

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

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

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

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1964, n° 1 (janv.-mars)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1964

Collation	1vol. (88 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	102
Cote	INDNAT (66)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.66

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

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

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

L'INDUSTRIE NATIONALE

S. E. I. N.
Bibliothèque

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

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



Revue trimestrielle
1964 - N° 1

Textes scientifiques et techniques :

- Conversion des énergies.
- Masers optiques (Lasers).
- Activités de la Société.
- Informations.

N° 1 — JANVIER-MARS 1964

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES (1).

- I. — La conversion des énergies, par M. Jacques YVON p. 7
- II. — Les Masers optiques à cristaux, par M. François
TEISSIER du CROS p. 15

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

- I. — Conférences et Colloques organisés en 1963 p. 37
- II. — Allocution du Président à la Cérémonie de remise des
Prix et Médailles du 29 juin 1963 p. 39
- III. — Rapports sur les Prix et Médailles attribués p. 43

INFORMATIONS.

- I. — Les Sociétés industrielles de France p. 77
- II. — Note sur le nombre des ingénieurs p. 84
- III. — Bibliographie p. 88

(1) Voir les résumés des articles en page 3 de couverture.

Publication sous la direction de M. Jean LECOMTE

Membre de l'Institut, Président, avec le concours du Secrétariat de la Société

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

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

le n° : 7,50 F

C.C.P. Paris, n° 618-48

*L'INDUSTRIE
NATIONALE*



ANNÉE 1964

Les problèmes de décentralisation et d'expansion régionale sont à l'ordre du jour. Il en découle un intérêt marqué pour toutes les institutions qui, sur les différents points du territoire, concourent à cette évolution par le développement de l'enseignement professionnel, l'encouragement au progrès industriel, les publications scientifiques, techniques ou économiques, l'action sociale.

Au premier rang de celles-ci se placent les Sociétés industrielles des grands centres de province, fondations déjà anciennes, mais toujours très vivantes qui présentent avec la Société d'Encouragement des affinités certaines et dont l'activité s'est toujours développée en liaison avec la sienne.

L'Union des Sociétés industrielles de France, constituée il y a plus d'un demi-siècle par le groupement de ces organismes régionaux et de la Société d'Encouragement, illustra cette communauté de vues par la tenue périodique de manifestations diverses, en particulier de Congrès. Ces Congrès se tinrent à Amiens, Reims, Mulhouse, Rouen, Lille, Nancy, Lyon, Strasbourg, Paris, Bordeaux.

Toutefois, les difficultés issues de la dernière guerre ayant durement éprouvé certaines des associations adhérentes, l'activité de l'Union se trouva momentanément suspendue.

Récemment, d'un commun accord, les Sociétés industrielles ont décidé de remettre en vigueur cette Union pour étudier, en coopération, les principaux problèmes de l'heure actuelle.

On trouvera plus loin des indications sur les caractéristiques des diverses Sociétés.

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

I - La conversion des énergies

par M. J. Yvon

II - Les Maser optiques à cristaux

par M. F. Teissier du Cros

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

I - La conversion des énergies

par M. J. Yvon

II - Les Mises au point à distance

par M. R. Tesson du Cros

I

La conversion des énergies ⁽¹⁾

par M. le Professeur JACQUES YVON,
Président du Comité
de Conversion des Energies

Il m'est bien agréable, en prononçant cette conférence, d'avoir l'occasion d'essayer de m'acquitter, dans la mesure de mes moyens, d'une dette que j'avais à l'égard de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, de son président, M. Lecomte, et de son Comité des Arts physiques que préside M. Léauté. Le 44, rue de Rennes, m'est familier depuis longtemps, la Société de Physique y tenait autrefois ses assises, et je suis heureux de retrouver ce soir une ambiance familière.

La conversion des énergies intéresse toutes les transformations naturelles, elle pénètre même l'étude des objets au repos, dans la mesure où on se prépare à les transformer ou si on cherche à savoir ce qu'il a fallu transformer, et comment, pour les obtenir.

L'énergétique domine la physique, la chimie, les sciences de la terre, la biologie et l'univers dans lequel nous sommes modestement incorporés. Il convient du point de vue utilitaire d'y distinguer les sources naturelles d'énergie, brutes ou élaborées, et les procédés qui permettent d'adapter les possibilités de ces ressources à nos besoins. Cette dernière entreprise est celle de la conversion des énergies.

Le point de vue utilitaire donnera

donc les premières limites de cette conférence. J'écarterai de plus les problèmes biologiques, sans autre argument qu'une incompétence certaine. Il faut néanmoins rappeler que l'alimentation des humains représente, en équivalent calorifique, le quinzième environ de l'énergie consommée dans le monde, que ce pourcentage est trop faible et que l'étude de l'énergétique vitale est du plus haut intérêt.

Nous laisserons aussi de côté les problèmes directs de la propulsion, la structure des véhicules, leurs moyens d'avancer. Nous avons donc affaire avec les moyens de chauffage, les moteurs, les générateurs d'électricité, l'éclairage, l'électrolyse. La question s'est posée de savoir si nous disposions à cet égard des meilleurs procédés et si nous en avions un éventail suffisant à notre disposition.

Ce genre d'examen fait appel à des compétences très variées, scientifiques, industrielles, économiques. L'Etat en a pris l'initiative. Lui seul avait le moyen d'animer un certain dialogue entre deux mondes parallèles, l'Université et l'Industrie, les universitaires et les ingénieurs. Et il lui était bien nécessaire de présider ce dialogue, qui finit par aboutir à ses caisses. On sait bien que les uns et les autres peuvent s'accorder sans

(1) Conférence faite le 9 janvier 1964 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

férule ministérielle, mais quand la dimension des problèmes atteint l'échelle nationale — et quelquefois la dépasse — la libre initiative ne saurait suffire.

Ainsi fut créé un lieu de rencontre, qui est la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique. Le comité consultatif du même nom — connu aussi sous le nom de Comité des Sages — siège à la Délégation. Composé d'hommes de provenances harmonieusement choisies, c'est lui qui propose les secteurs où il conviendrait que l'Etat intervienne. Elargi de représentants des ministres intéressés, il centralise désormais au niveau du Plan tous les problèmes de la recherche scientifique. Mais ce qui nous intéresse ici ce sont ce qu'on a appelé les actions concertées, qui visent un objectif particulier que l'actualité a mis en vedette. Les actions, dotées d'un budget, sont administrées conjointement par un comité spécialisé et par la Délégation elle-même. Il faut citer ici, dans leur ordre de création, les actions suivantes :

conversion des énergies,
électronique,
chimie macromoléculaire,
mécanique.

Ces comités établissent un programme, recherchent des laboratoires susceptibles de le développer et passent avec ceux-ci des contrats, qui sont d'un an, mais renouvelables, dans le secteur privé, d'une durée qui peut être plus longue dans le secteur officiel. A ma connaissance, ce n'est pas le résultat d'un vœu mais la conséquence des moyens dont nous disposons, il n'a jamais été question de créer des laboratoires *ad hoc*. On sait bien que certaines disciplines se sont trouvées devant une situation toute différente, énergie atomique et maintenant recherche spatiale.

Le programme du Comité de conversion des énergies n'a pas l'ampleur du sujet lui-même, loin de là. La composition même du comité l'orientait vers l'étude des procédés dont les principes physiques n'avaient pas encore reçu

d'application suffisante, qu'ils soient presque inédits ou au contraire connus depuis longtemps. D'autre part il n'était pas question de venir au secours d'organismes puissants et parfaitement au fait de leur propre mission, comme le Commissariat à l'Energie Atomique, ou des industries largement développées.

Ce dernier point pose néanmoins quelques questions : vaut-il mieux mettre ses moyens et son argent à perfectionner des engins dont l'usage a montré les mérites, prenons comme exemple le moteur diesel ou faire du neuf avec les piles à combustible ? Il y a là une affaire d'opportunité où il ne saurait y avoir de règle. D'un côté le mal est la routine, de l'autre il est l'utopie. Il faut mentionner aussi que si le secteur civil est parfois assez enclin au respect des traditions, le secteur militaire, lui, revendique avec insistance l'ouverture de l'éventail des techniques.

Venons-en à ces nouvelles techniques. Ici même, de prochaines conférences, l'une de M. Rodot sur les photopiles, l'autre de Mme Odile Bloch, sur les piles à combustibles, me permettent d'abréger l'exposé.

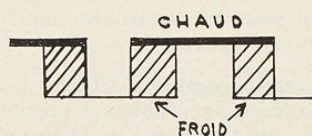
On pense d'abord à la conversion directe de la chaleur en électricité. L'adjectif direct veut dire que les choses doivent se passer sans l'intervention de mécanismes. Nous verrons ce qu'il faut penser de ce beau rêve des électriciens. Le principe de Carnot ne nous permet pas d'échapper à la nécessité d'une source froide et le rendement reste commandé par les températures respectives de la source chaude et de la source froide.

Trois procédés sont en concurrence :
la conversion thermoélectrique,
la conversion par diode à plasma,
la conversion magnétohydrodynamique.

Ils sont classés dans l'ordre croissant des températures de la source chaude.

L'effet thermoélectrique est celui même qui permet la réalisation de pyromètres à couple thermoélectrique, mais

l'élément, au lieu d'être constitué de deux fils conducteurs, comprend deux plaquettes, plutôt des cubes, semi-conductrices, de nature différente et dont les forces électromotrices s'ajoutent. Un grand nombre d'éléments analogues sont montés en série. Inversé, le dispositif peut fonctionner comme réfrigérateur : il est couramment utilisé dans les laboratoires pour obtenir commodément des températures moyennement basses (Fig. 1). En tant que générateur d'électricité, ce convertisseur



a fait l'objet d'une application fameuse : il a été monté sur le satellite américain Transit IV. Le chaleur est fournie par du plutonium 238, radioactif, le plutonium est dilué dans une matrice qu'il chauffe par son rayonnement. La matrice est alors la source chaude. Elle est recouverte d'une couche de thermoéléments dont la face froide rayonne les basses calories vers l'espace. Tout va pour le mieux : le plutonium rayonne assez lentement pour conserver une activité presque constante pendant plusieurs années, le rayonnement est un rayonnement α qui n'est pas pénétrant et dont il n'y a à protéger ni le matériel électronique du satellite ni, éventuellement, le personnel. A la rentrée dans l'atmosphère, tout est consumé en haute altitude. Mais ce plutonium, qui n'est pas le plutonium des armes atomiques, coûte extraordinairement cher pour les quelques watts qu'il est permis d'obtenir. Les photopiles dont vous parlerez M. Rodot sont certainement plus fragiles, elles craignent l'action des micrométéorites, mais elles sont certainement d'un emploi beaucoup plus raisonnable. On peut substituer au plutonium, parfait en soi, des nuclides moins ruineux, césium, strontium qu'on rejette actuel-

lement dans les usines d'extraction du plutonium ordinaire, mais ces substances émettent des rayonnements pénétrants dont il faut se protéger soit pendant la mise en place du matériel, soit pendant son emploi. On a proposé d'alimenter ainsi des balises peu accessibles, des répéteurs de câbles sous-marins : dans ce dernier cas, il faudrait s'assurer que le rayonnement ne détruit pas les isolants à la longue. De toute manière ces sources d'énergie seront encore très coûteuses. Avec moins d'ambition, le rayonnement solaire, ou, faute de soleil, une simple flamme permet d'entretenir une production d'électricité.

Les semi-conducteurs recommandables font l'objet de savantes études concernant l'électronique et le réseau cristallin. Le tellure de plomb a de bonnes performances, les alliages germanium-silicium permettent d'espérer monter la source chaude jusque vers 1.000° . Des substances plus complexes auraient peut-être de meilleures performances, mais on se trouve devant des matériaux de plus en plus friables, la soudure des ponts métalliques devient de plus en plus difficile.

En simplifiant, disons que la diode à plasma remplace le semi-conducteur par un gaz ionisé. La source chaude est entre 1.200 et 2.000° . Elle constitue un émetteur d'électrons, ceux-ci sont recueillis par un collecteur « froid ». Le courant se saturerait vite si on n'introduisait dans l'espace interélectrode des ions positifs, qui à cette température ne peuvent être fournis que par de la vapeur de césium. Sur le plan des principes, c'est l'émetteur qui est l'objet d'études approfondies. Il fournit les électrons et c'est à son contact que les atomes de césium s'ionisent.

Mais la technologie de tubes du genre de ceux de l'électronique et qui doivent supporter des températures élevées ne va pas sans difficultés notamment si la source de chaleur est une flamme. Les rendements annoncés dépendent de l'optimisme des auteurs. Sa puissance spé-

cifique est de l'ordre de quelques watts par cm^2 .

Il est temps d'en venir à une formule moins anémique jusqu'à nouvel ordre, du point de vue des ordres de grandeur. Il s'agit de la magnétohydrodynamique. Le principe électrodynamique en est simple : deux électrodes allongées parallèles, sont diamétralement opposées dans un tuyautage en matière isolante. Un champ magnétique permanent est disposé perpendiculairement au tuyautage et aux électrodes. Si un fluide conducteur s'écoule entre les électrodes, on recueille du courant sur celles-ci.

Dans la version originale, le fluide est une flamme de kérosène : le comburant est de l'air plus ou moins enrichi en oxygène. L'écoulement du fluide est assuré par sa détente, le tuyautage devient une tuyère. Le produit de la combustion n'est pas assez chaud pour s'ioniser suffisamment, pour atteindre une conductibilité suffisante. On « ensemente » les gaz chauds avec un alcalin dont l'ionisation est relativement aisée : le césium, trop coûteux ici, est remplacé par le potassium, mais dont les performances sont moindres. Pratiquement on ajoute par exemple une solution alcoolique de potasse au kérosène. Après passage dans la tuyère, les gaz, ramenés vers 1.500° , sont encore bons pour vaporiser de l'eau qui sera utilisée suivant les procédés classiques. La tuyère magnétohydrodynamique sera donc un appoint, l'étage supérieur d'une installation plus complexe.

Il est clair que cette conception pose des problèmes de réfractaires avec des conditions plus sévères que dans les fours industriels poussés. Jusqu'à présent les essais n'ont pas duré plus de quelques minutes. Les parois de la tuyère ne doivent ni se fissurer ni devenir conductrices, les électrodes ne doivent pas se consumer dans le fluide. Le procédé, comme d'ailleurs ceux que nous avons examinés précédemment, et les autres innovations que nous pourrions citer, est conditionné par la mise au point de matériaux nouveaux.

Dans les cas précédents, il y avait un certain choix qui laissait de la marge aux exercices des physiciens et des chimistes. Ici l'astreinte est beaucoup plus sévère. On ne voit pas bien, en matière de réfractaire isolant, ce qui pourrait concurrencer le zirconate de strontium ou celui de calcium. Le rôle simplifié des physiciens est sans doute provisoire et il faudra certainement les récupérer lorsque des observations soignées à plus long terme seront possibles. Je ne sais s'ils pourront y trouver des joies aussi délicates que celles procurées par les semi-conducteurs familiers. Le graphite convient pour les électrodes, mais il se corrode rapidement.

Un certain nombre d'artifices permettent d'alléger les problèmes précités. Le premier, inévitable, est de faire jouer le facteur surface/volume. En augmentant la section de la tuyère, on peut réduire son importance relative comme matière consommable. La puissance par installation augmente en conséquence et on estime qu'on sera amené à dépasser des puissances de 500 MW, ce qui va dans le sens de l'augmentation de la puissance des centrales thermiques. On peut alors envisager de limiter la température de la surface sans risquer trop de pertes, certains essais américains utilisent un pavage de dalles de cuivre maintenues à une température raisonnable.

La zircone n'a pu servir aux parois : semi-conducteur, elle acquiert une bonne conductivité aux températures les plus élevées qui règnent dans la tuyère magnétohydrodynamique. Elle peut donc servir, au moins en surface, à la constitution d'électrodes plus ou moins composites, plus résistantes que le graphite lui-même.

Il faut compter dans les facteurs de la corrosion, outre les produits de la flamme, le potassium qu'elle entraîne. Celui-ci est assez coûteux pour qu'il convienne de la récupérer à la sortie.

L'augmentation du diamètre de la veine gazeuse fait déborder de son cadre habituel la production du champ magnétique, de l'ordre de 10.000 gauss. Il est possible que, pour produire écono-

miquement ce champ, il convienne d'avoir recours à des bobinages supraconducteurs. On sait que les travaux de laboratoires privés américains ont fait découvrir des alliages, niobium, zirconium, niobium-étain, qui ont la propriété de subir la transition conductivité ordinaire - supraconductivité à une température relativement élevée et d'autre part de conserver cette propriété même en présence de champs magnétiques relativement élevés. Comme de juste, ces avantages sont quelque peu compensés par des difficultés de fabrication et de mise en œuvre et par la nécessité d'opérer dans un bain d'hélium liquide. L'étude des nouveaux bobinages qu'on peut ainsi réaliser se poursuit dans divers laboratoires, Faculté des sciences de Grenoble, au C.E.A., à Fontenay dans les services de fusion contrôlée, à Saclay, au service de physique du solide, auprès du syndrocyclotron Saturne, en vue de l'équipement de chambres à bulles, au Laboratoire central des Industries électriques et dans des laboratoires privés. Des études plus fondamentales sur la supra-conductivité sont effectuées à Grenoble, à Orsay. L'avenir de la découverte dont nous venons de parler n'est pas encore complètement délimité, mais l'intérêt extrême qu'elle a suscité souligne une fois de plus avec quel soin il faut explorer le catalogue des matériaux inédits.

Un autre état de la matière, qui est dans cette entreprise l'outil même de travail, est le gaz conducteur d'électricité constitué par la flammeensemencée de potassium.

Il existe des fluides qui sont naturellement conducteurs de l'électricité, comme les électrolytes, les métaux liquides. C'est ce qu'on appelle les milieux ionisés. Pratiquement ces milieux restent électriquement neutres, ils contiennent autant de charges négatives que de charges positives. Pour l'objet qui nous préoccupe en ce moment, il importe que ces charges négatives soient des électrons, leur mobilité étant beaucoup plus grande que celle des ions.

