brèves (durées de l'ordre de la nanoseconde et même inférieures) dont les puissances crête sont très élevées (entre plusieurs dizaines de mégawatts et le gigawatt). Ces remarquables propriétés ont permis le développement de méthodes optiques d'observation ou de mesure, inapplicables, en pratique, avec des sources lumineuses classiques.

Un premier exemple d'application dans le domaine spatial est celui de la trajectographie de satellites pour la géodésie intercontinentale et l'étude détaillée du champ de gravité terrestre. Par l'emploi d'un émetteur à laser impulsif, il a été possible de déterminer, avec une précision inégalée, meilleure que

quelques dizaines de centimètres, des distances de plusieurs milliers de kilomètres, en mesurant la durée du parcours aller et retour de la lumière réfléchie sur le satellite.

En aérodynamique expérimentale, les méthodes optiques sont particulièrement appréciées du fait qu'elles ne perturbent pas le milieu examiné. Les lasers ont permis la mise en œuvre de nouveaux moyens d'investigation tels que l'interférométrie holographique pour visualiser les écoulements et déterminer le champ de densité au sein du gaz en mouvement et la vélocimétrie interférentielle qui permet des mesures locales de vitesse.

Une nouvelle voie d'application vient de s'ouvrir à des méthodes basées sur l'effet Raman pour contribuer aux études des réactions chimiques complexes qui se produisent dans les chambres de combustion des moteurs d'avions ou de fusées.

\* Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, 29, avenue de la Division-Leclerc, 92320 Châtillon-s.-Bagneux, France.

### 1. — INTRODUCTION

Les remarquables propriétés de directivité et de monochromatique de la lumière émise par les lasers ont permis le développement de méthodes optiques d'observation et de mesure. Un certain nombre d'applications, dans le domaine aérospatial, ont fait l'objet de travaux à la Division Optique de l'O.N.E.R.A. Parmi ceux-ci, je présenterai ceux relatifs à la trajectographie de satellites, à la visualisation des écoulements aérodynamiques en soufflerie et à l'application de l'effet Raman aux mesures de concentration et de température dans des milieux gazeux.

### 2. — PROPRIETES DU RAYONNEMENT LASER

A la sortie d'un laser, le rayonnement émis est concentré dans un faisceau de faible diamètre (quelques millimètres) et de faible divergence (inférieur à 10 milliradians). Ainsi, à grande distance de l'émetteur, le rayonnement reste concentré dans une tache de faible diamètre à l'intérieur de laquelle l'éclairement, qui est la puissance lumineuse par unité de surface, conserve des valeurs élevées. Par exemple, un laser émettant un rayonnement d'une puissance de 1 watt, concentré dans un faisceau de divergence 10 milliradians reste, à une distance de 1 km, concentré dans une tache de 10 mètres de diamètre à l'intérieur de laquelle l'éclairement moyen est de l'ordre de  $1,3 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$ .

Par comparaison, une lampe à incandescence de même puissance émet son rayonnement dans toutes les directions, soit dans un angle solide de  $4\pi$  stéradians. L'éclairement donné par cette lampe à 1 km est donc de  $8 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2$ , soit  $1,6 \times 10^5$  fois plus faible que celui donné par le laser. De plus, la lampe à incandescence émet une lumière blanche qui contient des radiations de

toutes les longueurs d'onde dans une grande étendue spectrale. Par contre, la lumière laser est monochromatique, c'est-à-dire que l'énergie lumineuse qu'elle émet est concentrée dans une ou quelques bandes spectrales étroites dont la largeur est inférieure au dixième de nanomètre.

Certains lasers (hélium - néon, argon ionisé) émettent un rayonnement continu dans le temps. Mais d'autres, tel que le laser à rubis, émettent un rayonnement discontinu très bref ; la durée d'émission pour des lasers déclenchés est inférieure à quelques dizaines de nanosecondes et les puissances instantanées maximales dépassent plusieurs dizaines de mégawatts, atteignant même le gigawatt.

### 3. — TELEMETRIE LASER SUR SATELLITES

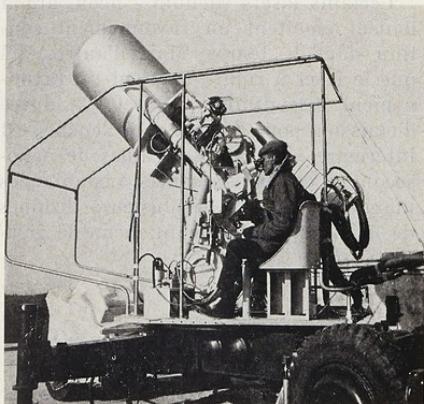
Un télémètre laser est destiné à déterminer la distance d'une cible mobile en l'éclairant au moyen d'une impulsion lumineuse brève et en mesurant la durée du parcours de la lumière réfléchie sur la cible.

L'emploi d'un laser à impulsion est particulièrement intéressant parce que, d'une part, la directivité et les puissances instantanées très élevées permettent d'atteindre ces cibles très éloignées et, d'autre part, la monochromatique permet de placer devant le récepteur des filtres spectraux très étroits réduisant fortement le rayonnement parasite émis par le fond du ciel entourant la cible ou par d'autres sources lumineuses proches d'elle.

Des cibles telles que des satellites, évoluant sur leur orbite à plus de 3 000 km de la terre, peuvent être suivies par un télémètre laser et leur distance mesurée couramment avec une précision inférieure au mètre.

Un télémètre à laser est constitué essentiellement par une tourelle azimu-

tale de poursuite (fig. 1) qui supporte un émetteur à laser, un télescope récepteur et une lunette de visée. Cette lunette permet à un opérateur d'observer le satellite et de le suivre, au cours de son passage dans le ciel lorsqu'il est encore éclairé par le soleil après la tombée de la nuit.



*Fig. 1 – Tourelle de poursuite pour la télémétrie laser sur satellites.*

En agissant sur un manche à balai commandant les mouvements en site et azimut de la tourelle, l'opérateur maintient le satellite au centre de son champ de visée pendant que des impulsions lumineuses sont émises par le laser à une cadence régulière d'au plus une par seconde.

L'émetteur comprend un laser à rubis dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

- longueur d'onde d'émission : 694,3 nm (rouge) ;
- durée d'impulsion : 30 nanosecondes ;
- puissance crête : 30 mégawatts ;
- cadence de répétition maximale : une par seconde ;
- divergence du faisceau émis : 30'.

A la sortie de ce laser, le faisceau traverse un télescope afocal de grossissement  $1/10^{\circ}$  qui a pour effet de réduire la divergence à 3' de sorte que le champ éclairé à une distance de 1 000 km a un diamètre de 900 mètres.

Le récepteur est un télescope astronomique du type Cassegrain dont le miroir primaire a un diamètre de 60 cm. Un diaphragme placé dans son plan focal réduit le champ d'observation à 3' comme pour la divergence du faisceau d'éclairage. La lumière réfléchie par le satellite et traversant le diaphragme rencontre ensuite un filtre sélectif centré sur la longueur d'onde d'émission du laser et d'une largeur de l'ordre de quelques nanomètres, destiné à atténuer la lumière provenant du fond du ciel ; elle atteint ensuite le détecteur de rayonnement qui est un photomultiplicateur.

Pour mesurer la durée du parcours aller et retour de la lumière, on dispose de deux signaux électriques brefs. Le premier (signal départ) est fourni par une cellule photoélectrique recevant une faible portion de la lumière laser lorsqu'elle quitte l'émetteur ; le second (signal retour) est engendré par le photomultiplicateur du récepteur lorsque la lumière réfléchie par la cible le rencontre. Un ensemble électronique permet de mesurer la durée entre ces deux signaux. Il comprend, d'une part, un oscillateur à haute fréquence qui délivre, en permanence, des impulsions électriques séparées de 10 nanosecondes, et, d'autre part, un compteur d'impulsions. Le signal départ ouvre une porte électronique qui oriente les impulsions de l'oscillateur vers le compteur et le signal de retour ferme cette porte électronique pour arrêter le comptage. Le nombre d'impulsions comptées mesure ainsi la durée en centièmes de microsecondes. La distance de la cible s'en déduit en divisant cette durée par 2 (aller simple) et en la multipliant par la vitesse de la lumière. Une horloge de précision permet de dater chacune des mesures.

Les plus grandes portées (plusieurs milliers de km) sont obtenues sur des satellites contenant des éléments optiques rétroréflecteurs (trièdres en silice) qui ont pour propriété de renvoyer la lumière vers la source qui les éclaire, quelle que soit la direction d'incidence.

Trois stations de télémétrie laser, placées en des points de coordonnées connues sur la terre et fonctionnant simultanément sur le même satellite permettent, par triangulation, de déterminer sa trajectoire avec une précision inégalée.

Il est alors possible de déterminer la position par rapport aux précédentes de toute station supplémentaire opérant en même temps qu'elles. La télémétrie laser permet ainsi d'effectuer des rattachements géodésiques sur de grandes bases, en particulier pour la géodésie intercontinentale.

En première approximation, la trajectoire d'un satellite autour de la terre est une ellipse. Mais, des écarts locaux par rapport à l'ellipse sont dus à des anomalies du potentiel terrestre, d'où la possibilité d'une étude précise du champ de gravité par une analyse détaillée de ces anomalies.

Des améliorations de la précision de mesure des télémètres à laser sont encore possibles. La mesure des durées de propagation à la nanoseconde près doit permettre d'obtenir une précision décimétrique sur la distance. Il sera ainsi possible, non seulement d'améliorer la connaissance du champ de gravité, mais encore d'étudier de nouveaux phénomènes tels que la dérive des continents et les marées terrestres.

#### 4. — ETUDE DES ECOULEMENTS AERODYNAMIQUES EN SOUFFLERIE

Les rapides progrès de l'aviation au cours des dernières décades sont dus aux efforts conjugués des aérodynamiciens théoriciens et expérimentaux, et des ingénieurs de la construction aéronautique.