Le passage du courant électrique dans un gaz est conditionné par le préliminaire de l'ionisation, phénomène que l'on sait produire de bien des manières. Dans le cas présent il s'agit de l'agitation thermique qui provoque l'ionisation par les chocs intermoléculaires. La compréhension des phénomènes relève de la thermodynamique des gaz, de l'aérodynamique, de la théorie de l'électricité et constitue finalement une doctrine en soi étant donné que cet état de la matière est le plus répandu de l'univers, matière intrastellaire, plasmas interstellaires, haute atmosphère. Au laboratoire on rencontre les plasmas dans les décharges continues à basse pression - à haute fréquence - les arcs - les sources d'ions - les diodes à césium - les torches à plasma - les « bouteilles » de la fusion contrôlée. Le plasma de la magnétoaérodynamique est un plasma relativement peu ionisé, ce que les spécialistes appellent volontiers un plasma froid.

Ces milieux intéressent la technique en raison de leur aptitude à se faire commander par le champ électrique, le champ magnétique, la haute fréquence. Ils la déçoivent quelque peu aussi par leur manque de stabilité : ils sont fugitifs, difficiles à entretenir et à contenir et leur production entraîne des dérèglements d'origines multiples connus sous le nom d'instabilités. Ils généralisent au-delà de tout espoir les instabilités de l'aérodynamique et les phénomènes de turbulence.

Quoi qu'il en soit, leur étude systématique fait partie des connaissances qu'il importera d'acquérir pour maîtriser leurs applications. Les nouvelles inventions ne peuvent progresser sans que soient menés en parallèle l'effort technologique et l'effort scientifique. Les travaux des laboratoires qui se préoccupent de la nouvelle technique, à l'E.D.F., à l'I.F.P., au C.E.A. et dans l'industrie privée sont complétés par des travaux plus universitaires, à Bellevue, à Orsay.

Dans le cas de la magnétohydrodynamique, ces phénomènes ne concernent

pas seulement la masse même du milieu ionisé, mais aussi ce qui se passe dans la couche limite qui baigne les électrodes.

La magnétohydrodynamique que nous venons de décrire évacue les gaz brûlés dans l'atmosphère. Une formule en circuit fermé peut intéresser l'énergie atomique. Peut-être est-il utile de faire ici le point des modes de conversion de l'énergie de fission. La fission se produit dans des barreaux d'uranium ou de plutonium ou d'un composé de ces métaux, alliage, oxyde, carbure. Toutes sortes de difficultés ont fait renoncer aux dispositifs où la matière fissile serait fluide (solution aqueuse, alliages fusibles, sels fondus). La réaction en chaîne provoque la rupture des noyaux sensibles : les produits de l'explosion du noyau sont freinés dans la matière avoisinante et l'échauffent. On a donc affaire à de la chaleur. On ne peut pas espérer mieux parce que les deux fragments ainsi lancés sont orientés au hasard.

Le barreau est la source chaude d'une machine thermique. La seule formule appliquée actuellement conduit à vaporiser de l'eau (si on omet quelques essais de recherche spatiale avec de la vapeur de mercure). La vaporisation est directe dans les piles à eau bouillante. Elle comporte un fluide intermédiaire, eau sous pression, polyphényl, alcalins fondus, gaz carbonique, hélium dans les solutions indirectes. Il y a donc là des problèmes de circulation de fluide et de transfert de la chaleur, qui font assurément partie du thème de la conversion des énergies et qui ont amené de nombreuses études sur les échangeurs, les gaines à ailette, la division du combustible en sous-éléments, etc...

Ces solutions sont lourdes, il est naturel d'en chercher d'autres. On commence ici par penser d'abord aux moteurs atomiques plutôt qu'aux centrales. La diode à césium fournit une approche élégante : la source chaude, c'est-à-dire l'émetteur est constitué directement par le barreau d'uranium. Il se trouve par fortune que le carbone d'uranium, bon combustible

nucléaire, a de très belles qualités d'émetteur. On imagine ainsi un réacteur un peu compact comprenant une cinquantaine de barreaux et donc de diodes. Il reste le problème d'évacuer les basses calories vers l'extérieur. On pourra avoir recours à une circulation de sodium fondu. Il y faudra une pompe. Les bonnes pompes ce sont des pompes mécaniques, si bien que l'honneur des électriciens qui était de ne pas faire appel aux mécaniciens, est compromis.

Si on trouve que la puissance spécifique est trop faible, on imaginera de faire appel à la magnéto-aérodynamique. On opérera en circuit fermé et on remplacera les gaz de post-combustion de la solution originale par des gaz rares — argon, hélium. Il s'agit de milieux plus favorables au maintien et aux mouvements des électrons que l'azote, le gaz carbonique, la tuyère pourra être moins chaude (1.500° peut-être) que celle de la magnéto-aérodynamique à combustion. Voilà le problème des réfractaires allégés. Naturellement, il y aura besoin d'un compresseur pour assurer la circulation des gaz.

La recherche spatiale, du moins ses missions lointaines, acculera les ingénieurs à l'emploi de l'énergie atomique et à des réalisations de ce genre. Il est en effet problématique qu'une machine à vapeur puisse fonctionner correctement en état d'apesanteur. Je n'énumérerai pas les difficultés évidentes que présenteraient les solutions concurrentes, leurs infinies complications que je vous laisse le soin d'imaginer. Ces complications font qu'il m'apparaît que le mode de conversion dont l'espace fera emploi n'est peut-être pas identifié à l'heure actuelle. Je n'ai pensé ici qu'à l'énergie de servitude et je laisse de côté, conformément aux déclarations de l'introduction, le problème de la fusée atomique.

Quand on dispose de combustibles, la conversion est encore plus directe si on consomme directement combustible et comburant dans une pile à combustible sans passer par l'intermédiaire de la chaleur. Je n'insisterai pas longtemps

sur ce sujet qui sera traité dans la dernière conférence de cette série. Je voudrais seulement signaler aujourd'hui la difficulté et l'intérêt du problème crucial qui est constitué par les échanges qui doivent se produire à la rencontre de trois phases, l'électrode, l'électrolyte et le combustible (ou le comburant), dont les deux premières au moins ne sont pas homogènes. Peut-être parviendra-t-on à y voir clair en mettant en œuvre des géométries particulièrement simples et en développant, parce qu'alors les courants observables seront peu intenses, des moyens de micro-observation. De toute manière, l'électrode qui doit présenter une grande surface utile est granulaire, poreuse. Les problèmes de la pile à combustible rejoignent ceux de la catalyse. Au vu des résultats acquis, il n'est pas évident que le meilleur catalyseur fournisse les meilleures électrodes. J'avoue ne pas être assez compétent pour savoir s'il y a là simplement une affaire de technologie ou si le principal facteur est dans la nature des choses. En fait de combustible, on essaie d'abord l'hydrogène. Des combustibles solubles dans l'électrolyte comme l'hydrazine ont aussi un grand intérêt. L'I.F.P. s'est fait le protagoniste des composés organiques et M^{me} Bloch vous parlera des belles promesses apportées par le méthanol. Mais le rêve des spécialistes est de s'attaquer aussi à des hydrocarbures, le propane par exemple.

Le comité de conversion des énergies n'a pas limité son action à la production d'électricité. La production de la lumière a aussi retenu son attention.

Je n'insisterai pas aujourd'hui sur toute une série de phénomènes de luminescence, mais je voudrais dire un mot des masers optiques ou des lasers. On sait que dans ces engins, une énergie excitatrice porte les atomes sur un niveau d'énergie susceptible de rayonner et que cette énergie est émise en un temps relativement court par le processus de l'émission stimulée. Ce phénomène relève de l'électronique quantique et donc, vu sous l'angle de la D.G.

R.S.T., tout d'abord d'un autre comité, qui est le comité de l'électronique. Toutefois, on peut admettre que, si on laisse de côté les principes et si l'on s'oriente vers des décharges lumineuses de haute intensité, on peut admettre, dis-je, que l'on se trouve sur le domaine de la conversion des énergies, ce qui m'autorise à en parler : les énergies emmagasinées sont de l'ordre de quelques joules, mais les décharges sont si brèves que les puissances dépassent largement le mégawatt. De plus, grâce à des lentilles, l'énergie peut être extrêmement concentrée et les champs électriques de l'onde lumineuse peuvent dépasser 10^7 volts cm^{-1} . Les effets thermiques et optiques prévisibles sur des substances absorbantes doivent être extrêmement violents et c'est ce qu'on commence à mettre en évidence en choisissant des cibles adoptées aux caractéristiques de l'énergie disponible. On prévoit de nouveaux procédés de soudure, d'usinage.

Ayant ainsi attiré votre attention sur un certain nombre de progrès possibles des Arts physiques, il me reste à conclure.

On a vu l'initiative de l'Etat, on voit aussi ses responsabilités. L'Etat, dans cette affaire, c'est un certain nombre de personnes qu'on a réunies sans doute en raison de leur expérience passée. Ainsi concrétisé, il ne peut prétendre à l'omnicompétence ni à l'infailibilité. Il ne peut agir en toute certitude et il est obligé, ce qui lui est plus facile qu'à d'autres, de prendre des risques. On voudra bien ne pas oublier que les grandes découvertes, ou du moins les grandes trouvailles, ne se font pas dans les commissions, mais dans les laboratoires. Ces grands succès ne sont pas prévisibles et les bureaucrates ne peuvent guère qu'assurer le climat favorable.

Il faut reconnaître que beaucoup de thèmes que nous avons encouragés ne situent pas leur lieu de naissance en France et que nous avons été généralement précédés en d'autres pays, notamment, il va sans dire, aux Etats-Unis. La situation n'est pas désespérée, néan-

moins, si on admet que, compte tenu évidemment des informations qui nous parviennent, ce qui est beaucoup, une dépense qui peut être le dixième de la dépense américaine nous permet de faire figure honorable. Les colloques internes que nous avons tenus pour faire le point entre nos contractants sur le résultat de leurs travaux sont très réconfortants.

Le comité de conversion des énergies est périssable, son existence est liée au IV^e Plan et rien ne permet d'affirmer officiellement qu'il survivra, s'il sera modifié ou si une autre organisation lui sera substituée. Sous une forme ou sous une autre, il faut souhaiter que l'effort soit poursuivi, effort dont il est juste de dire qu'il n'avait pas attendu le IV^e Plan pour débiter dans les laboratoires — il faut d'ailleurs évoquer ici le rôle créa-

teur du C.A.S.D.N. et de la commission des hautes températures du C.N.R.S. et l'action parallèle de l'E.D.F. et du C.E.A. Quoi qu'il en soit, les travaux du IV^e Plan ont permis dès aujourd'hui d'amener au stade du développement un certain nombre de matériels, thermo-éléments, climatiseurs, photopiles, piles à l'hydrogène ou au méthanol, ils ont permis à des ingénieurs et des physiciens de s'initier, de se former aux problèmes de la conversion et d'avoir sur la nature des choses des vues originales. A cet égard peut-être pourrait-on penser que la rupture inévitable d'un plan à l'autre est un vice du système : ce n'est pas tout à fait mon opinion, il est nécessaire de faire le point de temps à autre et c'est un peu ce que j'ai voulu faire ce soir, à l'intention du public spécialisé en attendant d'aborder les organismes officiels.

II

Les Masers optiques à cristaux et leurs applications ⁽¹⁾

par M. FRANÇOIS TEISSIER DU CROS,
Examineur des Elèves à l'Ecole Polytechnique

1. INTRODUCTION.

Une source de lumière nouvelle, le « laser », a été inventée récemment aux Etats-Unis. On l'appelle aussi maser optique, le principe de son fonctionnement étant semblable à celui des masers hertziens. Les noms de laser, et maser, sont formés des initiales de phrases anglaises qui signifient : amplificateur de lumière, ou amplificateur moléculaire, par émission stimulée ; en effet, ces appareils peuvent servir d'amplificateurs. La lumière du laser a des propriétés remarquables, qui font prévoir des applications utiles.

De nombreux laboratoires, publics ou privés, se consacrent à son étude à la suite de ceux de la Bell Telephone C°, de la Hughes Aircraft C° et de la Société I.B.M., qui furent les promoteurs. Les firmes qui fabriquent ces instruments,

ou leurs pièces détachées, atteignent déjà le nombre de quatre cents aux Etats-Unis.

Le laser se compose essentiellement (fig. 1) d'une paire de miroirs parallèles, dans l'intervalle desquels se trouve un milieu fluorescent, à faible densité optique. Ce milieu quasi-transparent est un gaz raréfié ou un cristal, qui renferme une impureté chimique appropriée : les atomes « actifs ». On excite la fluorescence par un procédé quelconque, ce qui demande toujours une source d'énergie extérieure (sur la figure, c'est une lampe flash).

En faisant varier la puissance de cette dernière, on constate l'existence d'un niveau critique ou « seuil d'excitation », au-dessous duquel l'émission fluorescente est banale, tandis qu'il apparaît

(1) Conférence faite le 6 décembre 1962 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

un phénomène lumineux d'espèce nouvelle, dès que ce niveau est dépassé. Le phénomène consiste dans un train d'ondes planes, qui chemine d'un miroir à l'autre et accumule, grâce à l'émission stimulée, une énergie de plus en plus grande. Il est si rapide qu'il a l'allure d'une explosion lumineuse. Si l'un des miroirs est semi-transparent, il laisse filtrer cette lumière, sous la forme d'un faisceau quasi-parallèle très intense.

auparavant. T. H. Maiman obtint pour la première fois cette émission de lumière en 1960. Il utilisait un cristal de rubis artificiel, illuminé par un tube-flash. Les lasers à rubis sont encore, à l'heure actuelle, les plus répandus. Ils fournissent des éclats de lumière rouge, dont la puissance de crête est très élevée.

Le premier laser à gaz fut celui de Javan, Bennett et Herriott, en 1961. Cet

SECTION d'un LASER à CRISTAL

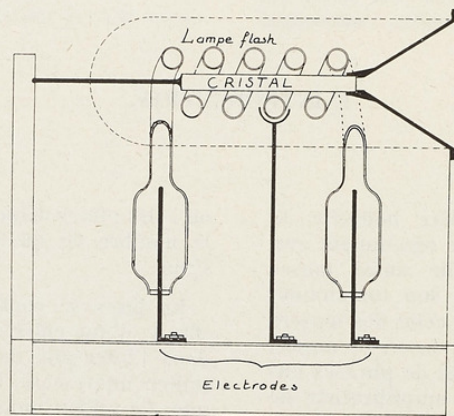


Fig: 1

Les faces réfléchissantes
qui se trouvent aux deux extrémités du cristal ne sont pas figurées.

L'histoire des masers optiques est récente : en 1958, Schawlow et Townes exposaient, dans la *Physical Review*, les arguments qui permettaient de prévoir la génération de lumière visible et infra-rouge selon le principe du maser hertzien, réalisé aux U.S.A. quelques années

après. L'appareil, où le milieu fluorescent est un mélange d'hélium et de néon, fournit une émission continue, infra-rouge, de puissance peu élevée, mais d'un caractère extraordinairement monochromatique. Plusieurs mélanges de gaz actifs ont été découverts depuis.

Je parlerai surtout des lasers à cristaux, dont il existe maintenant des types nombreux. Le dernier-né est le laser à

jonction, dispositif de conception française, qui vient de fonctionner pour la première fois aux U.S.A.

2. L'EMISSION STIMULEE.

L'émission stimulée découle de la quantification de la lumière et de la règle du bilan détaillé des réactions atomiques ; son principe est connu depuis un demi-siècle.

Cependant, le phénomène n'est pas banal ; il mérite quelques explications, et tout d'abord un retour en arrière.

On sait, depuis Planck et Einstein, que l'énergie lumineuse est formée de quanta. Cette propriété vaut également dans le cas des autres radiations électromagnétiques non visibles, comme les radiations hertziennes. Les grains de lumière, qu'on appelle *photons*, ne contiennent pas seulement un quantum d'énergie, ils ont une quantité de mouvement et une polarisation déterminées. Le photon est caractérisé au moyen de deux vecteurs : le premier dépend de la longueur d'onde λ , c'est le vecteur d'onde, qui a la direction de la quantité de mouvement et la longueur λ^{-1} . L'autre est le vecteur de polarisation. Le photon n'a pas tous les attributs d'un objet physique ordinaire ; notamment, il ne possède ni volume, ni forme, ni position précise. On peut avoir, temporairement, un seul photon dans deux faisceaux séparés.

Les propriétés macroscopiques du champ lumineux sont décrites au moyen des ondes électromagnétiques transversales bien connues. Comment les photons se marient-ils avec elles ? La question a donné lieu à de nombreux débats, sans être encore tranchée, mais les raisonnements probabilistes qui furent à l'origine de la Mécanique ondulatoire

restent confirmés. Une portion limitée de l'espace (d'ailleurs aussi vaste qu'on voudra) forme un résonateur où des ondes peuvent être entretenues. Les ondes électromagnétiques stationnaires, susceptibles d'y exister en l'absence de pertes, s'appellent *modes d'oscillation de la cavité*. Le milieu oscillant est le vide, ou la matière transparente qui emplit la cavité. L'onde qui possède la fréquence minima est le mode fondamental ; il existe une série d'autres modes et chacun d'eux est caractérisé par sa direction, sa phase, sa fréquence, sa polarisation.

Or, l'amplitude d'une onde électromagnétique qui va et vient dans la cavité précédente peut être développée en série de Fourier, en prenant pour composantes les amplitudes des modes en question. Pour la Mécanique ondulatoire, cette décomposition a un sens plus profond que celui d'une simple approximation mathématique. L'onde est physiquement équivalente à la superposition d'oscillations conformes aux divers modes, chaque mode étant occupé, avec une certaine probabilité, par des photons non discernables entre eux. Si leur nombre est n dans un mode de fréquence ν , et si h désigne la constante de Planck, l'énergie électromagnétique résidant

dans ce mode vaut $(n + \frac{1}{2})h\nu$ et l'énergie totale de l'onde en mouvement dans la cavité est la somme pondérée de termes semblables (n s'appelle le nombre d'occupation du mode ou la multiplicité du photon correspondant). Il est remarquable que la dimension et la forme de la

cavité ne jouent aucun rôle dans l'expression de l'énergie d'un mode. Ce résultat de la théorie est venu expliquer *a posteriori* la loi fondamentale d'Einstein, d'après laquelle l'énergie qu'une molécule acquiert en absorbant la radiation de fréquence ν , ou perd lors de l'émission de cette fréquence, vaut $h\nu$ multiplié par un entier. La loi est une simple conséquence de la conservation de l'énergie, et l'entier en question n'est autre que la différence δn entre les valeurs des nombres d'occupation du mode correspondant, dans l'état d'oscillation électromagnétique qui fait suite à la réaction et dans celui qui précède.

Une cavité renferme habituellement des modes non excités pour lesquels n vaut zéro, et des modes excités avec $n \geq 1$. Quand ses parois atteignent l'équilibre radiatif, à la température absolue T , la distribution des entiers $n_1, n_2, n_3 \dots$ relatifs aux modes d'oscillation (rangés dans l'ordre des fréquences croissantes), est fournie par une loi statistique, due à Bose et Einstein. On en déduit l'expression de la densité d'énergie du « corps noir » $\varphi(\nu)$ dans la bande de fréquence unité, ou plus exactement sa valeur probable :

$$(1) \quad \varphi(\nu) = \frac{8\pi h\nu^3 c^{-3}}{e^{h\nu/kT} - 1}.$$

Les raisonnements du type statistique ignorent la position de chaque photon ; ils rendent compte néanmoins des phénomènes de diffraction ou d'interférence, les nœuds de vibration, où l'amplitude de l'onde est nulle, étant des régions où l'énergie lumineuse ne se manifeste pas. Dans une cavité résonnante hertzienne, ou le long d'une antenne oscillant sur le mode fondamental, la vibration est provoquée sélectivement par résonance. L'énergie $h\nu$ correspondante est très petite, de sorte que l'onde produite dans les conditions usuelles renferme de nombreux photons (nombre n élevé). L'émission consiste en paquets d'onde renfermant beaucoup de photons de même

phase, les divers paquets ayant des fréquences très voisines. Un tel groupe de photons est dit cohérent. Il se réfléchit ou se réfracte dans l'espace en conservant cette propriété. Quand il interfère avec un autre paquet, il fournit des battements, familiers aux radioélectriciens.

La lumière émise par les sources ordinaires, solides incandescents ou tubes à décharge, a une composition assez différente. Ici l'excitation est d'origine thermique et le spectre de fréquences est étendu. Lorsqu'on calcule la répartition des quanta lumineux produits par une telle source, on trouve que la probabilité d'excitation d'un mode quelconque (probabilité que l'entier n soit > 0) est petite à toute longueur d'onde ; en outre, l'entier n vaut 1 dans l'immense majorité des cas où il n'est pas nul. Les photons multiples ($n > 1$) sont donc rarissimes, on ne les a jamais mis en évidence. Quand la lumière provenant d'une source ordinaire est divisée en deux faisceaux qui viennent recouvrir une aire, les modes différents doivent engendrer des battements, ceux-ci ont une fréquence trop élevée pour être enregistrés. Les seules relations de phase durables sont celles qui existent dans un même mode, entre deux fractions du paquet d'onde accompagnant le même photon. Elles engendrent les franges d'interférence que l'on connaît.

L'émission du laser possède au contraire des caractères qui la rapprochent de celle d'un résonateur hertzien :

- abondance de photons multiples,
- spectre d'émission si étroit que les battements entre radiations composantes sont enregistrables.

Ces deux propriétés, qui sont indépendantes l'une de l'autre, permettent des phénomènes d'interférence beaucoup plus étendus qu'avec les sources lumineuses ordinaires. Leur origine commune est l'émission stimulée. L'expérience fictive décrite ci-dessous fera comprendre la nature du phénomène.

Une source de gaz incandescent S (fig. 2) donne un faisceau qui va traverser un réservoir G transparent, contenant le même gaz froid.

A l'aide d'un miroir M , on renvoie à travers G la lumière qui en vient. Un

spectroscope permet d'analyser la composition du faisceau. Sa fente d'entrée est placée successivement devant G , puis derrière G , face à la source, enfin dans la 3^e position figurée sur le dessin. On observe successivement les diagram-

*Emission stimulée de lumière
(Expérience fictive)*

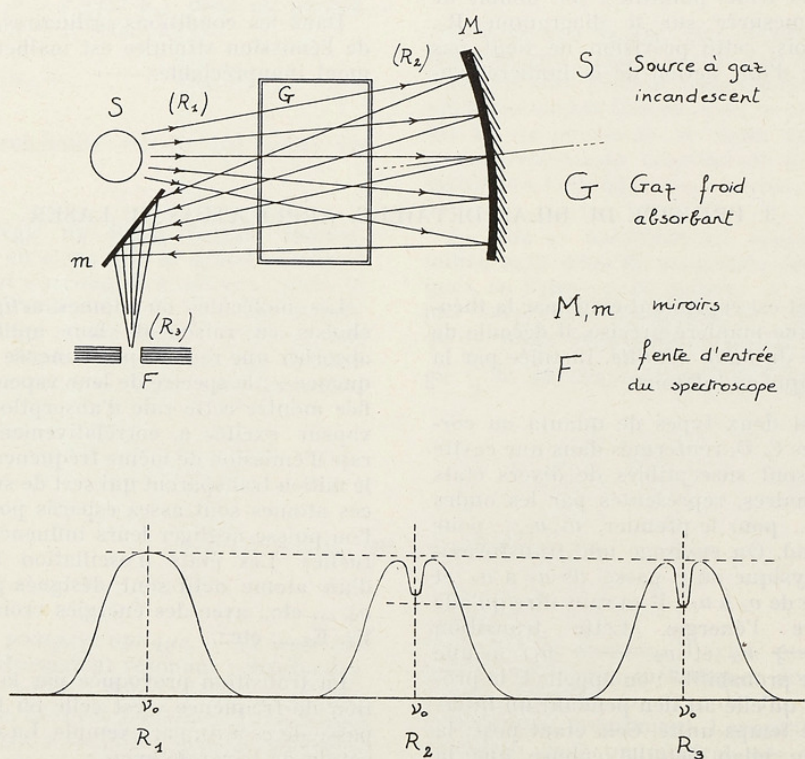


Fig: 2

mes R_1 , R_2 , R_3 . Le premier montre une raie d'émission de la source, de fréquence moyenne ν_0 . C'est une raie large en raison de la température élevée du gaz émetteur. R_2 montre le phénomène appelé inversion ; c'est une dépression de la raie due à l'absorption de lumière par le gaz froid contenu dans G, qui occupe un intervalle de fréquences étroit au voisinage de ν_0 . Le troisième diagramme montre le même phénomène, mais plus accentué. Comme le faisceau de lumière a traversé deux fois l'épaisseur de G, on s'attend que l'aire de la partie déprimée de R_3 , comprise entre les deux traits pointillés, soit double de l'aire mesurée sur le diagramme R_2 . Toutefois, cette prévision ne tient pas compte d'une action de la lumière ren-

voyée, sur les atomes qui ont absorbé une fraction du faisceau entrant.

L'émission stimulée est précisément une action de ce genre : la lumière réfléchie sur M revient parmi les atomes excités du gaz, avant qu'ils n'aient tous rayonné leur énergie. Les photons qui la composent désexcitent ces atomes au passage et doublent leur énergie lumineuse. En somme, la lumière reprend sur le chemin du retour une partie de l'énergie cédée à l'aller. Il en résulte que l'aire d'absorption sur R_3 doit être moindre que le double de l'aire sur R_2 .

Dans les conditions ordinaires, l'effet de l'émission stimulée est malheureusement inappréciable.

3. PRINCIPE DU BILAN DETAILLE, APPLICATION AU LASER

L'effet est cependant exigé par la théorie. D'une manière précise, il découle de la règle du *bilan détaillé*, justifiée par la mécanique ondulatoire.

Soient deux types de quanta ou corpuscules C, D, renfermés dans une cavité où ils sont susceptibles de divers états stationnaires, représentés par les ondes $u_1, u_2, \dots$ pour le premier, $v_1, v_2, \dots$ pour le second. On envisage une transformation physique où C passe de u_1 à u_2 et D passe de v_2 à v_1 ; il va sans dire qu'elle conserve l'énergie. Cette transition ($u_1 \longrightarrow u_2$ et $v_2 \longrightarrow v_1$) a une certaine probabilité : on appelle P la probabilité qu'elle ait lieu pendant un intervalle de temps unité. Cela étant posé, la règle du bilan détaillé énonce que la transformation inverse (conditions initiales u_2 et v_1 , finales u_1 et v_2) est physiquement possible et que sa probabilité P' a la même valeur que la probabilité P, pour un intervalle de temps égal.

Le *fonctionnement du laser* est alors facile à comprendre.

Les molécules ou atomes *actifs* sont choisis en raison de leur aptitude à absorber une radiation lumineuse de fréquence ν : le spectre de leur vapeur raréfiée montre cette raie d'absorption et la vapeur excitée a, corrélativement, une raie d'émission de même fréquence. Dans le milieu transparent qui sert de support, ces atomes sont assez espacés pour que l'on puisse négliger leurs influences mutuelles. Les états d'oscillation interne d'un atome actif sont désignés par $\nu_1, \nu_2, \dots$, etc., avec des énergies croissantes $E_1, E_2, \dots$, etc...

La transition provoquée par la radiation de fréquence ν est celle où l'atome passe de ν_1 à ν_2 , par exemple. La conservation de l'énergie exige :

$$(2) \quad E_2 - E_1 = h\nu.$$

Les dimensions de la cavité sont d'ailleurs telles qu'elle puisse entretenir un mode de fréquence ν . Ce mode résonant a une direction, une phase et une polarisation bien déterminées.

Soit n l'ordre d'un photon appartenant à ce mode, l'état d'oscillation correspondant est désigné par u_n . Le photon peut être absorbé par un des atomes. Le cas $n=1$ donne lieu à l'absorption complète ; dans les autres cas, l'absorption fait diminuer n d'une unité.

On appelle B_1 la probabilité par unité de temps du processus d'absorption :

$$(A_1) \quad [u_1, v_1] \longrightarrow [u_0, v_2]$$

De même, l'absorption transforme un photon $n > 1$ (état u_n) dans un photon d'ordre $n-1$, (état u_{n-1}) :

$$(A_n) \quad [u_n, v_1] \longrightarrow [u_{n-1}, v_2]$$

Sa probabilité est B_n par unité de temps.

La règle du bilan détaillé énonce, comme on a vu, que la dernière transition peut s'accomplir à rebours. Alors, le photon d'ordre $(n-1)$ devient, en présence d'un atome excité, (état v_2), un photon d'ordre n , pendant que l'atome revient à l'état v_1 . Cette transformation

est un cas d'émission stimulée. On notera que le photon supplémentaire appartient toujours au mode considéré au début ; il a nécessairement sa direction, sa fréquence, sa polarisation et sa phase.

Toujours en vertu du bilan détaillé, les processus (A_n) ont une probabilité égale à celle des processus inverses. En particulier, l'inverse de (A_1) consiste dans l'émission de lumière par un atome excité placé dans l'obscurité ($n=0$). Il s'écrit :

$$(A'_1) \quad [u_0, v_2] \longrightarrow [u_1, v_1]$$

Cela permet de dire, par extension de langage, que l'atome excité, mis en présence de zéro photon appartenant à un mode résonnant, fournit, avec la probabilité B_1 , un photon de ce mode. Tous les modes résonnants contribuent de cette manière à l'émission fluorescente.

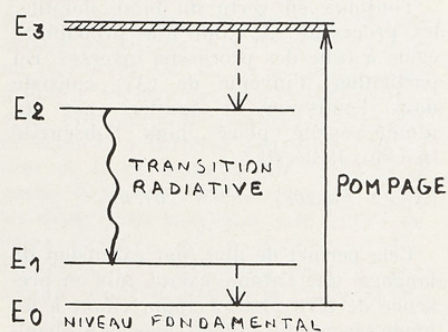
Le vide se manifeste ici comme un milieu actif doué de propriétés énergétiques, en l'absence de lumière, et ce n'est pas surprenant lorsqu'on se souvient qu'un mode non excité possède l'énergie $\frac{1}{2} h\nu$ qui correspond à sa fréquence.

4. LE SEUIL DE L'EFFET LASER

a) *Le pompage optique.* — Le laser est un transformateur résonant : chacun des atomes actifs, doté d'une provision d'énergie, est prêt à la céder à l'onde qui le traverse, à condition que la fréquence de cette dernière coïncide avec l'une de celles que l'atome peut émettre. Les radiations utilisables correspondent à une raie de fluorescence de l'atome excité. En particulier, la fluorescence visible se constate fréquemment dans le cas d'atomes isolés dont une couche électronique est incomplète, sans comp-

ter la couche externe. Il existe plusieurs familles d'atomes métalliques doués de cette propriété : la série du fer, et les terres rares, notamment. Lorsqu'ils sont combinés dans un minéral, ces atomes se trouvent à l'état d'ions, privés des électrons de leur couche externe. Les différences de niveau énergétique entre les états de tels ions peuvent être gravies par des transitions radiatives, des types $A_1, A'_1, \dots$, etc. ci-dessus. Il existe également un second mécanisme appelé non radiatif, où le solde d'énergie se

transforme en chaleur dans le cristal. Le schéma ci-dessous montre, à titre d'exemple, le schéma des niveaux d'énergie d'un ion de terre rare, l'Europium trivalent :



Parmi les niveaux de cet élément, on en a représenté quatre, qui sont :

- E_0 , niveau fondamental ;
- E_1, E_2, E_3 , niveaux excités.

Pendant le fonctionnement du laser, l'ion envisagé parcourt successivement les quatre états correspondants. On dit que le laser a *quatre niveaux*.

À l'obscurité, les ions se trouvent dans l'état fondamental. La lumière blanche du tube à décharge est absorbée dans la région spectrale qui produit la transition $E_0 \longrightarrow E_3$. Ce mode d'excitation s'appelle *pompage optique*. Un ion qui a atteint le niveau E_3 peut se désexciter de deux manières : retour à E_0 (radiatif) ou chute au niveau E_2 (non radiative). Cette chute ayant la probabilité la plus forte, la majorité des ions excités parvient au niveau E_2 . Ensuite, leur désexcitation a lieu vers E_1 de manière radiative (flèche sinuée). L'émission de lumière correspondante est du genre de la phosphorescence, avec une raie spectrale très étroite. C'est cette radiation qui engendre la lumière « laser ». Enfin, l'ion revient rapidement du niveau E_1 au fondamental par un mécanisme non radiatif (les

mécanismes non radiatifs sont figurés par des flèches pointillées).

La position des niveaux énergétiques dépend de l'ion choisi. L'ion chrome, par exemple, met seulement en jeu trois niveaux. En outre, le schéma dépend, dans une certaine mesure, du choix du cristal hôte, quoique l'influence de ce dernier soit minime avec les ions de terres rares.

Examinons seulement un mécanisme simplifié, où il existerait deux niveaux E_1 et E_2 , les transitions entre ceux-ci étant purement radiatives. A un instant donné, un centimètre cube du cristal renferme N_1 ions dans l'état d'énergie E_1 , et N_2 dans celui dont l'énergie est E_2 ; N_1 et N_2 s'appellent *les populations* des deux niveaux. Compte tenu de la relation (2), le rapport d'équilibre des populations vaut, à la température T et dans le champ radiatif dont la densité est donnée par la formule (1) :

$$(3) \quad \frac{N_2}{N_1} = e^{\frac{-h\nu}{kT}}, \quad (k \text{ étant la constante de Boltzmann}).$$

Mais l'intervalle des miroirs du laser forme une cavité résonante imparfaite, où les ondes stationnaires s'amortissent pour les causes suivantes :

- traversée de la couche semi-transparente antérieure ;
- pertes à la réflexion sur le miroir postérieur ;
- pertes latérales (diffusion et diffraction).

Par suite, chaque mode d'oscillation a un décrement d'amplitude.

Si τ est la constante de temps correspondante, l'intensité décroît suivant la loi :

$$(4) \quad I(t) = I_0 e^{\frac{-t}{\tau}}.$$

On va examiner une famille de modes voisins, dont les fréquences occupent une bande $\delta\nu$, petite par rapport à la largeur $\Delta\nu$ de la raie d'absorption, $E_1 \rightarrow E_2$, et dont les vecteurs d'onde se trouvent dans un petit angle solide ω . Le nombre m des modes considérés s'obtient en comptant les vecteurs d'ondes stationnaires dans l'intervalle des miroirs et, multipliant par deux (nombre des états de polarisation), on a ainsi :

$$m = 2\omega c^{-3} \nu^2 \delta\nu,$$

modes par cm^3 de cristal, si l'indice de réfraction est pris égal à l'unité. Parmi eux, on compte à un instant :

p_0 modes non excités ;

p_1 modes occupés par un photon d'ordre 1 ;

p_k modes occupés par un photon d'ordre k , ..., etc.

Ces nombres inconnus dépendent de t , et satisfont constamment :

$$p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_k + \dots = m.$$

Il reste à étudier leurs variations en présence des populations N_1 et N_2 d'ions actifs.

b) *Cinétique de la transformation.* — Les probabilités $B_1, B_2, \dots$ des processus $A_1, A'_1, A_2, \dots$, etc. ci-dessus peuvent être évaluées par la mécanique ondulatoire et le calcul fournit un résultat simple : la

probabilité d'absorption d'un photon d'ordre k par un ion non excité vaut k fois la probabilité relative au photon simple. Désignons cette dernière probabilité d'absorption par β , on peut écrire par conséquent :

$$(5) \quad B_k = k\beta.$$

On verra comment β est relié à des grandeurs mesurables. Nous ferons successivement le bilan de l'énergie lumineuse et celui des populations d'ions. Celle des niveaux inactifs est négligée pour simplifier, et le calcul vise seulement les échanges entre le niveau inférieur E_1 et le niveau supérieur E_2 .