Les travaux d'aérodynamique expérimentale s'effectuent dans des souffleries ; ce sont des chambres dans lesquelles circule de l'air mis en mouvement uniforme, à l'intérieur desquelles sont placées des maquettes à échelle réduite de tout ou partie d'un avion.

Parmi les moyens d'investigation utilisés pour caractériser les écoulements d'air autour des maquettes, des appareils d'optique sont utilisés. C'est ainsi que, lorsque les vitesses atteignent ou dépassent celles du son, des méthodes optiques telles que l'ombroscopie, la stroboscopie ou l'interférométrie permettent de visualiser les écoulements et, même dans certains cas, d'effectuer des mesures de densité de l'air en différents points de l'écoulement.

L'emploi des lasers, grâce à la cohérence de leur rayonnement, a permis récemment de développer d'une part une nouvelle génération d'interféromètres holographiques et d'autre part un nouveau procédé de mesures des vitesses locales, la vélocimétrie laser.

##### 4.1. INTERFÉROMÉTRIE HOLOGRAPHIQUE.

Le schéma d'un interféromètre holographique est représenté sur la figure 2.

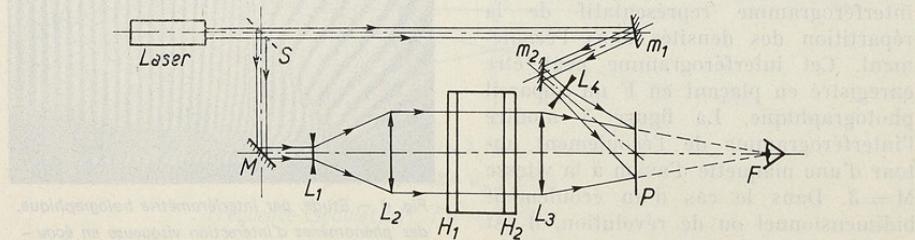


Fig. 2 — Schéma d'un interféromètre holographique.

Le faisceau lumineux sortant d'un laser est partagé en deux par une lame séparatrice S. La partie réfléchie par cette lame est renvoyée par un miroir plan M vers un système télescopique, composé d'une lentille divergente  $L_1$  suivie d'une lentille convergente  $L_2$ , qui a pour effet d'augmenter le diamètre du faisceau lumineux. A la sortie de ce système, la lumière traverse la chambre d'expérience de la soufflerie qui est fermée par deux hublots transparents  $H_1$  et  $H_2$  à surfaces planes et parallèles. Puis le faisceau rencontre une lentille convergente  $L_3$  qui concentre la lumière en son foyer F. De la lame séparatrice S, le faisceau transmis, dit faisceau de référence, rencontre successivement des miroirs plans  $m_1$  et  $m_2$  puis une lentille divergente  $L_4$ . Les deux faisceaux se croisent dans un plan P situé en avant du foyer F et ils interfèrent entre eux. La figure d'interférence est un ensemble de franges fines et serrées. Ces franges enregistrées sur une plaque photographique constituent un hologramme ; cet enregistrement est effectué lorsque la soufflerie est à l'arrêt, puis la plaque photographique est développée et remise rigoureusement en place dans le plan P. La soufflerie est alors mise en marche. L'onde lumineuse qui la traverse est alors modifiée du fait que le chemin optique entre les deux hublots change d'un rayon à l'autre du faisceau avec l'indice de réfraction local qui est fonction de la densité du gaz sur son parcours. Il en résulte que la forme des franges d'interférence dans le plan P est modifiée et qu'en observant en F le champ aérodynamique au travers de la plaque photographique, on voit apparaître un interférogramme représentatif de la répartition des densités dans l'écoulement. Cet interférogramme peut être enregistré en plaçant en F un appareil photographique. La figure 3 montre l'interférogramme de l'écoulement autour d'une maquette d'avion à la vitesse  $M = 3$ . Dans le cas d'un écoulement bidimensionnel ou de révolution, il est possible, en dépouillant les interférogrammes, de remonter au champ des

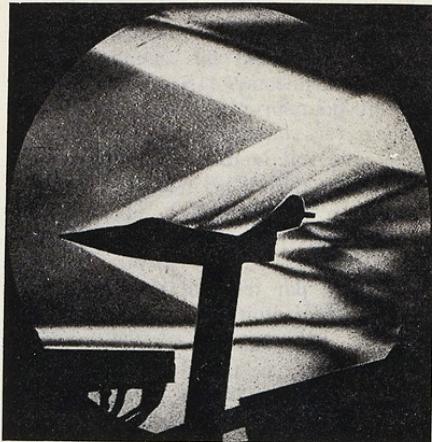


Fig. 3 — Interférogramme holographique d'un écoulement à Mach 3 autour d'une maquette d'avion (Réglage en teinte plate).

densités dans l'écoulement autour de la maquette. Le dépouillement est facilité si l'on fait apparaître dans le champ un système de franges serrées dont on mesure les déformations (fig. 4). Il est possible de faire apparaître ces franges dans une direction et avec un interf fringe choisi par une simple translation de la lentille divergente  $L_1$ .

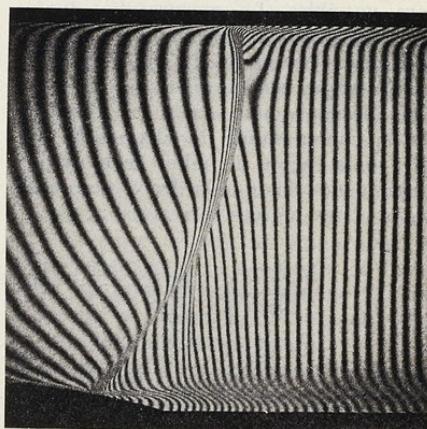


Fig. 4 — Etude, par interférométrie holographique, des phénomènes d'interaction visqueuse en écoulement transsonique — Réglage en franges de fond verticales.

L'interféromètre holographique se révèle un instrument très avantageux pour son utilisation en aérodynamique grâce à sa simplicité de réalisation et d'utilisation, la souplesse de son emploi pour compenser certains défauts et faire varier la direction et le pas des franges, et son faible coût par rapport à des interféromètres classiques du type Michelson ou Mach-Zehnder.

#### 4.2. VÉLOCIMÉTRIE LASER.

Dans le volume d'intersection de deux faisceaux lumineux cohérents entre eux, apparaissent des franges d'interférence disposées approximativement suivant des plans parallèles et équidistants (fig. 5). La condition de cohérence est obtenue en dédoublant, à l'aide d'un dispositif séparateur (fig. 6), le faisceau provenant d'une source lumineuse monochromatique. Il est avantageux d'utiliser la lumière d'un laser pour obtenir une grande intensité lumineuse dans un volume d'intersection très petit.

Un fluide en mouvement transporte, en général, des particules en suspension. Entrainées par l'écoulement, elles vont à la même vitesse que lui si elles

sont assez petites (diamètres de l'ordre de 0,1 à 1 micron). En l'absence de telles particules, elles peuvent y être ajoutées.

Ces particules diffusent dans toutes les directions une partie de la lumière qui les éclaire. Ainsi, lorsque l'une d'elles traverse, à vitesse constante, le système de franges situé dans le volume d'intersection de deux faisceaux, elle se trouve périodiquement éclairée et diffuse donc un flux modulé dont la fréquence de modulation est proportionnelle à sa vitesse.

Une partie de la lumière diffusée est reçue par un objectif qui la concentre sur un photodétecteur délivrant donc un signal modulé chaque fois qu'une particule traverse le volume de mesure. L'enveloppe du signal modulé a une forme approximativement gaussienne du fait de la répartition des intensités dans le faisceau d'éclairage.

Si  $\theta$  est l'angle entre les deux faisceaux (fig. 5) qui interfèrent, le pas des franges a pour valeur  $\lambda/\theta$ ,  $\lambda$  étant la longueur d'onde du rayonnement, et la fréquence de modulation est :

$$f = \frac{v_x \theta}{\lambda}$$

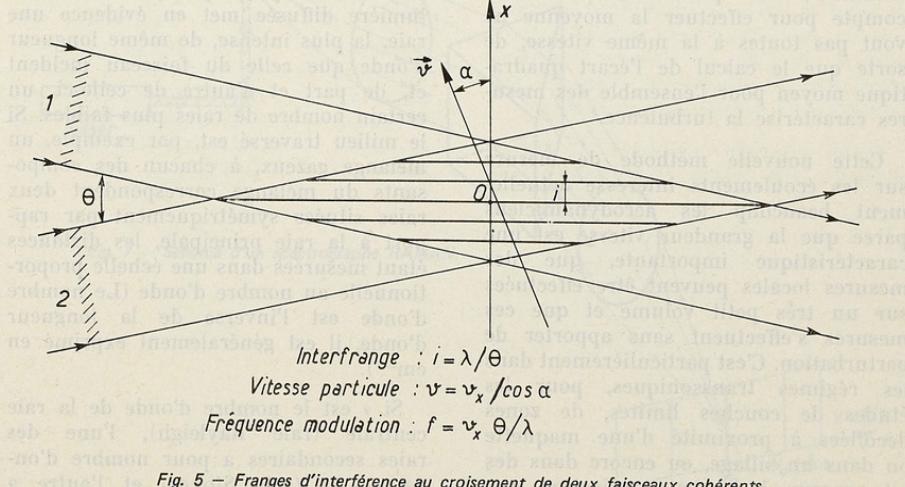


Fig. 5 – Franges d'interférence au croisement de deux faisceaux cohérents.

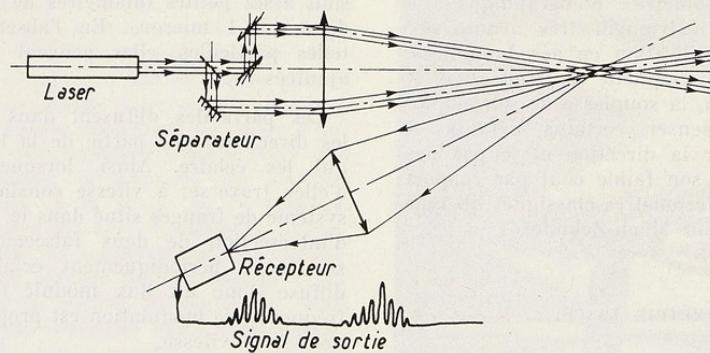


Fig. 6 — Schéma d'un vélocimètre laser.