Les causes d'amortissement citées à propos de la formule (4) provoquent une diminution relative de $\frac{1}{\tau}$ par seconde, pour chacun des nombres $p_1, p_2, \dots$, de sorte que p_0 augmente de :

$$\frac{1}{\tau} (p_1 + p_2 + \dots).$$

En outre, chaque seconde, le processus A_1 (absorption de photons d'ordre 1) diminue p_1 de $\beta p_1 N_1$ et accroît p_0 d'autant ; le processus inverse A'_1 accroît p_1 de $\beta p_0 N_2$ et réduit p_0 d'autant. De même, les variations concomitantes de p_1 et p_2 proviennent de photons d'ordre 2, créés au nombre de $2\beta p_1 N_2$, et détruits au nombre de $2\beta p_2 N_1$, ..., etc.

Les équations de transfert s'écrivent ainsi :

$$(6 \ a) \quad \frac{dp_0}{dt} = \beta(p_1 N_1 - p_0 N_2) + \frac{1}{\tau} (p_1 + p_2 + \dots), \quad \text{pour } k = 0,$$

$$(6 \ b) \quad \frac{dp_k}{dt} = k\beta(p_{k-1} N_2 - p_k N_1) - (k+1)\beta(p_k N_2 - p_{k+1} N_1) - \frac{1}{\tau} p_k, \quad \text{pour } k \geq 1.$$

Les deux membres donnent visiblement une somme nulle pour :

$$k = 0, 1, 2, \dots, \text{etc.}$$

La densité d'énergie lumineuse, qui se trouve à l'instant t dans les modes envisagés, vaut :

$$(6 \ c) \quad W = h\nu y; \quad \text{avec :}$$

$$y = \sum_{k=1}^{\infty} k p_k.$$

Sa dérivée est donnée par :

$$\frac{dW}{dt} = h\nu \frac{dy}{dt},$$

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{y}{\tau} + \beta \sum k^2 N_2 p_{k-1} - k^2 (N_1 + N_2) p_k - k N_2 p_k + k(k+1) N_1 p_{k+1}.$$

On introduit la quantité $z = \sum k^2 p_k$ et note que :

$$\begin{aligned} \sum (k-1)^2 p_{k-1} &= z; \\ \sum (k+1)^2 p_{k+1} &= z - p_1. \end{aligned}$$

Simplifications faites, il reste :

$$(7) \quad \frac{dy}{dt} + \frac{1}{\tau} y = \beta m N_2 + \beta (N_2 - N_1) y.$$

C'est une équation différentielle relative à la fonction inconnue $y(t)$, qui mesure la densité d'énergie lumineuse.

Cependant, les populations N_1 et N_2 varient également. Par exemple, le transfert de photons entre deux ordres consécutifs $(k-1)$ et k fait varier N_2 de $(-k\beta p_{k-1} N_2 + k\beta p_k N_1) dt$, dans l'intervalle de temps dt .

Du reste, la famille de modes envisagée n'est pas la seule qui prenne part à ces échanges. On doit faire intervenir tous les modes susceptibles d'agir sur les ions et, pour cela, subdiviser la bande d'absorption $\Delta\nu$ en un nombre suffisant d'intervalles égaux à $\delta\nu$. Les vecteurs d'onde utiles ont leurs extrémités dans un certain nombre de cellules, constituant une couche sphérique. Elles seront numérotées au moyen d'un indice l , prenant les valeurs 1, 2, 3 ..., le nombre de modes dont le vecteur d'onde appartient à la cellule l est désigné par m_l ; il est égal à tout instant à la somme

$$m_l = p_0^l + p_1^l + \dots + p_j^l + \dots$$

où p_j^l représente le nombre de modes occupés par des photons d'ordre j dans la cellule l . Ces p_j^l satisfont des équations semblables à (6) (remplacer p_k par p_k^l). On posera comme tout à l'heure :

$$y_l = \sum_k k p_k^l$$

$$Y = \sum_l y_l.$$

Ainsi Y est le nombre total des photons qui participent aux échanges, à un instant donné, par unité de volume du cristal, lorsque les photons multiples sont comptés pour autant d'unités que leur multiplicité.

En désignant par ν la fréquence moyenne, la densité correspondante d'énergie lumineuse vaut :

$$W = h\nu Y = \varphi \Delta\nu$$

φ étant la densité d'énergie lumineuse par unité de fréquence.

Le décrétement de l'énergie lumineuse et le coefficient d'absorption d'un photon par un ion non excité n'ont pas les mêmes valeurs dans les diverses cellules. On désignera par τ_l le temps de déclin et par β_l le coefficient β relatif à l'absorption de photons de la cellule l .

On peut maintenant former l'équation d'évolution des populations N_1 et N_2 . Comme la somme $N_1 + N_2$ est une constante (égale à la concentration des ions actifs dans le cristal), il suffira d'évaluer

l'une des dérivées, par exemple $\frac{dN_2}{dt}$.

Elle s'obtient en faisant la somme des transferts dus aux diverses cellules et ajoutant l'effet du pompage, qui élève P ions par cm^3 sec. du niveau E_1 au niveau E_2 . L'effet des photons qui occupent la cellule n° l est une variation :

$$(dN_2)_l = \beta_l \left\{ \begin{array}{l} -N_2 p_0^l + N_1 p_1^l - 2N_2 p_1^l + 2N_1 p_2^l + \dots \\ \dots - kN_2 p_{k-1}^l + kN_1 p_k^l + \dots \end{array} \right\}$$

L'effet du pompage est l'accroissement
 $(dN_2)_p = P dt.$

La dérivée cherchée prend, après groupement de termes, l'expression :

$$\frac{dN_2}{dt} = \frac{1}{dt} \{ (dN_2)_p + \sum (dN_2)_l \} = P - N_2 \sum \beta_l m_l + (N_1 - N_2) \sum \beta_l y_l.$$

Au second membre, le premier terme provient du pompage, le second terme provient de l'émission spontanée, le dernier provient du champ radiatif (absorption et émission stimulée). Or, les équations (7) fournissent une condition relative au nombre total de photons Y par cm³, savoir :

$$(9) \quad \frac{dY}{dt} = -\frac{1}{\tau} Y + N_2 \sum \beta_l m_l + (N_2 - N_1) \sum \beta_l y_l.$$

Faisons la somme des équations (8) et (9). Comme $(N_2 + Y)$ représente l'énergie totale que la cavité renferme (en unité $h\nu$) par unité de volume, le résultat

$$\frac{d}{dt} (N_2 + Y) = P - \frac{1}{\tau} Y$$

signifie que l'énergie totale varie d'une quantité égale à celle que fait entrer le pompage, diminuée de celle qui quitte la cavité.

Le cas de l'équilibre thermique conduit à une autre vérification intéressante. En l'absence de pertes et de pompage, l'annulation de toutes les dérivées précédentes fournit pour chaque cellule l :

$$\frac{p_0^l}{p_1^l} = \frac{p_1^l}{p_2^l} = \dots = \frac{p_{k-1}^l}{p_k^l} = \dots = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{\alpha}$$

La température absolue étant T , on obtient α par la relation (3), d'où :

$$p_0^l = (1 - \alpha) m_l ; y_l = \frac{\alpha}{1 - \alpha} m_l.$$

L'addition des densités d'énergies $W_l = h\nu y_l$, relatives aux cellules d'une bande de fréquence unité, fournit la densité d'énergie radiative φ correspondante, la somme des m_l est le nombre des modes dans cette bande ; on retrouve la formule (1) de Planck.

c) *Condition d'amplification.* — Les échanges d'énergie entre ions et champ radiatif, régis par l'équation (8) complétée par les équations déjà vues des modes de la famille l (voir (7)).

$$(10) \quad \frac{dy_l}{dt} = \beta_l m_l N_2 + [(N_2 - N_1)\beta_l - \tau_l^{-1}] y_l$$

peuvent engendrer une émission de caractère oscillant ou pulsatoire. Si on examine les solutions pendant un temps assez court pour que N_1 et N_2 varient peu, on aperçoit deux régimes selon le signe de :

$$a_l = (N_2 - N_1)\beta_l - \tau_l^{-1}.$$

En effet, l'intégrale de (10) renferme un terme exponentiel en $e^{a_l t}$. Si a_l est négatif, l'intensité lumineuse des modes envisagés tend vers une valeur d'équilibre ; si a_l est positif, l'intensité s'amplifie rapidement. La condition d'amplification pour ces modes s'écrit donc :

$$(11) \quad N_2 - N_1 > \frac{1}{\beta_l \tau_l}$$

Lorsque le pompage donne à N_2 des valeurs de plus en plus grandes, la condition ne peut être satisfaite avant l'instant où le niveau supérieur devient « plus peuplé » que l'autre, c'est-à-dire que $N_2 > N_1$. Lorsque cette « inversion des populations » est établie, la condition (11) peut être satisfaite pour certains modes et, en premier lieu, ceux chez lesquels $\beta_l \tau_l$ est le plus grand. On va évaluer ce produit.

Dans l'obscurité, l'émission spontanée de lumière par les ions excités suit la loi (8) où P est nul et le 3^e terme négligeable :

$$-\frac{1}{N_2} \frac{dN_2}{dt} = \sum \beta_l m_l.$$

Le nombre total des modes d'oscillation par unité de volume de la cavité dans la bande spectrale d'absorption, de largeur $\Delta\nu$, est :

$$M = \sum m_l.$$

M est calculable. Si, par exemple, l'indice de réfraction du milieu est l'unité,

$M = 8 \pi c^{-3} \nu^2 \Delta\nu$. La valeur moyenne $\bar{\beta}$ de β_l l'est également, car l'égalité ci-dessus fournit :

$$(12) \quad -\frac{1}{N_2} \frac{dN_2}{dt} = M \bar{\beta} = \tau_f^{-1},$$

τ_f étant le temps de déclin observé de la fluorescence.

On connaît la notation d'Einstein :

$$\tau_f^{-1} = A = 8 \pi c^{-3} h \nu^3 B.$$

Ainsi $\bar{\beta}$ se relie au coefficient B d'Einstein par $\bar{\beta} \Delta\nu = B h \nu$.

Pour les modes dont le vecteur de propagation a une direction d donnée, et dont la fréquence est dans

l'intervalle $(\nu - \frac{1}{2} \Delta\nu, \nu + \frac{1}{2} \Delta\nu)$, le décré-

ment de la cavité (ou son facteur de qualité) est sensiblement le même, et τ_l a une valeur déterminée désignée par τ_d . La moyenne correspondante de β_l , indépendante de la direction, est précisément $\bar{\beta}$. En faisant la moyenne sur l'indice l des relations (11), on obtient la condition :

$$\bar{\beta}(N_2 - N_1) > \tau_d^{-1}$$

qui exprime l'amplification de l'un des modes se propageant dans la direction d . Cette condition, suffisante pour l'amorçage de l'amplification, a aussi, d'après la formule (12), l'expression suivante :

$$(13) \quad \tau_f^{-1}(N_2 - N_1) > \tau_d^{-1} M.$$

En fait, τ_d est maximum dans le cas de la propagation perpendiculaire aux miroirs : ce sont les modes longitudinaux qui s'amplifient les premiers et, par suite, fournissent la majeure partie de la lumière émise. L'amplification des oscillations lumineuses a pour effet de rétrécir la bande spectrale ; c'est une autre conséquence des équations d'évolution.

5. PROPRIETES DE LA LUMIERE EMISE

Je citerai les propriétés qui semblent les plus intéressantes du point de vue des applications techniques.

1° Sans avoir besoin d'une optique, le laser émet un faisceau lumineux presque parallèle, axé suivant la perpendiculaire aux miroirs.

2° Son spectre de fréquences comprend une seule raie, et celle-ci est d'une finesse exceptionnelle : on dit parfois que la lumière est « très monochromatique ». Le recours aux mathématiques n'est pas indispensable pour justifier ces qualités.

La *directivité* provient du fait que l'onde amplifiée dans le cristal, lors de la rencontre des molécules qu'elle désexcite, conserve sa direction. Le flux lumineux, issu d'une région fluorescente dans un pinceau de direction quelconque, s'accroît en fonction exponentielle du chemin parcouru dans le milieu excité. Un rayon strictement longitudinal se réfléchirait et s'amplifierait indéfiniment si les miroirs n'avaient aucune transparence, en admettant que l'excitation du milieu soit maintenue.

La faible transparence du miroir antérieur permet à la lumière de sortir après un certain parcours, qui correspond à des dizaines d'allées et venues. Ainsi le gain est maximum dans le cas d'un pinceau longitudinal, il est plus faible pour un pinceau légèrement oblique, émergeant après quelques réflexions seulement. Enfin, la finesse du « lobe » de l'émission est limitée par la diffraction : on sait qu'un faisceau d'ondes planes pa-

rallèles, de longueur λ , se disperse après la traversée d'une ouverture de diamètre

D dans un angle de l'ordre de $\frac{\lambda}{D}$ radians.

Au diamètre de 5 mm, dimension de la face de sortie d'un cristal, cette formule fait correspondre un angle de 1,5 dix-millième pour la lumière rouge. L'ouverture réelle du faisceau qui sort d'un laser à rubis est supérieure à cette valeur théorique, à cause des défauts d'homogénéité des cristaux ; elle est généralement comprise entre un et dix millièmes. La divergence du faisceau des lasers à gaz est par contre égale à la valeur théorique ci-dessus.

La *finesse spectrale* provient de causes analogues. Comparons deux faisceaux longitudinaux doués de fréquences légèrement différentes ν_1 et ν_2 , la première au centre de la courbe spectrale d'absorption, la seconde à mi-hauteur. Le coefficient $\alpha(\nu)$ d'amplification relative d'une onde plane, après parcours de 1 cm dans le milieu excité, est proportionnel à l'ordonnée de cette courbe, on a ainsi $\alpha(\nu_1) = 2 \alpha(\nu_2)$. L'expression du gain de puissance après un parcours de l cm est $e^{\alpha l}$, loi exponentielle qui favorise colossalement la fréquence ν_1 correspondante à l'ordonnée maxima. Il en résulte que la distribution de l'intensité en fonction de la fréquence se resserre à mesure que l'onde progresse dans une raie de plus en plus étroite, centrée sur ν_1 . Dans une expérience récente d'interférométrie à long chemin optique, on a constaté que la largeur de raie $\Delta\nu$, émise par un rubis, était de l'ordre de $10^{-8} \nu_1$.

6. LE LASER A JONCTION

Le dernier venu, parmi les lasers, est d'origine française. On sait qu'un cristal semi-conducteur renferme habituelle-

ment des charges électriques mobiles, du signe négatif (électrons) ou positif (trous). En introduisant des impuretés

convenables, on libère de manière permanente des électrons dans une moitié, dite partie *n*, et des trous dans l'autre, dite partie *p*. La zone intermédiaire entre la partie *n* et la partie *p*, appelée *jonction*, forme un doublet électrique stable. La diode *n-p* ainsi réalisée a des propriétés physiques particulières.

Sa résistance au passage du courant est plus grande dans le sens de *n* à *p* que dans le sens inverse : la diode est donc un redresseur. La lumière infrarouge de longueur convenable, absorbée près de la jonction, excite des électrons qui gagnent la partie *n* et produisent un nombre égal de trous qui vont du côté *p*, élevant le potentiel de ce côté par rapport à l'autre. Or, le phénomène est réversible : une différence de potentiel de même signe produit un courant, qui amène vers la jonction des trous et des électrons, dont la recombinaison produit de la lumière. Le physicien Pierre Aigrain émit, en 1957, l'idée qu'une telle jonction pourrait donner lieu à l'émission stimulée. Les conditions théoriques du fonctionnement d'un laser à jonction ont été élucidées par deux

autres français, MM. M. Bernard et Duraffourg, dans un article publié en 1961 qui fait autorité.

Plusieurs laboratoires se lancèrent à la poursuite du nouveau générateur de lumière. Des conditions favorables sont réunies dans les semi-conducteurs composés d'un métal trivalent et d'un élément pentavalent. La température de fonctionnement doit être très basse. C'est un petit cristal d'arséniure de gallium qui a donné les premiers signes d'émission stimulée aux U.S.A. dans un laboratoire de la General Electric Co. Le cristal débite quelques ampères par cm². La lumière infrarouge prend naissance en un point de la jonction, s'y propage en provoquant la recombinaison des électrons et des trous disponibles, et sort sous la forme d'une nappe plane.

La présence de miroirs est utile, sans être indispensable. Ce type de laser se distingue par une émission de lumière ininterrompue et un rendement énergétique voisin de l'unité. Il a certainement un grand avenir.

APPLICATIONS

CONCENTRATION DE LA LUMIERE.

Les applications des masers optiques commencent à apparaître. Au seuil des réalisations pratiques, ce sont des applications de la concentration de la lumière :

- sur une très petite surface (cautérisation, micro-usinage, soudure),
- ou dans un faisceau étroit dirigé vers un but.

La lumière du laser à rubis est employée en *ophtalmologie* pour cautériser la rétine dans les cas de décollement.

L'énergie est focalisée par le cristallin du patient.

Dans les applications à *l'usinage*, la lumière, concentrée par une lentille, produira son action sur une aire de quelques microns carrés. On a pu, de cette manière, percer aisément une lame de rasoir ou creuser, à la surface d'un solide, un sillon rectiligne, d'un micron de largeur et de profondeur environ.

L'échauffement superficiel permettrait de *souder* de petits éléments métalliques à condition de régler soigneusement le flux d'énergie. Au sujet du rendement de ce moyen de chauffage, on doit distinguer

le rendement lumineux du cristal (rapport entre l'énergie lumineuse qu'il fournit et celle qu'il absorbe), qui dépend du schéma spectral de l'ion générateur (il est de l'ordre de 50 %) et le rendement du système d'excitation dont l'énergie électrique se transforme en lumière absorbée par le cristal. Malheureusement,

la majeure partie de la lumière produite dans le tube à xénon n'est pas absorbée. Le rendement énergétique global d'un laser à rubis est actuellement inférieur à 1 %.

Le tableau ci-après indique les principaux cristaux générateurs. Il est probable qu'on en découvrira d'autres.