$v_x$ : projection du vecteur vitesse de la particule sur une direction  $Ox$  perpendiculaire aux plans de franges.

Plusieurs méthodes sont possibles pour mesurer les fréquences des signaux : analyseur de spectre, suiveur de fréquence ou compteur mesurant la durée d'une ou plusieurs périodes d'oscillations. Dans tous les cas, pour obtenir une précision de l'ordre du % dans la mesure de vitesse, il est nécessaire d'effectuer la moyenne des valeurs mesurées sur un certain nombre de particules. Dans le cas d'un écoulement turbulent, les particules prises en compte pour effectuer la moyenne ne vont pas toutes à la même vitesse, de sorte que le calcul de l'écart quadratique moyen pour l'ensemble des mesures caractérise la turbulence.

Cette nouvelle méthode de mesure sur les écoulements intéresse actuellement beaucoup les aérodynamiciens parce que la grandeur vitesse est une caractéristique importante, que des mesures locales peuvent être effectuées sur un très petit volume et que ces mesures s'effectuent sans apporter de perturbation. C'est particulièrement dans les régimes transsoniques, pour les études de couches limites, de zones décollées à proximité d'une maquette ou dans un sillage, ou encore dans des jets gazeux à haute température que

la vélocimétrie laser doit trouver sa pleine justification du fait que les moyens de mesure classiques entraînent d'importantes perturbations ou sont rapidement détruits.

##### 5. — MESURES PAR EFFET RAMAN

Lorsqu'un faisceau lumineux monochromatique traverse un milieu matériel transparent (solide, liquide ou gazeux), une faible proportion du rayonnement est diffusée dans toutes les directions. L'analyse spectrale de cette lumière diffusée met en évidence une raie, la plus intense, de même longueur d'onde que celle du faisceau incident et, de part et d'autre de celle-ci, un certain nombre de raies plus faibles. Si le milieu traversé est, par exemple, un mélange gazeux, à chacun des composants du mélange correspondent deux raies situées symétriquement par rapport à la raie principale, les distances étant mesurées dans une échelle proportionnelle au nombre d'onde (Le nombre d'onde est l'inverse de la longueur d'onde, il est généralement exprimé en  $\text{cm}^{-1}$ ).

Si  $\nu$  est le nombre d'onde de la raie centrale (raie Rayleigh), l'une des raies secondaires a pour nombre d'onde  $\nu - \Delta\nu$  (raie Stokes) et l'autre a

pour nombre d'onde  $\nu + \Delta\nu$  (raie Anti-Stokes) (fig. 7). La raie Anti-Stokes est toujours moins intense que la raie Stokes, toutes deux étant nettement plus faibles que la raie Rayleigh.

L'écart en nombre d'onde  $\Delta\nu$  est caractéristique d'une molécule donnée et est indépendant de la valeur du nombre d'onde  $\nu$  du rayonnement exciteur.

Les valeurs des  $\Delta\nu$  en  $\text{cm}^{-1}$  pour quelques gaz usuels sont, par exemple : 1 151 pour  $\text{SO}_2$ , 1 388 pour  $\text{CO}_2$ , 1 556 pour  $\text{O}_2$ , 2 143 pour  $\text{CO}$ , 2 330 pour  $\text{N}_2$  et 4 160 pour  $\text{H}_2$ .

On peut, par ailleurs, constater que le rapport des intensités des raies Stokes et Anti-Stokes est une fonction de la température.

La méthode basée sur l'effet Raman trouve un champ d'application particulièrement important dans l'analyse *in situ* des mélanges gazeux en cours de réaction à haute température comme c'est le cas dans des chambres de combustion. Elle permet de déterminer

les concentrations des différents composants du mélange en mesurant les intensités relatives de leurs raies caractéristiques et la température à partir du rapport des intensités des deux raies symétriques d'un même composant.

Cependant, la mise en œuvre de cette méthode présente des difficultés pratiques liées au fait que les intensités diffusées sont très faibles et que les faibles écarts  $\Delta\nu$  pour la plupart des gaz nécessitent d'employer des systèmes à grande dispersion ou des filtres très sélectifs pour séparer convenablement les divers composants.

Un accroissement de cette intensité diffusée peut être obtenue par l'utilisation d'une nouvelle méthode, dérivée de la précédente et désignée par « Diffusion Raman Anti-Stokes Cohérente » (D.R.A.S.C.) qui fait l'objet de travaux originaux par une équipe de l'O.N.E.R.A. dirigée par J.-P. Taran.

La méthode D.R.A.S.C. consiste à éclairer le mélange gazeux par un faisceau lumineux contenant deux radia-

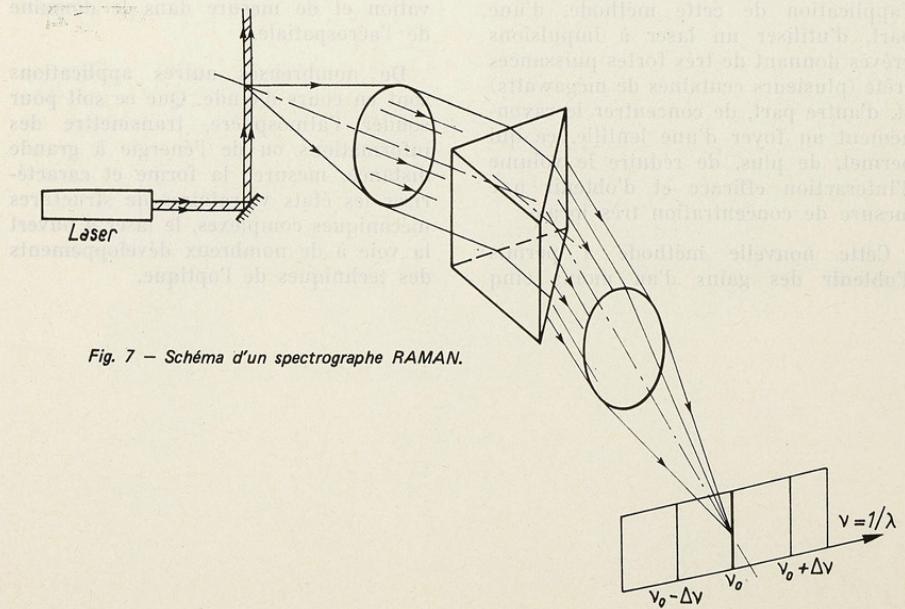


Fig. 7 — Schéma d'un spectrographe RAMAN.

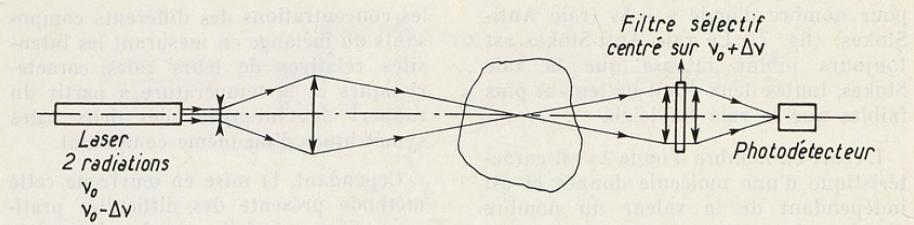


Fig. 8 — Schéma d'un appareil de DRASC.

tions monochromatiques, l'un de nombre d'onde  $\nu$ , l'autre de nombre d'onde  $\nu - \Delta\nu$ ,  $\Delta\nu$  étant l'écart Raman caractéristique d'un gaz donné (fig. 8). Après traversée du milieu, le faisceau est reçu sur un photodétecteur devant lequel est placé un filtre très sélectif centré sur la radiation Anti-Stokes de nombre d'onde  $\nu + \Delta\nu$ . La lumière diffusée sur cette radiation résulte d'un effet d'interaction non linéaire entre le rayonnement et la matière, ce qui entraîne que l'intensité Anti-Stokes recueillie s'accroît comme le carré de la puissance instantanée contenue dans le faisceau incident. Il est donc avantageux, pour l'application de cette méthode, d'une part, d'utiliser un laser à impulsions brèves donnant de très fortes puissances crête (plusieurs centaines de mégawatts) et, d'autre part, de concentrer le rayonnement au foyer d'une lentille, ce qui permet, de plus, de réduire le volume d'interaction efficace et d'obtenir une mesure de concentration très locale.

Cette nouvelle méthode a permis d'obtenir des gains d'au moins cinq

ordres de grandeur sur l'intensité diffusée utile par rapport à celle qui serait recueillie par la méthode Raman classique. L'expérimentation est en cours pour les applications aux études de flammes et de réactions chimiques dans des chambres de combustion.

## 6. — CONCLUSION

Les quelques exemples d'application des lasers qui viennent d'être présentés ont été choisis pour montrer ce que les caractères spécifiques de leur rayonnement apportent aux moyens d'observation et de mesure dans le domaine de l'aérospatiale.

De nombreuses autres applications sont en cours d'étude. Que ce soit pour sonder l'atmosphère, transmettre des informations ou de l'énergie à grande distance, mesurer la forme et caractériser les états vibratoires de structures mécaniques complexes, le laser a ouvert la voie à de nombreux développements des techniques de l'optique.