	Cristal	Ion activateur	Longueur d'onde (Angström)	Couleur
Excitation par flash	Al ₂ O ₃ (corindon) Verre CaWO ₄	Cr ³⁺ chrome	6 940	Rouge Infrarouge <i>id.</i>
		Nd ³⁺ néodyme	10 600	
		Ho ³⁺ holmium	20 460	
Excitation à débit continu	Al ₂ O ₃ (corindon)	Cr ³⁺ chrome	6 943	Rouge Infrarouge <i>id.</i> <i>id.</i> <i>id.</i> <i>id.</i>
	CaF ₂ (fluorine)	U ³⁺ uranium	{ 22 200	
			{ 25 100	
	CaWO ₄	Nd ³⁺ néodyme	10 600	
	CaF ₂ (fluorine)	Dy ³⁺ dysprosium	23 600	

On a fait des lasers excités par une source de lumière continue, mais leur puissance est basse, de l'ordre de 0,1 watt, à cause de la difficulté d'évacuer les calories perdues. L'excitation discontinue avec des périodes d'arrêt pour le refroidissement est le mode d'utilisation courant.

La réduction des pertes n'est pas le seul problème technique à résoudre. En effet, l'émission de lumière « laser » au cours d'un flash dure de 50 à 500 microsecondes, elle est irrégulière et son débit paraît très difficile à contrôler.

Un premier pas est fait pour discipliner cette émission grâce aux dispositifs qui permettent de produire un éclat de lumière en un moment choisi. Dans un modèle fabriqué en France, appelé *laser déclenché*, le cristal est un rubis, d'axe optique perpendiculaire à l'axe géométrique. Les miroirs sont for-

més de couches multidiélectriques. Admettons que l'un d'eux ait un pouvoir réflecteur r variable. On lui donne une faible valeur pendant la durée du flash. De cette manière, les populations d'ions s'inversent fortement, sans amorçage de l'amplification, parce que τ_d a une faible valeur dans l'éq. (13). Si r est augmenté d'une manière brusque, le seuil de l'amplification étant ramené au-dessous du niveau d'inversion atteint, l'énergie accumulée est déchargée sous la forme d'un éclat lumineux. Avec une durée à mi-hauteur de 0,1 μ s, cet éclat atteint une puissance de crête d'1 MW. L'appareil peut fournir trois éclats à la minute.

Le principe du déclenchement est en réalité plus complexe : la lumière agit différemment sur les ions actifs, selon son plan de polarisation. Ce que l'on règle n'est pas le pouvoir réflecteur d'un miroir, c'est le pouvoir transmissif d'une cellule interposée, qui comprend des

lames polarisantes et utilise le phénomène de Kerr (biréfringence artificielle d'un liquide sous l'effet d'un champ électrique).

Le laser déclenché est parfaitement adapté à la mesure des distances.

MESURE DES DISTANCES.

L'éloignement d'un but est déterminé suivant le principe du radar : on mesure le temps que met la lumière, émise de la station, pour atteindre le but et revenir après réflexion sur lui. L'avantage du laser sur le radar hertzien est la concentration de son faisceau, qui permet le pointé sur un objectif de faible étendue ; c'est aussi la discrétion, si on utilise la lumière infrarouge. Cependant, la lumière est plus fortement absorbée que l'onde centimétrique par l'atmosphère brumeuse et la fumée : le radar est préférable en pareil cas.

La fig. 3 montre le schéma d'un poste de télémétrie, pour la mesure des distances à terre jusqu'à une dizaine de km. La filtration de la lumière laser réfléchie par le but permet aisément d'isoler le signal du « bruit de fond », malgré la forte intensité de celui-ci dans un paysage ensoleillé.

On envisage également l'emploi de la source laser en photographie.

PHOTOGRAPHIE.

Les pulsations, inhérentes à la lumière émise, peuvent être produites à raison de 100.000 par seconde environ. Comme elles sont très brèves (moins de 0,5 μ s), cela permettrait des prises de vue ultrarapides sous un éclairage intense et monochromatique.

Sans aborder les *utilisations scientifiques*, je dirai seulement un mot de l'emploi du laser dans les *télécommunications*. Il s'agit, à dire vrai, d'anticipations qui dépendent de certains progrès préalables : stabilité de l'émission, modulation en amplitude ou fréquence, produc-

tion de radiations infrarouges peu absorbées dans l'atmosphère, etc...

COMMUNICATIONS ET TRANSPORT D'ENERGIE.

La lumière monochromatique du laser serait une onde porteuse idéale pour les télécommunications terrestres, sa fréquence très élevée permettant de la charger, en théorie, d'une grande quantité de messages. Cette application utilisera probablement des lasers à gaz.

La finesse moins grande et la puissance plus élevée des lasers à cristaux les désignent plutôt pour la télécommande des satellites suivant le croquis (fig. 4).

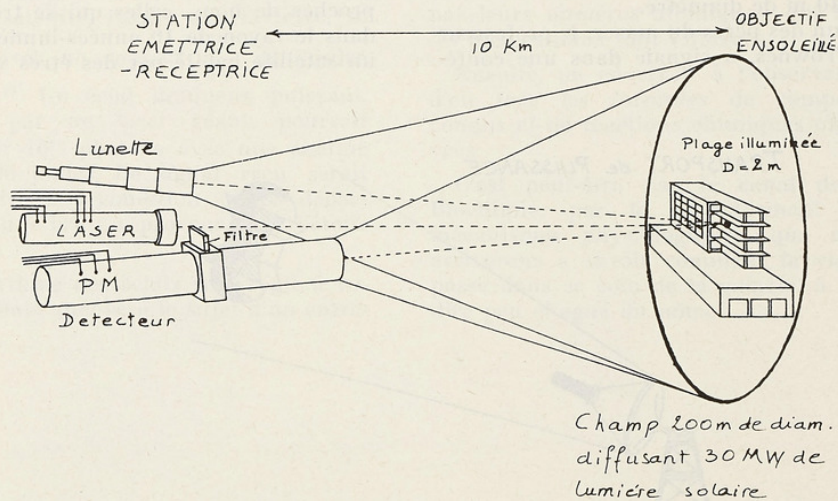
Ce moyen aurait un rendement très supérieur à celui des ondes centimétriques. La distance du satellite est D . L'aire de section droite du faisceau à sa sortie du projecteur est A_e ; la surface utile du réflecteur qui reçoit l'énergie est A_r . Le rapport de la puissance reçue à la puissance émise quand le projecteur est parfait et quand le récepteur se trouve dans le faisceau vaut :

$$\frac{P_r}{P_e} = \frac{A_e A_r}{\lambda^2 D^2}$$

où λ est la longueur d'onde de la radiation employée. Le terme en λ^2 du dénominateur multiplie le rapport par 10^8 , quand la micro-onde est remplacée par la lumière. Si par exemple l'ouverture du faisceau vaut 2 secondes (10^{-5} rad.), la puissance captée à 5 000 km de distance serait de l'ordre du millième de celle qui est émise, à condition que le projecteur soit pointé à une seconde près.

A l'aide d'une lentille et d'un miroir parabolique, on transforme le faisceau, sortant du cristal, en un faisceau dont l'ouverture est réduite dans le rapport f/F des distances focales. L'emploi d'un cristal très régulier avec un grand télescope permettrait peut-être de réaliser un faisceau ayant une ouverture angulaire de 10^{-7} radian. Ce faisceau serait dispersé par les courants aériens s'il était

TELEMETRIE DIURNE AU SOL



CARACTERISTIQUES ADMISES

PROJECTEUR A LASER	{	Cristal débitant 0,5 joule par impulsion ds un angle de 10^{-3} rad.
		Optique ramenant l'ouverture du faisceau laser à $2 \cdot 10^{-4}$ rad.
		Durée de l'impulsion 50 nanosec.
		Puissance lumineuse de crête 10 MW
DETECTION	{	Puissance maxima du signal reçu par l'objectif du détecteur $10 \mu W$
		Puissance du bruit provenant de l'éclairement de l'objectif
		a) en l'absence de filtre $100 \mu W$
		b) après filtrage de 99% $1 \mu W$ de la lumière diurne

Fig: 3

émis dans la basse atmosphère, mais son étroitesse serait préservée si l'émission avait lieu à partir d'une station de haute atmosphère. La tache lumineuse produite sur la surface de la lune ne dépasserait pas 40 m de diamètre.

L'un des pères du maser, le professeur Ch. Townes, a signalé dans une confé-

rence récente les possibilités ouvertes par le laser, en matière de communications aux distances interstellaires. A sa suite, permettons-nous quelques anticipations et imaginons qu'une des étoiles proches de nous, celles qui se trouvent dans le rayon de 10 années-lumière, ait un satellite habité par des êtres vivants

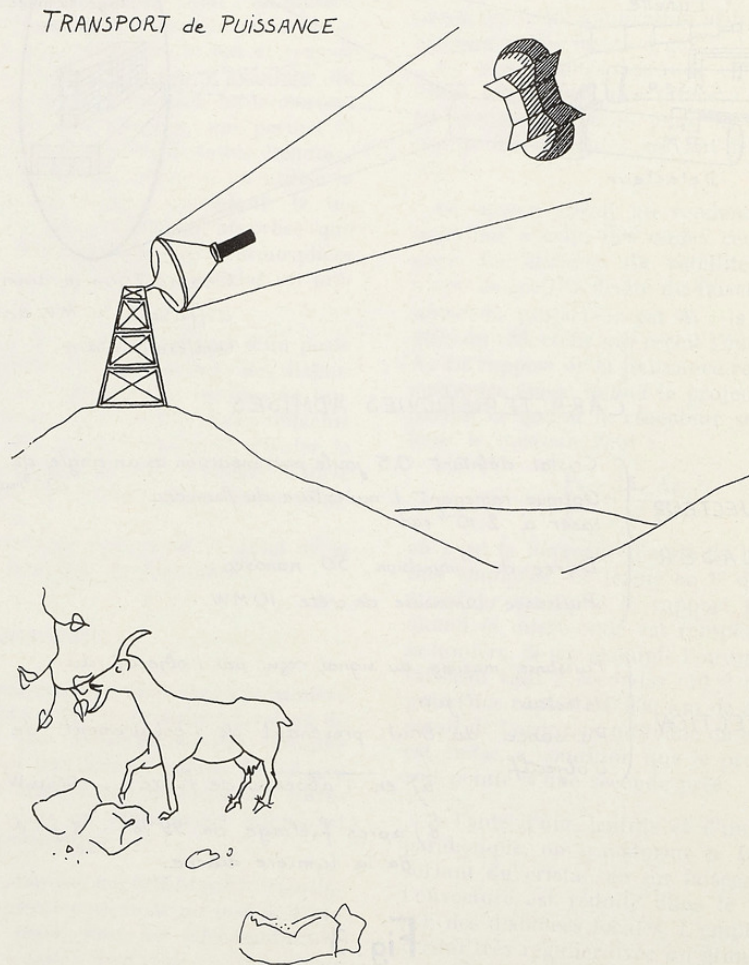


Fig: 4

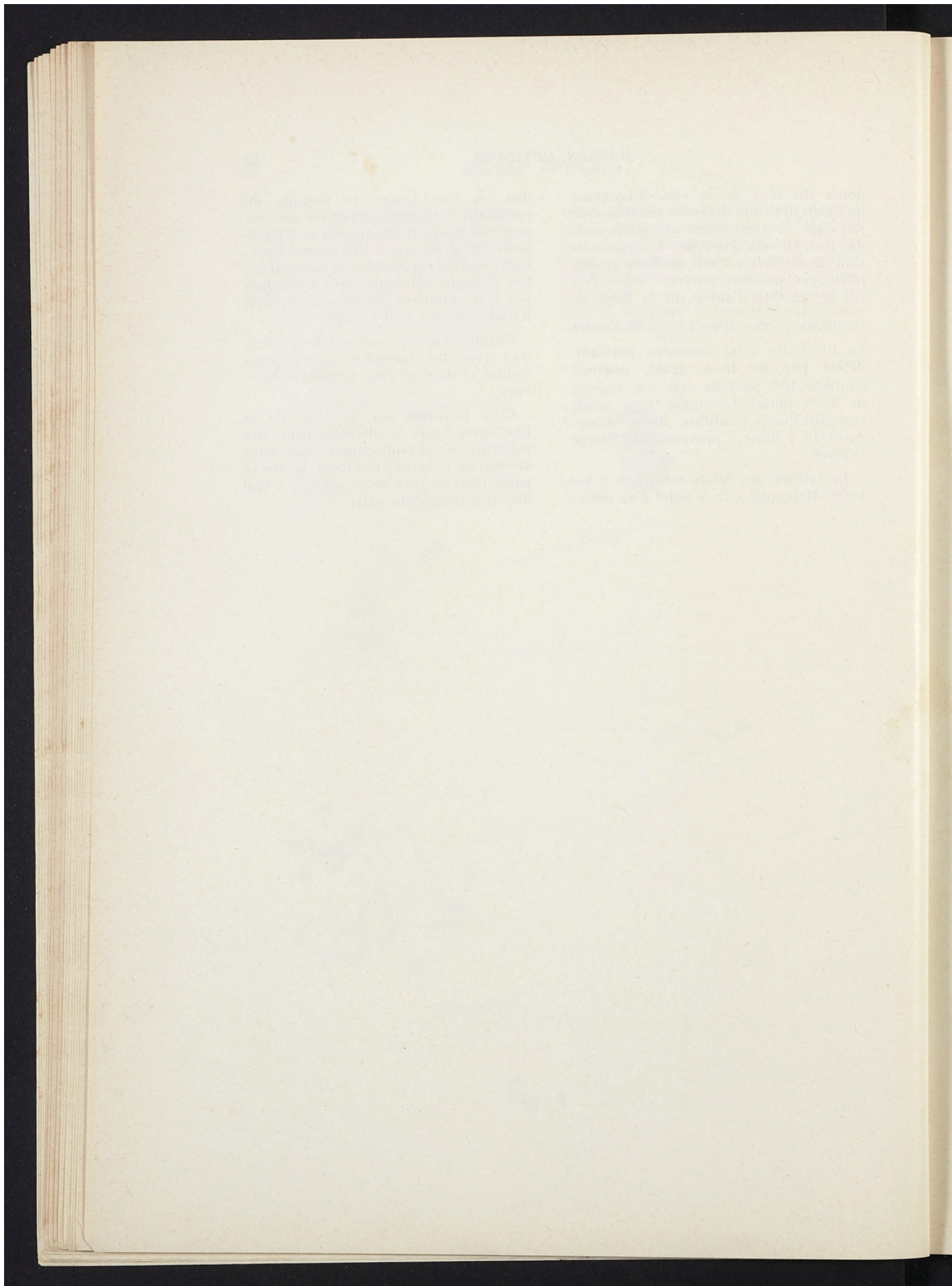
doués du sens de la vue. Admettons qu'ayant des connaissances sur le monde physique, ils aient construit comme nous des instruments d'optique. La transmission de signaux à l'aide de deux grands télescopes, pointés l'un vers l'autre, l'un sur le satellite, l'autre sur la terre, se ferait avec un rapport $\frac{P_e}{P_r}$ de l'ordre de 10^{-19} . Un éclat lumineux puissant, débité par un laser géant, pourrait contenir 10^{22} photons avec une énergie de 3.000 joules. Le signal reçu serait enregistrable à condition d'être débarrassé du « bruit » provenant de l'étoile voisine.

Le rythme des éclats sera réglé à volonté. Mais quel sera le sujet d'un entre-

tien où l'on ignore le langage du partenaire ? L'arithmétique est un langage commun ; et l'on pourra se télégraphier, unité par unité, des nombres premiers et d'autres nombres remarquables. Les éléments chimiques seront désignés par leurs numéros atomiques, qui sont les mêmes dans tout l'univers.

Ensuite, on enverrait à l'observateur d'en face les formules de composés connus et de réactions chimiques observées.

C'est peut-être par le canal de la Biochimie, par le déchiffrement des mécanismes physiologiques, que nous arriverons à savoir comment la vie se passe dans ce coin de la galaxie, à vrai dire peu éloigné du nôtre.



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

I - Conférences et colloques organisés en 1963

II - Allocution du Président à la Cérémonie
de remise des Prix et Médailles du 29 juin 1963

III - Rapports sur les Prix et Médailles attribués

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

I - Conférences et colloques organisés en 1963

II - Attraction du Président à la Cérémonie
de remise des Prix et Médailles du 29 juin 1963

III - Rapports sur les Prix et Médailles attribués

I

*Conférences et colloques organisés
au cours de l'année 1963 par les Comités
de la Société d'Encouragement*

COMITE DES ARTS PHYSIQUES

LES HÉLIUMS, DEUX FLUIDES QUANTIQUES, par M. Louis Weil, *Doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble. Directeur du Centre de Recherches sur les très basses températures* (24 janvier).

LA MICROMINIATURISATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES, par M. Jean Peysou, *Agrégé de l'Université, Ingénieur à la Compagnie générale de T.S.F., Directeur du Centre de Dijon* (31 janvier).

RÉCENTS DÉVELOPPEMENTS DES MÉTHODES DE PROSPECTION GÉOPHYSIQUE, par M. Roger Desaint, *Ingénieur en chef des Mines, Directeur général adjoint de la Compagnie générale de Géophysique* (14 février).



COMITE DES ARTS MECANIQUES

TOUR D'HORIZON SUR LA PROPULSION SPATIALE, par M. Jean-Jacques Barré, *Ingénieur militaire général des Fabrications d'Armement (Cadre de Réserve)* (17 janvier).

CONTRIBUTIONS DE LA TECHNOLOGIE MÉCANIQUE CLASSIQUE A LA SOLUTION DES PROBLÈMES NUCLÉAIRES. MANUTENTION DU COMBUSTIBLE DANS LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES, par M. Paul Chemin, *Ingénieur E.C.A.M. et E.S.E.* (28 mars).

L'ÉVOLUTION RÉCENTE DES MATÉRIELS DE TRAVAUX PUBLICS, par M. Pierre Baube, *ancien élève de l'Ecole polytechnique, Vice-Président du Syndicat national des Industries d'Équipement M.T. P.S.* (9 mai).