## TABLE DES MATIÈRES

Année 1974

### 1) Conférences

## ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

La recherche et l'industrie dans le groupe E.I.F.-C.R.A.P.-A.U.T.I.A.N.E.	n° 2, p. 9
Allocution de M. G. RUEUDRAZ, par M. G. RUEUDRAZ	n° 2, p. 9
La métastimulation, par M. B. BIZETTE-LUQUET	n° 3, p. 3
l'application à un marché de haute technologie de quelques propriétés physiques du nickel, par M. M. RUBINSTEIN	n° 3, p. 3

### 2) Divers

Rapport du Grand-Prix E.I.F.-C.R.A.P.-A.U.T.I.A.N.E.	
Allocution de M. TREFOUER, Membre de l'Institut, Président de la Société	n° 2, p. 3
Rapport de M. MAJORELLE, Président du Comité des Arts Économiques	n° 3, p. 3
Allocution de M. GOILLAUMAT, Président de l'C.R.A.P.	n° 3, p. 3
Prize et médailles 1973-1974	
Cérémonie du 5 octobre 1974, Palmaison	
Rapports sur les Prix et Médailles décernés au cours de la séance du 5 octobre 1974	
Allocution du Président NEUFMANT, Membre de l'Institut	n° 2, p. 3
Sortie et fin des rapports sur les Prix et Médailles 1973/1974	n° 3, p. 3

Autre aspect  
tenu à l'aveugle



Institut d'études photographiques

## ACADEMIE DE LA SOCIÉTÉ DEMOCRATIQUE

### POUR L'EDUCATION MILITIAIRE

Il est nécessaire que les hommes qui servent dans l'armée soient éduqués pour être capables de faire leur travail avec honneur et dévouement. C'est pourquoi nous avons décidé d'organiser une académie de formation militaire pour tous ceux qui veulent servir dans l'armée. L'académie sera dirigée par un enseignant expérimenté d'applications militaires et sera destinée à former des officiers et des soldats compétents et disciplinés. Les cours seront dispensés dans une atmosphère de travail et d'apprentissage, où les étudiants pourront développer leurs compétences et leur détermination. L'académie sera également équipée d'un matériel de formation moderne et de qualité, afin de garantir la réussite de ses étudiants.

## TABLE DES MATIÈRES

DES CONFERENCES ANNÉE 1974 PUBLIÉES

Année 1974

### 1<sup>o</sup>) Conférences

— L'hyper-trempe, méthode d'élaboration de structures nouvelles (32 <sup>e</sup> Conférence Bardy), par M. A. REVCOLEVSCHI .....	n° 1, p. 3
— Procédé nouveau de surfacage des grands miroirs d'astronomie et contribution à l'étude de leurs barillets, par A. BAYLE ....	n° 1, p. 19
— La recherche et l'exploitation du pétrole en mer. Les réalisations du Groupe ELF-AQUITAINE, par M. G. RUTMAN .....	n° 2, p. 9
— L'Immunostimulation, par M. B. BIZZINI .....	n° 3, p. 3
— Obtention d'un cobalt de haute pureté. Etude de quelques propriétés du métal, par M. B. DUBOIS .....	n° 4, p. 3

### 2<sup>o</sup>) Divers

— Remise du Grand Prix LAMY au Groupe ELF-ERAP-AQUITAINE. Allocution de M. TREFOUEL, Membre de l'Institut, Président de la Société .....	n° 2, p. 3
Rapport de M. MAJORELLE, Président du Comité des Arts Economiques .....	p. 4
Allocution de M. GUILLAUMAT, Président de l'ERAP .....	p. 7
— Prix et Médailles 1973-1974. Cérémonie du 5 octobre 1974. Palmarès.	
— Rapports sur les Prix et Médailles décernés au cours de la séance du 5 octobre 1974. Allocution du Président NORMANT, Membre de l'Institut ....	n° 3, p. 31
— Suite et fin des rapports sur les Prix et Médailles 1973-1974 .....	n° 4, p. 25



**INDEX DES AUTEURS**  
**DES CONFÉRENCES PUBLIÉES**

*Année 1974*

*Conferences*

- |  |             |
|--|-------------|
| BAYLE (André). — Procédé nouveau de surfacage des grands miroirs d'astronomie et contribution à l'étude de leurs barillets ..... | n° 1, p. 19 |
| BIZZINI (Bernard). — L'immunostimulation .....   | n° 3, p. 3  |
| DUBOIS (Bernard). — Obtention d'un cobalt de haute pureté. Etude de quelques propriétés du métal .....                           | n° 4, p. 3  |
| REVCOLEVSKI (Alexandre). — L'hyper-trempe, méthode d'élaboration de structures nouvelles .....                                   | n° 1, p. 3  |
| RUTMAN (Gilbert). — La recherche et l'exploitation du pétrole en mer.<br>Les réalisations du Groupe ELF-AQUITAINE .....          | n° 2, p. 9  |

*2) Divers*

- |   |             |
|---|-------------|
| Palmarès des Prix et Médailles 1974-1975 .....  | n° 3, p. 32 |
| Cérémonie spéciale de Remise de la Grande Médaille Annuelle à M. Léopold INCANDE, Membre de l'Institut .....  | n° 4, p. 33 |
| Rapport de M. NORMANT au nom du Comité des Arts Physiques   |             |
| Allocution de M. NORMANT, Membre de l'Institut, Président de la<br>Société à l'occasion de la Remise des Prix et Médailles du<br>4 octobre 1974 ..... | n° 4, p. 35 |
| Rapports complets .....   | n° 4, p. 36 |