LE CENTRE DE RECHERCHES ET D'ÉTUDES DE PROTOTYPES DE LA SOCIÉTÉ FIVES LILLE-CAIL, par M. Roger Rétafi, *Directeur technique adjoint de la Société Fives Lille-Cail* (6 juin).

LA SIMILITUDE : APPLICATIONS GÉNÉRALES EN MÉCANIQUE DES FLUIDES, par M. Michel Hug, *Ingénieur des Ponts et Chaussées, adjoint au Directeur du Centre de Recherches et d'Essais de Chatou (E.D.F.)*.

APPLICATIONS DE LA SIMILITUDE DANS LE DOMAINE DES TURBO-MACHINES, par M. Claude Hermant, *Chef du Département « Essais », Centre de Recherches et d'Essais de Chatou (E.D.F.)* (12 déc.).



COMITE DES ARTS CHIMIQUES

LES CARBURANTS A HAUTE ÉNERGIE DÉRIVÉE DE LA HOUILLE, par M. Maurice Letort, *Professeur des Facultés des Sciences, Directeur général scientifique du Centre d'Études et de Recherches des Charbonnages de France* (14 novembre).

QU'EST-CE QU'UNE MALADIE INFECTIEUSE ? XXVII^e CONFÉRENCE CARRION, par M. le Docteur Albert Delaunay, *Chef de service à l'Institut Pasteur* (25 avril).



COMITE DES ARTS ECONOMIQUES

LA COLLABORATION EURAFRICAIN, colloque dirigé par M. C.-J. Gignoux, *Membre de l'Institut, Président du Comité des Arts économiques*. Exposé général par M. Georges Riond, *Président du Comité central français pour l'Outre-Mer* (27 février).



COMITE DES CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

Séance du 24 mai 1963. Présentation de films :

LA GRANDE OREILLE : LE RADIOTÉLESCOPE DE NANCY. Appareils utilisés pour la radio-astronomie. Réalisations à l'étranger et construction à Nancy du plus grand radiotélescope du monde. Etudes théoriques, recherches en laboratoire sur les matériaux de base. Construction et montage des éléments récepteurs garnis de grillage. Contrôle de la précision demandée. Essais de prototype et réalisation de l'ensemble (Film Son et Lumière).

DJEN DJEN, UN BARRAGE EN ALGÉRIE. Ensemble des travaux qui ont permis l'aménagement du barrage de Djen Djen, du type à voûtes multiples, en béton précontraint. Réalisation d'un siphon permettant à l'eau de la galerie de franchir une vallée « par en dessous ». Construction de la centrale souterraine. (Film E.G.A.).

II

Allocution du Président
de la Société d'Encouragement à la Cérémonie
de remise des Prix et Médailles du 29 juin 1963

MES CHERS CONFRÈRES,
 MES CHERS COLLÈGUES,
 MESDAMES, MESDEMOISELLES, MES-
 SIEURS,

Une des prérogatives auxquelles je tiens le plus, c'est de présider la cérémonie annuelle de la distribution des Prix de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale et de la remise des médailles des ouvriers et contremaîtres. Cette cérémonie, dans une manifestation d'une haute tenue, permet toujours de réunir de nombreux assistants, preuve de la vitalité de notre Société, et nous les remercions tous de contribuer à rehausser l'éclat de cette réunion.

Qu'il s'agisse de savants connus dans le monde entier, de grands chefs d'industrie, de hauts fonctionnaires civils ou militaires, d'ingénieurs de toutes catégories, de contremaîtres ou d'excellents ouvriers, la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale récompense de longs et loyaux services et continue, en ce jour, une tradition déjà fort ancienne. Cette continuité dans l'effort, que nous célébrons dans cette cérémonie, n'empêche pas une adaptation progressive aux découvertes de la science et aux techniques nouvelles, qui se poursuivent les unes et les autres à un rythme prodigieusement accéléré, bien souvent aussi troublant que désorientant. Pour tenir sa place dans la Communauté européenne et aussi dans la Communauté

mondiale, en assimilant et en utilisant, de la manière la plus favorable, ce mouvement scientifique sans précédent, la France a besoin de tous ses enfants. On a dit qu'« une nation existe en tant qu'elle est un peuple. Un peuple monte tant qu'il est nombreux, laborieux, ordonné. La puissance est la résultante de ce trinôme fondamental ». Notre Société s'efforce, dans toute la mesure de ses moyens, l'aider à la réalisation de ce programme.

Vous savez que lorsque Jeanne d'Arc, au sacre du Roi Charles VII à Reims, déploya son étendard aux côtés du Roi, certains esprits chagrins le lui reprochèrent. Elle répondit fièrement que « son étendard avait été à la peine, c'était bien raison qu'il fût à l'honneur ». Vous aussi, Mesdames et Messieurs, vous avez été à la peine ; aujourd'hui vous êtes à l'honneur, et en attendant la distribution des récompenses, notre Société vous adresse, par ma voix, ses biens vives et chaleureuses félicitations.

**

Cette union, dont je vous parlais, il y a quelques instants, se montre nécessaire à tous les degrés. Vous savez qu'il existe,

en province, un important noyau de Sociétés industrielles, dont quelques-unes sont plus que centenaires ou presque centenaires et dont toutes les autres sont fondées depuis au moins un demi-siècle. Certaines d'entre elles, comme la Société pour la Défense et le Développement de l'industrie de Bordeaux, ou comme la Société pour la Défense du commerce et de l'industrie de Marseille, présentent un caractère essentiellement économique et social. Nous pensons que les préoccupations des français, dans un grand nombre de domaines, sont régies par la situation géographique : ce qui semble évident au nord d'une ligne allant de Brest à Lyon, peut se trouver modifié au sud de cette frontière. Aussi ne faut-il pas s'étonner que les buts des Sociétés industrielles dites du Nord, puissent être aussi importants, mais parfois assez différents de ceux des Sociétés industrielles, dites du Midi.

Ainsi la Société industrielle de Mulhouse, fondée dès 1826, a inspiré les premières lois sociales relatives à la limitation de la durée du travail des femmes et des enfants dans les usines. Elle s'occupa de la prévention des accidents du travail, organisa les premiers cercles ouvriers d'entreprises et la première Caisse de maladie. D'autres Sociétés, sans négliger cette importante branche de leur activité, s'intéressent tout particulièrement à l'enseignement technique, comme la Société industrielle de Fourmies, qui a été une des premières à le développer, ou comme la Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne. Dans le même sens, sous l'impulsion de M. Robert Blondel, son Président depuis plus de 30 ans, la Société industrielle de Rouen a fondé un Institut chimique, récemment transformé en Ecole nationale de Chimie, dont j'ai pu admirer récemment le remarquable développement, une Ecole textile et un Centre de recherches textiles, qui a pris une grande extension. La Société industrielle du Nord possède une activité considérable, avec ses cinq Comités : Arts chimiques, Textiles, Génie civil, Etudes commerciales et industrielles, Industries d'art. Elle entretient aussi de fécondes

relations avec l'Ecole de chauffage, l'Ecole d'organisation scientifique du travail, l'Institut industriel du Nord.

La Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, comme doyenne des Sociétés industrielles, ayant été fondée en 1801, par Bonaparte, Premier Consul, se devait d'essayer de renouer, avec ces différentes Sociétés de province et avec d'autres, dont je n'ai pu, faute de temps, analyser ici la remarquable activité, des liens qui existaient depuis 1911, sous l'initiative de la Société industrielle d'Amiens et qui s'étaient concrétisés par la création d'une union ; ils s'étaient relâchés, malheureusement, pendant les années d'après guerre. Les échanges de visites, principalement à l'occasion des cérémonies telles que celle d'aujourd'hui, entre notre Société et les Sociétés provinciales, surtout en raison des occupations de leurs Présidents respectifs, ne pouvaient suffire à reprendre les contacts nécessaires, je m'en suis bien rendu compte au cours de plusieurs déplacements à Lille, Saint-Quentin et Rouen. Aussi ai-je pris l'initiative de provoquer des contacts directs avec les délégués des Sociétés provinciales, qui se montrèrent tous extrêmement favorables à mon appel. La première réunion a eu lieu, sous l'égide de notre Société, dans cet hôtel, le 20 décembre dernier et tout laisse à penser qu'elle sera suivie d'autres, à des intervalles que la poursuite de cette expérience devra fixer. Elles prendront la forme de journées d'Etudes sur des thèmes qui intéressent tous les assistants de cette cérémonie : les besoins en main-d'œuvre et l'automatisation — enseignement, formation des cadres, ingénieurs, techniciens, contremaîtres et ouvriers qualifiés — la décentralisation et ses premiers effets, décentralisation universitaire et administrative, déplacements d'usines, implantation, problèmes de main-d'œuvre professionnelle locale, grands travaux, autoroutes et... amélioration de transports de région à région, financement des entreprises, relations avec les pays africains... Ce vaste programme permettra aux représentants de toutes les Sociétés industrielles réunies,

de Paris et de province, d'accroître leur autorité dans le cadre harmonieux d'une décentralisation bien comprise et efficace.

Si donc, notre Société est appelée à jouer un rôle de plus en plus important, dans les liaisons que nous venons d'esquisser, nous devons rappeler qu'elle fait partie, sur le plan national, de l'Union des Associations scientifiques et industrielles (U.A.S.I.F.). C'est un organisme de coordination du type fédéral, qui étudie les problèmes à un niveau très élevé, c'est-à-dire sans aucune liaison directe de son Conseil avec les membres des Sociétés fédérées. Par l'intermédiaire de l'U.A.S.I.F., notre Société participe aussi aux activités du Conseil national des ingénieurs Français, qui représente, au troisième degré et, dans toute sa généralité, les ingénieurs en tant que corps professionnel et social.

**

Si je me suis un peu étendu sur les activités précédentes de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, c'est qu'elles apparaissent moins connues et peut-être même un peu mystérieuses, alors que les conférences, qui se tiennent régulièrement, durant environ 9 mois de l'année, correspondent à une action plus directement perceptible. Je pourrai donc rappeler seulement très rapidement les principales conférences, qui ont été suivies régulièrement par des auditoires nombreux et accompagnées de discussions souvent très fournies, ce qui marquait l'intérêt de l'assistance. Un premier cycle de trois conférences s'est occupé des solutions apportées par la technologie mécanique classique aux problèmes qui se rencontraient dans l'étude des phénomènes nucléaires. Il se pose des exigences spéciales, tant pour la construction des centrales produisant l'énergie nucléaire, que pour les dispositifs de contrôle des réacteurs et que pour l'agencement mécanique dans les laboratoires portés à une température assez élevée. Les radiations nocives émises au cours des désintégrations atomiques,

empêchent, dans tous les cas, le recours aux solutions habituelles. Le deuxième cycle, de trois conférences également, a concerné cette matière si répandue et pourtant encore si mystérieuse, qui s'appelle le verre. Quelle est sa structure véritable, et pourquoi se laisse-t-il découper sous la simple action superficielle d'une rayure, et comment peut-on le souder au métal dans les emplois de plus en plus fréquents de l'association verre-métal ? Telles ont été les questions brillamment présentées.

Parmi les autres conférences, certaines présentent un caractère plus nettement scientifique : la conférence Carrion sur l'allergie, les allergènes et les maladies allergiques, qui commencent maintenant à se soigner rationnellement, la conférence Bardy, avec les propriétés extraordinaires des acides nucléiques, et ribonucléiques, responsables de toutes les hérédités humaines, les Masers optiques à cristaux, qui représentent des sources extraordinairement intenses pendant des temps extrêmement courts et comparables par leur émission à celle que présenteraient des corps chauffés à plusieurs millions de degrés, les hypersons, avec leurs curieuses applications scientifiques et techniques. La conférence sur le contrôle des corps gras mis en évidence, les renseignements remarquables et de grande utilité pratique que donne le recours à de nouvelles techniques comme la spectrophotométrie ultraviolette et infrarouge, ainsi que la chromatographie, relativement à l'analyse et à la structure de ces composés. Le problème des boîtes de vitesse pour traction lourde a été également évoqué au cours d'un intéressant exposé. Enfin, une remarquable conférence sur la coopération Eurafricaine a permis de réunir les représentants de diverses missions diplomatiques d'Etats africains et, dans un débat de très haute tenue, mais cependant dans une atmosphère de confiance réciproque, de faire le point des désirs et des possibilités.

En nous excusant de ne pouvoir nommer tous les conférenciers qui ont permis ces nombreuses et intéressantes réunions, nous exprimons à tous notre

vive et profonde gratitude. Celle-ci doit aussi aller au Bureau de la Société, aux Présidents des différents Comités, aux Comités eux-mêmes, qui remplissent une tâche méconnue et ingrate, mais cependant combien indispensable, et enfin à tous les membres. Une mention spéciale doit être faite pour notre Délégué général, M. Papillon, dont j'apprends tous les jours à mieux connaître le profond et inlassable dévouement qu'il nous prodigue d'ailleurs avec un personnel très compétent et bien dévoué.

**

Si, dans le passé et le présent, la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale a rempli d'une manière particulièrement brillante, les buts qu'elle s'était assignés, essayons de jeter un coup d'œil sur l'avenir. On dit que nul n'est prophète dans son pays, et je pense que la difficulté n'est pas moindre dans le cas d'une Société, âgée de plus d'un siècle et demi, qui a dû supporter les atteintes de maints bouleversements financiers et sociaux.

Nous avons d'abord à continuer à rénover le cadre de nos réunions. Rien ne pouvait me faire plus de plaisir que l'étonnement d'anciens habitués de nos conférences ou de nos cérémonies, qui cherchaient vainement des locaux poussiéreux et sales, et qui ne se retrouvaient pas dans les escaliers repeints en clair, dans le hall d'entrée égayé, en toute saison par de magnifiques potées de fleurs ou de feuillages, que nous devons à une main diligente et discrète, à laquelle nous exprimons toute notre reconnaissance. Par la contrainte de règlements d'urbanisme, sévères mais utiles pour la beauté de notre cher Paris, la façade de notre

hôtel pourrait bien être ravalée dans l'année qui vient (ou dans la suivante), si bien que les bénéficiaires des prix et médailles, dans les très prochaines années, se trouveraient, eux aussi, déroutés par la blancheur inhabituelle des pierres extérieures. Actuellement, elles concurrencent avec un certain succès, la noirceur de la vénérable église Saint-Germain-des-Prés, qui lui fait pendant. Tout ce programme d'éclaircissement présente, sans jeu de mots, un point noir : c'est le financement de ces opérations. Tout d'abord, tous les praticiens savent que les personnes âgées supportent mal un changement de régime et c'est bien le cas de notre vénérable Société. Les modifications doivent intervenir avec une douceur, mais ferme progressivité et les médicaments — vous m'entendez bien en disant qu'il s'agit des ressources qui ne sont plus sonnantes et réverbérantes comme autrefois — ne donnent lieu à aucune ristourne de la part d'une certaine Sécurité sociale pour Sociétés, ni d'une autre Sécurité sociale pour Monuments, car notre hôtel n'est pas assez ancien. Ceci est, comme dirait Kipling, une autre histoire, mais elle cause de fréquentes insomnies à votre Président. Mais aussi, qu'allait-il faire dans cette galère ?

Eh bien, son but ambitieux est de permettre à notre chère Société d'être digne de son passé prestigieux, en continuant à promouvoir l'invention, sous toutes ses formes et, si le temps lui en est donné, il espère bien pouvoir, une autre année, vous mettre au courant de la réalisation débutante de nouveaux projets.

Mais je vois que je me trouve entraîné plus loin que je ne le devrais à cause de l'horaire de cette cérémonie, et nous allons procéder, sans plus tarder, à la lecture du palmarès.

III

Rapports sur les Prix et Médailles décernés au cours de la séance du 29 juin 1963

(Voir la liste de ces Prix et Médailles dans le numéro 4-1963 de « L'Industrie Nationale » ainsi que les rapports concernant la Grande Médaille de la Société d'Encouragement et le Grand Prix Lamy).

DISTINCTIONS EXCEPTIONNELLES PRIX ET MÉDAILLES SPÉCIAUX



MÉDAILLE EXCEPTIONNELLE DES ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Rapport présenté par M. Jean Lecomte, Membre de l'Institut, Président de la Société, au nom du Conseil de la Société, sur l'attribution de la Médaille exceptionnelle des Activités d'Enseignement à M. Gaston Julia, Membre de l'Institut, pour le précieux concours qu'il a apporté à l'Industrie en assurant pendant de longues années la formation des ingénieurs.

MON CHER CONFRÈRE,
MON CHER COLLÈGUE,

Je me permets de vous appeler ainsi, mon cher Ami, car dans des temps lointains aux environs de 1911, nous fréquentions tous deux le bon Lycée Janson-de-Sailly. Les plus jeunes, comme moi, n'avaient d'ailleurs aucun droit d'accès dans la cour réservée aux « puissances ». Naturellement, il n'y avait aucune commune mesure dans nos activités respectives, pas plus d'ailleurs que par la suite. Vous arriviez dans la classe de mathématiques spéciales, entouré de l'auréole de vos succès au Lycée d'Oran, et vous deviez réussir, après une seule année de préparation, le doublé fort rare de la première place d'entrée à l'Ecole Normale Supérieure et à l'Ecole Polytechnique. Votre professeur, l'excellent et regretté M. Cor (Narcisse de son prénom, que je devais aussi connaître quelques années plus tard), qui donnait lieu

aux approximations bien connues de l'esprit de corps, des repas de corps, du diable au corps, le cor de chasse aux bons élèves et de bien d'autres encore, eut vite fait de reconnaître vos mérites et j'apprenais par mes cousins, les frères Tréboul, aussi élèves du même Cor, tous deux disparus maintenant, combien il était décevant de concourir avec vous, puisque vous dérobiez aux autres toutes les premières places de votre classe, y compris celles des matières secondaires comme le dessin ou la gymnastique. Un de nos amis communs, le Colonel Fonquernie, va jusqu'à dire que lors de votre mobilisation, aux sombres jours de 1914, vous étiez encore le premier... en corvée de pommes de terre.

Votre présence parmi nous aujourd'hui n'a pas pour seul but de rappeler des souvenirs qui me sont particulièrement chers, ni les nombreux travaux de votre prestigieuse carrière à partir de

vosre premier travail : sur les formes binaires non quadratiques à indéterminées réelles ou complexes, ou à indéterminées conjuguées, ni le développement de certains de vos cours originaux, comme les leçons sur la représentation conforme des aires multiples connexes, ou de magnifiques ouvrages, comme votre « Introduction mathématique aux théories quantiques », ni la succession des chaires que vous avez occupées, ni les nombreux prix de l'Institut qui vous ont été décernés, ni les très nombreuses Académies ou Sociétés savantes dont vous faites partie, à commencer par l'Académie des Sciences, à laquelle vous appartenez depuis 1934 et que vous deviez présider en 1950, ni les distinctions honorifiques dans les différents ordres nationaux, ni la prestigieuse citation à l'ordre du jour de la 5^e Armée, en date du 2 février 1915, qui accompagnait votre promotion au grade de Chevalier de la Légion d'Honneur, à la suite de votre cruelle blessure reçue le 25 janvier 1915, le jour où vous voyiez le feu pour la première fois, mais de vous remettre la grande Médaille des Enseignements scientifique et technique.

Les problèmes concernant la formation des ingénieurs et des techniciens prennent une importance croissante au fur et à mesure que le progrès scientifique et industriel entraîne le recours à des techniques de plus en plus perfectionnées.

Notre Société s'est toujours préoccupée de ces questions. Elle dressait naguère des tableaux visant à orienter la formation de la population active par une évaluation des diverses catégories de besoins : Industries, Commerce, Agriculture, aux différents niveaux d'Instruction. Depuis, elle a suivi tout ce qui relève de ce domaine, notamment par l'organisation de colloques.

Dans la gamme, pourtant très étendue, de ses Prix et Médailles, notre Société ne possédait, jusqu'à présent, aucune distinction qui s'appliquât directement aux activités d'enseignement,

alors que c'est sur elles que repose, à tous les degrés, et notamment dans les enseignements techniques, secondaires et supérieurs, dans les classes préparatoires aux Grandes Ecoles, dans les Grandes Ecoles elles-mêmes et dans de nombreux Instituts, la charge de former des générations d'ingénieurs, de chercheurs et de techniciens.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale se devait donc de créer, au niveau le plus élevé, une récompense unique, spécialement affectée à l'Enseignement, dont l'attribution serait conçue de manière à l'embrasser dans son ensemble, c'est-à-dire aussi bien dans la formation mathématique générale que dans les notions d'application plus directe à la technique industrielle, aussi bien dans l'organisation des stages de recyclage, de travaux pratiques, que dans les cours magistraux ou dans les publications, sans oublier bien entendu, les Directeurs des grandes Ecoles ou d'Instituts spécialisés, en dehors même de leurs fonctions d'Enseignement.

En votre personne, mon cher Ami, nous mettons à l'honneur, une personnalité des plus éminentes, qui, à côté d'immenses mérites scientifiques, a eu le souci de former des hommes — tâche encore infiniment plus difficile et complexe que d'apprendre les matières les plus ardues — et, en particulier de doter l'Industrie nationale de cet encadrement, dont dépendent largement son efficacité et sa prospérité.

En acceptant d'être le premier titulaire de cette Grande Médaille, vous la parez immédiatement d'un éclat tout particulier, car il ne sera pas facile de vous donner de dignes successeurs.

En témoignage de notre bien sincère et unanime admiration, je vous remets la Grande Médaille des Enseignements scientifique et technique, en vous exprimant les vives félicitations de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, auxquelles s'associe la très ancienne et bien dévouée amitié de son Président.

MEDAILLE LOUIS PINEAU

Rapport présenté par M. l'Ingénieur général de l'Aéronautique P. Dumanois, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Louis Pineau à M. André Martin, pour sa longue carrière de Pétrolier, en particulier à la tête de la Compagnie de Recherches et d'Exploitation des Pétroles du Sahara.

M. André Martin est né en septembre 1906.

Il est Ingénieur de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, diplômé en 1935 de l'Ecole nationale supérieure du Pétrole.

Il a commencé sa carrière au Laboratoire de Recherches puis au Contrôle des Fabrications de la Raffinerie de la Mailleraye, d'Esso-Standard, jusqu'en 1940.

De 1941 à 1951, il est à la Direction des Carburants ; en 1946, il en est Chef des Services techniques et Rapporteur du Plan de Modernisation du Raffinage de 1946 à 1951.

En 1951, il est Chef du Département Exploitation d'Esso-Standard et en 1954 participe à la découverte et à l'exécution des premiers sondages de Parentis.

Depuis 1955, il est Directeur général de la Régie autonome des Pétroles et de la Compagnie de Recherche et d'Exploitation des Pétroles du Sahara (C.R.E.P.S.) et depuis 1960 Président de la Compagnie des Transports par pipe-line au Sahara (T.R.A.P.S.A.).

Et c'est en 1956 la découverte d'Edjeleh.

C'est à la fin de 1952 que la C.R.E.P.S. entreprenait ses premières recherches au Sahara. Les travaux se développent dès lors à un rythme accéléré et les dates de succès obtenus jalonnent la route parcourue en moins de dix ans. La première découverte a lieu dès 1954 : un puissant gisement de gaz est mis en évidence à Berga, près d'In-Salah. Moins de

deux ans plus tard, forant sur la structure géologique d'Edjeleh à la frontière libyenne, la C.R.E.P.S. découvre un gisement d'huile à faible profondeur, puis bientôt celui de Tiguentourine. Zarzaitine et El-Adeb-Larache datent de 1958 qui voit aussi le début des travaux d'études du pipe-line, dont la pose est réalisée en moins d'un an. Le 10 septembre 1960, huit ans après les travaux de reconnaissance géologique, le premier pétrolier est chargé au Terminal Marin de la Skhirra, port aménagé dans le Golfe de Gabès. Sa rade parfaitement abritée permet l'accostage de pétroliers de 75.000 T.

Le contexte saharien, climat, éloignement, vide est seul à l'origine de la presque totalité des difficultés rencontrées par la C.R.E.P.S. au cours de sa quête de l'or noir. Le plus grand désert du monde, l'un des plus hostiles, possède l'une des plus faibles densités de la population du monde : 0,4 habitant au km². Pourtant ces vastes étendues rocheuses, ces « ergs » impénétrables, dont de rares oasis font encore ressortir le vide et l'absolue sécheresse, abritent maintenant un habitat stable et de véritables installations industrielles.

A 1.200 km d'Alger, à 700 km du Golfe de Gabès une cité industrielle est née où bat le cœur de la C.R.E.P.S.

Au 31 décembre 1962, la C.R.E.P.S. a foré plus de 200 km de puits depuis le début de ses travaux.

En dépit des charges exceptionnelles qui frappent les travaux sahariens, charges dues en particulier aux coûts élevés

des transports à longue distance en pays désertique, les prix de revient n'ont cessé de baisser : ainsi en 1961 le prix du mètre-foré-exploration est pour la première fois inférieur à 800 F, et le prix du mètre-foré-développement est tombé de 1 220 F en 1956 à 424 F en 1961.

Pour développer ses travaux au Sahara, la C.R.E.P.S. a été conduite à y créer de toutes pièces une infrastructure à la mesure de ses besoins. Elle a dû construire plus de 4.000 km de pistes, forer une vingtaine de puits d'eau et aménager vingt aérodromes dont deux, à In-Amenas et à Maison-Rouge, sont accessibles aux avions de ligne.

Chaque année 5 200 passagers s'envolent d'Alger vers les bases de la C.R.E.P.S., et 10 000 tonnes de matériel divers suivent le même chemin, par piste ou par avion ; les chantiers absorbent 60 000 m³ d'eau qu'ils reçoivent par camions-citernes.

La C.R.E.P.S. avait produit, grâce aux seuls gisements d'Edjeleh et de Zarzaitine, 1 943 000 T de pétrole brut en 1960, et 6 687 000 T en 1961 malgré dix semaines de production réduite ou nulle à la suite du blocage des installations de la T.R.A.P.S.A. en Tunisie, la dix-millionième tonne de pétrole a été chargée à la Skhirra courant 1962.

D'excellente qualité, le brut paraffinique a une densité de 33 à 35° API et une viscosité de 1,2 à 3 centipoises. Sa teneur en soufre est négligeable. La qualité des produits de sa distillation en font un brut très recherché, qui après filtration, peut être utilisé dans les moteurs Diesel des camions de la C.R.E.P.S.

Nous avons dit que la vie des hommes au Sahara est le problème essentiel auquel s'est heurtée la C.R.E.P.S. qui a dû créer de toutes pièces un habitat adapté à des conditions d'isolement et de climat exceptionnellement dures.

La tente n'est plus utilisée aujourd'hui

qu'aujourd'hui que par quelques équipes itinérantes de géologues, géophysiciens ou de constructeurs de pistes. Les camps de chantiers de forage sont tous équipés de cabines climatisées et d'installations frigorifiques, et sont régulièrement approvisionnés en vivres frais.

La base de Maison-Rouge, base initiale de la C.R.E.P.S., maintenant réservée à la seule exploitation du gisement d'Edjeleh, comprend, outre des installations industrielles, des bâtiments conditionnés à parois isothermes et double toit destinés au logement du personnel européen et saharien, un bâtiment en pierres abritant un restaurant-bar, les cuisines et les chambres froides et un bâtiment pour les loisirs (salles de jeux, bar, bibliothèque).

Le centre des activités de la C.R.E.P.S. est installé à In-Amenas, à proximité du Terminal départ du pipe-line où a été édifiée une base de 400 logements dotés de tout le confort indispensable pour supporter les rigueurs du climat saharien.

Autour de la cité de la C.R.E.P.S., se sont installés les entrepreneurs et les Services Publics qui peuvent ainsi bénéficier des moyens mis en place par la C.R.E.P.S., en particulier en ce qui concerne l'énergie électrique. Outre sa garnison, In-Amenas est aujourd'hui une véritable ville de 1 250 habitants, avec son centre administratif (Mairie, Postes, Douanes, Services Publics), ses entreprises de service (forage, génie civil), ses ateliers mécaniques et ses garages, sa station-service et ses hôtels.

Telle est l'œuvre dont M. Martin est à la fois le manager et le responsable.

Ajouterai-je que M. Martin est Chevalier de la Légion d'Honneur et a été nommé Ingénieur en Chef du Corps des Mines ?

Il est Administrateur suppléant du Bureau de Recherches du Pétrole, Membre du Conseil de Perfectionnement de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

res et depuis 1962, *Directeur général du Complexe Pétrole Chimie de Feyzin*.

Votre Société a considéré que M. Martin était digne de la Médaille Louis

Pineau et que son nom méritait de s'ajouter à ceux des pionniers du Pétrole qui l'ont précédé dans l'attribution de cette distinction.

GRANDE MEDAILLE MICHEL PERRET

Rapport présenté par M. Arnulf, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution de la Grande Médaille Michel Perret à M. Pierre Angénieux pour l'implantation, dans la Loire, d'une usine de matériel optique qui s'est remarquablement développée grâce à la qualité de ses fabrications.

Les Etablissements Angénieux ont commencé modestement en 1935, dans un petit atelier de la rue Henri-Murger à Paris, faisant essentiellement du travail d'optique à façon ; déjà Pierre Angénieux, avec ses compagnons d'alors, avait eu l'occasion d'étudier quelques dispositifs nouveaux demandés par les cinéastes et avait réalisé un système de cinématographie en couleurs de type additif.

Les difficultés de l'occupation l'amenèrent à étudier la possibilité de se fixer en province ; c'était chose faite en 1945. Les Etablissements Angénieux prenaient alors le départ qui devait les conduire à une des réussites les plus remarquables de l'optique française.

Le lieu choisi est le village natal de Pierre Angénieux, situé sur les contreforts des Monts du Lyonnais, dominant la plaine du Forez. Cette région est riche en main-d'œuvre mécanique, par contre le personnel opticien de haute précision a dû être recruté et formé sur place.

Il n'était plus question de travail à façon, mais bien de la mise en route de la fabrication en série d'objectifs photographiques devant affronter la concurrence internationale, mise en route dont nous examinerons brièvement les conditions.

La première tient dans l'action personnelle de Pierre Angénieux, considéré actuellement comme l'un des plus grands calculateurs d'optique ; elle s'est manifestée, au début, par un perfectionnement progressif des données de base des objectifs classiques, dont la mise sur le marché a fait connaître la marque et amorcé le développement de la maison ; en particulier grâce à des types de très grande ouverture.

Ce fut ensuite l'étude d'objectifs nouveaux : les retrofocus, permettant pour la première fois d'obtenir simultanément une distance focale courte, un grand champ et un grand tirage ; leur mise dans le commerce a contribué, pour une bonne part, au développement ultérieur des appareils photographiques « reflex ».

Vinrent ensuite les objectifs à distance focale variable, les ZOO MS, dont le rapport d'agrandissement est passé récemment de 4 à 10 et qui, en raison de leur qualité, sont probablement le produit ayant le plus contribué à la réputation de la maison.

Mais la réussite d'un projet ne peut conduire au succès que si la qualité de la réalisation permet effectivement à la pièce construite de réaliser les données du calcul. Et c'est un des caractères le

plus remarquable du développement des Etablissements Angénieux que la poursuite, qui ne s'est jamais arrêtée, d'une précision sans cesse croissante de l'usinage, d'une exigence toujours plus dure envers la présentation. Ceci se traduit, dans la pratique, par une sélection rigoureuse du personnel, un ensemble de constructions, d'aménagements intérieurs et d'outillage que, après avoir visité de nombreuses usines dans divers pays, je considère comme unique.

Si vous avez l'occasion de visiter les usines de Saint-Héand et que le luxe des ateliers d'optique vous semble exagéré, rappelez-vous qu'une petite rayure sur une surface, causée par une poussière infime, suffit à faire rebuter un objectif. L'installation de l'air sous pression, le passage des ouvriers par un sas, après avoir changé de vêtements, sont payants. Toutes les améliorations dans la précision des machines et dans l'installation ont eu pour conséquence une diminution des prix de revient.

Voyons maintenant comment se présentent les résultats. Les activités de la maison sont orientées principalement vers le petit format, le cinéma amateur et professionnel et la télévision ; elle fabrique aussi en série des appareils de projection fixe. Le personnel est passé

progressivement de 80 personnes en 1945 à 631 en 1962, soit un facteur 7,9, tandis que le chiffre d'affaires était multiplié par 13,7. Le pourcentage de ventes à l'exportation est passé de 13 % en 1950 à 55 % en 1962, avec deux autres maxima de 58 % en 1955 et 48 % en 1956.

Il est remarquable de constater que 20 % de ce qui est exporté va en Allemagne, où l'on voit maintenant des constructeurs et non des moindres, monter des objectifs français sur leurs appareils. 10 % des exportations vont aux U.S.A., 70 % dans d'autres pays, mais une fraction importante de cette dernière catégorie finit par aboutir dans la zone dollar.

Il ressort de ce qui précède qu'une maison française, inconnue il y a 20 ans, rivalise aujourd'hui, sur le plan international, et plus spécialement en Allemagne, avec les plus grandes firmes, dont certaines connaissent une réputation universelle depuis près d'un siècle.

C'est une réussite exceptionnelle aussi bien sur le plan des études théoriques que des réalisations industrielles de très haute précision, que vient récompenser aujourd'hui l'attribution de la Grande Médaille Michel Perret aux Etablissements Angénieux.

MEDAILLE RENE OPPENHEIM

Rapport présenté par M. Léauté, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution de la Médaille René Oppenheim à M. Pierre Jacquinot pour l'ensemble de sa carrière scientifique.

Né en 1910, agrégé de physique à 22 ans, M. Pierre Jacquinot n'a pas cessé depuis trente ans, sauf une brève interruption lors de la dernière guerre, de contribuer efficacement au progrès de la physique dans les domaines de l'optique et surtout de la spectroscopie.

Ses travaux, qui ont fait l'objet de publications atteignant presque la centaine, font mentir l'adage opposant le nombre à la qualité. Ils devaient d'autant plus attirer l'attention de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale que la spectroscopie à laquelle ils sont le

plus généralement consacrés est devenue un moyen courant d'analyse et de contrôle non plus seulement dans les laboratoires de recherches, mais même dans ceux d'industries fort diverses.

Sous cet angle particulier, on doit se résigner ici, quoi qu'il en coûte, à laisser dans l'ombre des travaux de science fondamentale, pourtant fort intéressants, que M. Jacquinot a consacrés à la structure fine du spectre de l'hélium ou au moment magnétique intrinsèque de l'électron. Il faut s'astreindre à ne mettre en pleine clarté que les progrès dont il a été l'initiateur en spectroscopie interférentielle et qui ont été la source d'un véritable renouveau de cette technique et de ses applications. Ces progrès ne se sont pas du tout bornés à modifier quelques détails des instruments en usage ; le style de M. Jacquinot a été plutôt de remettre sur le chantier les principes qui servent de base et de faire jaillir d'un criticisme de cette sorte les perfectionnements qu'il suggérera corrélativement d'apporter aux méthodes d'expérimentation. Après s'être d'abord attaché à munir l'interféromètre Fabry-Pérot d'un enregistrement par cellule photo-électrique et de l'introduire jusque dans le domaine de l'infra-rouge où l'actuel président de notre Société s'est mondialement illustré, M. Jacquinot s'est plongé dans de pénétrantes réflexions sur la relation jusque-là mal approfondie qui lie la luminosité et le pouvoir de résolution d'un spectroscope. Ayant découvert que le produit de l'une par l'autre est constant pour un mode opératoire donné, il adopte ce critère et fonde sur lui un classement du prisme, du réseau et de l'interféromètre qui bouleverse l'opinion reçue jusqu'alors sur ce sujet. Puis, se faisant l'animateur d'une brillante équipe qu'il a beaucoup contribué à former, il incite ses collaborateurs à sauter du tremplin des idées de base qu'il vient de dégager à l'élaboration de dispositifs expérimentaux, dont le produit luminosité-résolution dépasse tout ce qui a précédé. Alors surgissent

l'interféromètre sphérique de type Fabry-Pérot, et le spectromètre à sélection par modulation d'amplitude ; on sait la place que se sont tout de suite acquise ces procédés nouveaux dans l'étude des masers optiques et dans la spectroscopie infra-rouge à haute résolution. Dans ce dernier domaine, M. Jacquinot a en outre imaginé en 1954 d'obtenir le spectre d'une source par le détour d'une transformation de Fourier ; celle-ci est appliquée à l'interférogramme qui enregistre par cellule photo-électrique la lumière émergeant d'un interféromètre de Michelson, dont un miroir se déplace à vitesse constante. Prise en mains par l'équipe de ses collaborateurs et avec le secours d'un calculateur électronique, de préférence analogique, cette méthode entièrement nouvelle promet d'être la plus puissante de la spectroscopie infra-rouge.