## TABLE DES MATIÈRES

DES CONFÉRENCES PUBLIÉES

Année 1975

### 1<sup>o</sup>) Conférences

- La naissance de l'Hélicoptère, par M. J.-P. OEMICHEN ..... n° 1, p. 5
- Le programme français des Réacteurs à Neutrons rapides, par M. J. VILLENEUVE ..... n° 1, p. 21
- Les gouverneurs programmables, par M. G. DUREAU ..... n° 2, p. 5
- La culture des algues et ses perspectives, par M. R. PEREZ ..... n° 2, p. 21
- Les diélectriques céramiques modernes, par M. J. PEYSSOU ..... n° 3, p. 3
- Contribution de la chimie à la protection et à l'amélioration de l'environnement, par M. R. DANDRES ..... n° 3, p. 15
- Les immunoglobulines, par M. M. LAVERGNE ..... n° 4, p. 3

### 2<sup>o</sup>) Divers

- Palmarès des Prix et Médailles 1974-1975 ..... n° 3, p. 32
- Cérémonie spéciale de Remise de la Grande Médaille Annuelle à M. Léopold ESCANDE, Membre de l'Institut ..... n° 4, p. 33
- Rapport de M. NORMANT, au nom du Comité des Arts Physiques
- Allocution de M. NORMANT, Membre de l'Institut, Président de la Société à l'occasion de la Remise des Prix et Médailles du 4 octobre 1975 ..... n° 4, p. 35
- Rapports complets ..... n° 4, p. 36



**INDEX DES AUTEURS  
DES CONFÉRENCES PUBLIÉES**

*Année 1975*

DANDRES (René). — Contribution de la chimie à la protection et à l'amélioration de l'environnement .....	n° 3, p. 15
DUREAU (Gabriel). — Les gouverneurs programmables .....	n° 2, p. 5
LAVERGNE (Michel). — Les immunoglobulines .....	n° 4, p. 3
OEMICHEN (Jean-Pierre). — La naissance de l'Hélicoptère .....	n° 1, p. 5
PEREZ (René). — La culture des Algues et ses perspectives .....	n° 2, p. 21
PEYSSOU (Jean). — Les diélectriques céramiques modernes .....	n° 3, p. 3
VILLENEUVE (Jean). — Le programme français des Réacteurs à neutrons rapides .....	n° 1, p. 21



*Le Président de la Société, Directeur de la publication : H. NORMANT, D.P. n° 1080*

I.T.Q.A.-CAHORS. — 50.623. — Dépôt légal : I-1976  
Commission paritaire n° 34.665

La bibliothèque de l'Institut national de la photographie et du patrimoine - H. MOURANT. DS n° 1080  
ÉTAT LIBRE - 2000 - Dépôt légal : 1-1218  
Commission bâtie à l'ISCP

# SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Fondée en 1801

Reconnue d'Utilité Publique en 1824

44, rue de Rennes, 75006 PARIS

Tél. : 548-55-61 - C.C.P. 618-48 Paris



## HISTORIQUE

La « SOCIETE D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE » fondée en l'AN X de LA REPUBLIQUE (1801) par NAPOLEON-BONAPARTE, Premier Consul et CHAPTAL, Ministre de l'Intérieur et premier Président de la Société, assistés de Berthollet - Brongniart - Delessert - Fourcroy - Grégoire - Laplace - Monge - Montgolfier - Parmentier... et de nombreux autres savants, ingénieurs, et hommes d'Etat,

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE EN 1824,

a poursuivi son action pendant tout le XIX<sup>e</sup> siècle, sous la présidence de Thénard - J.-B. Dumas - Becquerel et de leurs successeurs. On la voit encourager tour à tour Jacquard - Pasteur - Charles Tellier - Beau de Rochas.

Ferdinand de Lesseps - Sainte-Claire-Deville - Gramme - d'Arsonval furent titulaires de sa Grande Médaille.

## BUT

LA SOCIETE S'EST PREOCCUPEE PARTICULIÈREMENT, CES DERNIERES ANNÉES, DE DONNER AUX MILIEUX INDUSTRIELS DES INFORMATIONS EXACTES LEUR PERMETTANT DE SUIVRE LES DERNIERS DEVELOPPEMENTS DE L'ACTIVITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

## ACTIVITÉS

ELLE DECERNE DES PRIX ET MEDAILLES aux auteurs des inventions les plus remarquables et des progrès les plus utiles ainsi qu'aux ouvriers et contremaîtres qui se sont distingués par leur conduite et leur travail. Elle organise des CONFÉRENCES d'actualité scientifique technique et économique.

Elle publie une REVUE TRIMESTRIELLE : « L'INDUSTRIE NATIONALE ».

## RECRUTEMENT

La Société recrute, en fait, ses Membres (Sociétés ou Individus) parmi ses anciens Conférenciers ou Lauréats. Ils ne sont soumis à aucune obligation particulière en dehors du paiement d'une cotisation annuelle de QUARANTE FRANCS pour les Personnes ou de CENT CINQUANTE FRANCS pour les Sociétés.