Aux travaux qui viennent d'être trop brièvement résumés, il faudrait, pour donner une vue un peu plus complète de l'œuvre de M. Jacquinot, ajouter ceux qui se situent hors du champ de la spectroscopie, notamment la si originale étude qui porte sur la répartition de l'énergie lumineuse dans les tâches de diffraction et le procédé corrélativement imaginé sous le nom d'apodisation pour réduire l'intensité de raies intenses au voisinage desquelles on veut observer des raies faibles. Mais point n'est besoin de ces compléments pour prendre conscience de la valeur de la contribution technique dont la description vient d'être esquissée et où se soulignent d'elles-mêmes l'importance théorique et la répercussion pratique des modifications apportées aux méthodes de la spectroscopie interférentielle. On se prend même à regretter de les qualifier de modifications, alors qu'elles revêtent plutôt le caractère de créations nouvelles et même, par certains côtés, révolutionnaires. L'opinion internationale ne s'y est pas trompée si l'on en juge par le nombre de travaux qu'en Europe, en Amérique et en Asie, a déclenchés la publication des premiers résultats du chercheur français en 1957

au Congrès de Spectroscopie interférentielle.

En considération de ces apports scientifiques qui s'accompagnent de consé-

quences industrielles, M. Pierre Jacquinot, qui vient d'être nommé Directeur du C.N.R.S., est lauréat de la Médaille Oppenheim.

MEDAILLE FARCOT

Rapport présenté par M. l'Ingénieur général de Leiris, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Farcot à M. André Audigé pour ses Mémoires présentés à l'Association technique maritime et aéronautique concernant notamment ses travaux sur les ruptures fragiles et d'autre part sur la protection contre l'incendie.

M. André Audigé, Ingénieur de l'Ecole polytechnique, Ingénieur civil du Génie maritime, Chef du service Etudes générales à la Chambre syndicale des Constructeurs de navires, dont l'Association technique maritime et aéronautique présente la candidature pour la Médaille Farcot 1963, a, depuis 1949, apporté à cette association quatre mémoires qui sont en fait très différents les uns des autres.

En 1953, dans son « Etude d'un cas de rupture fragile — L'avarie du *Grenoble* », M. Audigé analyse en détail et avec une grande sagacité un accident survenu sur un Liberty-Ship dans des conditions à première vue surprenantes. Il en dégage les facteurs essentiels et en reconstitue avec sûreté le processus. Ce n'est d'ailleurs là qu'un exemple des travaux de M. Audigé sur les ruptures fragiles, travaux qui en ont fait un expert particulièrement autorisé dans les Commissions de l'Institut international de la Soudure qui traitent de la soudabilité et des ruptures fragiles, et qui lui ont valu d'être en 1962 désigné unanimement comme président de la Sous-Commission chargée, dans le cadre de l'Institut, de collecter et d'interpréter les exemples de ruptures fragiles affectant les constructions soudées.

Les « Etudes récentes sur la protection contre l'incendie », qui constituent le mémoire de 1954 de M. Audigé, offrent un caractère tout autre. Partant des règles posées par la Convention de Londres de 1948 pour la Sauvegarde de la vie humaine en mer, l'auteur expose la genèse des textes d'application intervenus en France en 1954 et notamment les essais de propagation de flamme entrepris par l'Institut de Recherches de la Construction navale avec le concours du Laboratoire des Arts et Métiers, qui ont servi de support à ces textes. Dans sa conclusion, il insiste avec force sur la nécessité du recours à l'expérience pour ouvrir la voie à de nouveaux progrès.

Cela ne veut pas dire que M. Audigé se désintéresse des confrontations entre usages établis que représentent, dans le domaine de la protection du navire, les Conférences internationales pour la Sauvegarde de la vie humaine en mer. Il a été au contraire l'un des experts français dans les deux dernières d'entre elles, celles de 1948 et de 1960, dont il a présenté et commenté les résultats à l'A.T.M.A. en 1949 et 1961.

Faut-il ajouter que, sur le plan international, M. Audigé poursuit aussi un autre travail, celui de la normalisation,

le Bureau de Normalisation de la Construction navale s'identifiant en fait avec le service Etudes générales de la Chambre syndicale des Constructeurs de navires dont il est le chef ? Cette normalisation internationale, *a priori* essentielle dans une industrie de caractère aussi international que l'armement, se heurte à d'innombrables difficultés, et néanmoins marque d'indéniables succès : on peut se faire une idée des unes comme des autres en lisant le compte rendu

de « Dix années de normalisation nationale et internationale » en matière de construction navale que M. Audigé a publié dans le numéro de mai-juin 1961 du *Courrier de la Normalisation*.

L'œuvre à la fois scientifique et technique de M. André Audigé touche en définitive à de multiples aspects de la construction navale et le qualifie tout particulièrement pour la Médaille Farcot.

MEDAILLE GIFFARD

Rapport présenté par M. l'Inspecteur Général Paul Chapouthier, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Giffard à M. Henri Dagallier pour son œuvre comme animateur et ses brillantes réalisations aux Etablissements Neyrpic.

Le 28 novembre dernier, Henri Dagallier a pris sa retraite et a été nommé président d'honneur des Etablissements Neyrpic. Ingénieur au Corps des Mines, il était entré chez Neyrpic le 1^{er} avril 1924, comme Directeur général adjoint, il en devint ensuite Directeur général, puis Président.

Pendant près de quarante ans, il a été l'animateur d'une brillante équipe de techniciens et de chercheurs qui, en créant et en améliorant sans cesse une technique hydraulique de licence française, a donné dans ce domaine à notre Industrie nationale un éclat particulier.

I. — Dans le domaine des turbines hydrauliques classiques, les progrès se sont développés dans trois directions :

- a) la puissance,
- b) les rendements,
- c) la réduction des dimensions et par conséquent des poids.

En puissance. — Les turbines Pelton ont passé des 5.000 CV de l'usine d'Eget aux 112.350 CV de Roselend

(sous 1.200 m de hauteur de chute) et aux 126.000 CV de Sharavati en Inde (sous 444 m).

Les turbines Francis de Chastang (134.000 CV) et de Bort (153.000) réalisées vers les années 1950 représentaient déjà une extrapolation importante. Elles ont été largement dépassées par les récentes turbines construites pour l'étranger :

- Bersimis (Canada), 170.000 CV ;
- Aldeadavila (Espagne), 170.000 CV ;
- et Infiernillo (Mexique), 235.000 CV.

Les turbines-hélice à pales mobiles (type Kaplan) ont vu leur puissance s'élever grâce à l'utilisation d'aciers spéciaux des quelque 7.000 CV en 1932 à l'usine de Jonage aux 20.000 CV de l'usine de Seyssel, puis aux 55.000 CV de Markolsheim et Rhinau sur le canal d'Alsace et aux 62.000 CV de Château-neuf-du-Rhône.

A côté des turbines classiques, Neyrpic mettait au point une technique des groupes axiaux soit en « bulbe », soit en « puits », qui ont débuté pour l'équi-

pement de microcentrales utilisant des biefs de canaux désaffectés et se sont élevés jusqu'aux 28.200 CV de Pierre-Bénite sur le Rhône. C'est ce type de groupe qui, après des essais satisfaisants dans l'Ecluse de Saint-Malo (12.200 CV), a été retenu pour équiper l'usine marémotrice de la Rance en cours d'aménagement.

Parallèlement aux puissances, les rendements n'ont pas cessé de croître, passant pour les Francis de 90,5 % à Brommat à 94,5 % au Marinel. Même progression pour les Kaplan, la tendance actuelle était d'ailleurs de contrôler les performances des turbines sur modèle réduit et de les transposer suivant les règles de la similitude. Le rendement même des turbines Pelton a été notablement amélioré malgré l'augmentation incessante des vitesses de rotation (de 20 à 25 %).

Enfin, la réduction du poids a été rendue possible par le remplacement de beaucoup de fabrications moulées par des fabrications soudées — et en outre par l'amélioration de la disposition de l'ensemble turbine-alternateur.

Les gains de poids sont très importants. Certaines machines construites il y a 20 ans (Génissiat) ont pu, pour les mêmes caractéristiques de puissance, de chute et de vitesse, être refaites à Picote sur le Douro (Portugal) avec une réduction de poids de 50 % et une améliora-

tion de rendement de plus de deux points.

II. — Dans le domaine des vannes métalliques, la « vanne à chenilles » mise au point en 1930 pour la retenue de Caillaouas a marqué le début d'une technique des vannes de fond sous grande profondeur, dont Neyrpic s'est fait une spécialité et a peu à peu équipé la plupart des grands réservoirs français (Bort-les-Orgues, Tignes, Serre-Ponçon, Monteynard).

III. — Enfin le laboratoire d'hydraulique de Neyrpic, devenu une Société d'Engineering indépendante sous le nom de S.O.G.R.E.A.H. (Société grenobloise d'Etudes et d'Aménagements hydrauliques) est connu dans le monde entier. Dépassant le domaine des machines hydrauliques proprement dites, il a été à même de donner des solutions aux problèmes les plus divers, mettant en œuvre les lois de la similitude, l'expérimentation physique, et les calculatrices électroniques (hydroélectricité, hydraulique fluviale, hydraulique portuaire, irrigation et adduction d'eau).

La carrière de Henri Dagallier fut celle d'un technicien et d'un animateur de recherches exceptionnel dont on peut dire, au moment où il va atteindre l'âge de 70 ans, qu'il a fait à la technique française le plus grand honneur. C'est pourquoi nous lui attribuons la Médaille Giffard.

MEDAILLE TOUSSAINT

Rapport présenté par M. Christian Beau, au nom du Comité des Arts économiques, sur l'attribution de la Médaille Toussaint à M. Jean Bertin pour l'ensemble de ses études, et en particulier la réalisation de son aéroglisseur.

La Médaille Toussaint a été fondée pour récompenser chaque année une personnalité qui, dans le domaine des Transports, s'est distinguée par une

création ou réalisation nouvelle ou comportant un progrès certain et des perspectives d'avenir particulièrement intéressantes.

Le nom de M. Bertin a été évoqué et retenu cette année pour ce prix en raison de la création, par cet éminent Ingénieur, du « Terraplane », type nouveau d'aéroglesseur, l'une des vedettes du récent salon du Bourget, et qui, par les progrès faits dans ce genre, lui-même très nouveau, de mode de transport, encore presque inconnu et en tout cas aux balbutiements de l'existence, ouvre précisément des perspectives extraordinairement fécondes et multiples au point de vue économique, comme vous allez vous en rendre compte.

La carrière antérieure de M. Bertin, partagée entre les techniques des engins de l'air et celles des automobiles, le prédisposait d'ailleurs à l'étude de cette technique d'engins intermédiaires entre avions et autos.

En effet, M. Bertin, reçu à Polytechnique en 1938, breveté Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, Ingénieur en Chef militaire de l'Air (en congé actuellement), s'était déjà, avant la création de la Société Bertin, tant dans ses fonctions militaires que dans ses occupations civiles, distingué par une série d'études et de travaux très remarquables et qui l'avaient déjà mis en vedette dans les deux domaines précités. Citons notamment et brièvement, parmi les objectifs féconds de son activité :

- Moteurs Diesel 2 temps et adaptation nouvelle de compresseurs aux automobiles, en tant qu'Ingénieur-Conseil de la Société « Le Moteur Moderne ».
- Pulsoréacteur (auprès de la S.N.E.C.M.A.).
- Déviateur de jet (S.N.E.C.M.A. également).
- Post-combustion aérodynamique (S.N.E.C.M.A.).

Enfin, au début de la Société Bertin :

- Palier hydrostatique pour entraînement de compresseur (pour le compte du Commissariat à l'Energie Atomique).
- Sustentation par trompes.

Et ceci nous ramène aux originalités de l'aéroglesseur Bertin. D'une manière générale, rappelons qu'un aéroglesseur ou machine à effet de sol est une sorte de couvercle de carton à chapeau, rond, ovale ou rectangulaire, mais de dimension minimum située à l'échelle d'un grand camion, et qui peut être beaucoup plus grande. Ce couvercle étant posé sur le sol emprisonne un matelas d'air. Si on injecte de l'air supplémentaire par des trous dans la plate-forme, grâce à des ventilateurs ou des trompes, dans ce couvercle, il se soulève légèrement et peut glisser sur son matelas d'air en légère surpression, cette injection d'air maintenant le matelas en pression et compensant les fuites qui se produisent dans l'intervalle entre les bords du couvercle et le sol. Une variante consiste à injecter l'air dans une fente périphérique orientée vers le dedans. La traction horizontale peut être assurée de façon classique par hélices ou turbines, voire même par des roues auxiliaires légèrement porteuses, mais suffisamment pour permettre de diriger le véhicule.

La puissance nécessaire pour entretenir la pression du matelas d'air, théoriquement nulle à la limite, c'est-à-dire si le contact avec le sol était parfait, augmente très vite si la plate-forme s'élève pour franchir des obstacles.

L'originalité principale de l'aéroglesseur Bertin consiste dans les idées suivantes : remplacement des bords verticaux ou inclinés du couvercle par une jupe souple ou, mieux encore, faire reposer la plate-forme sur un ensemble de matelas d'air plus petits avec jupes individuelles, cet ensemble pouvant en outre être entouré ou non d'une grande jupe périphérique.

Ces diverses jupes traînant sur le sol, les fuites d'air sont réduites au minimum, d'où économie énorme de puissance et, grâce à la souplesse de ces jupes, les obstacles sont facilement franchis, de sorte que, sur des pistes à peine dégrossies à coup de bulldozers, donc très économiques, on peut envisager des vitesses allant jusqu'à 200 km à

l'heure pour relier, par exemple, une grande ville en quelques minutes à des centres urbains satellites situés à quelques dizaines de kilomètres.

Sur mer, ou à travers des zones désertiques, de grands aéroglisseurs, dont la capacité pourrait aller jusqu'à plusieurs milliers de tonnes, permettraient d'assurer un trafic intense de voitures et passagers entre continents ou zones non désertiques ou entre îles et continent, comme l'Angleterre et l'Europe ou la France et la Corse, même par mer agitée, grâce à la souplesse des jupes et à la réduction des fuites d'air par rapport aux surfaces portantes dans le cas de grandes plate-formes (les fuites étant proportionnelles aux longueurs périphériques et les surfaces au carré de ces longueurs).

Des formules d'« aérotrains » glissants sur une voie à profil convenable, en caniveau ou en croix, économiques d'établissement en raison de la non nécessité de précision des surfaces et de l'absence de chocs sur ces voies, permettraient d'atteindre facilement des vitesses plus élevées, de l'ordre de 400 km à l'heure, élargissant en-

core les perspectives dans le domaine des liaisons entre capitales et villes satellites avec des avantages supplémentaires de silence, de confort et d'absence de vibration, qualités qui, à elles seules, justifieraient aussi l'utilisation « métro ».

Enfin, diverses applications accessoires et intéressantes peuvent être encore envisagées telles que véhicules d'intervention rapide en cas d'accident sur les aéroports ou aux alentours, transports mixtes terre-eau dans les estuaires, transports de prolongation de trafic, en pays neufs, au-delà des moyens classiques (fer, routes et fleuves), transport des produits de plantation aux points de chargement, transports fragiles, etc., etc...

On voit, par ces quelques aperçus, l'importance considérable des perspectives offertes par un tel type d'engin intermédiaire, grâce aux perfectionnements capitaux apportés par M. Bertin. Aussi la Société d'Encouragement est-elle heureuse et fière de lui attribuer cette année la Médaille Toussaint en lui souhaitant, en outre, bonne chance dans la poursuite de ses efforts et réalisations.

MEDAILLE BARDY

Rapport présenté par M. Georges Champetier, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts chimiques, sur l'attribution de la Médaille Bardy à M. Maurice Letort, pour l'ensemble de ses travaux.

M. Maurice Letort est né en 1907, Ingénieur diplômé de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris, Docteur ès sciences physiques, il fut nommé, en 1936, Professeur et Directeur de la section scientifique et technique de l'Institut français de Prague. Après l'invasion et l'annexion de la Tchécoslovaquie, qui interrompit son action fort appréciée en faveur de la culture française, il revint

en France comme Maître de conférences à la Faculté des Sciences de Caen, puis fut nommé en 1943 Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, et, en 1946, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Chimiques de l'Université de Nancy. Sous son impulsion, cet établissement est devenu l'une des meilleures écoles de chimie françaises. En 1956, M. Maurice Letort a été

détaché à plein temps de l'Université pour assurer la direction scientifique générale du Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France dont il a fait en quelques années un Centre de Recherches scientifiques et techniques de haute réputation nationale et internationale.

M. Maurice Letort, l'un des premiers en France, s'est intéressé à la cinétique chimique. Il s'est attaché tout d'abord à étudier le mécanisme des réactions en chaîne. Il a découvert le rôle initiateur et sensibilisateur des traces d'oxygène dans la décomposition thermique des vapeurs organiques, puis il a conçu une méthode nouvelle pour étudier les mécanismes réactionnels en se basant sur la considération des vitesses initiales de réaction.

Dès 1932, il a entrepris une étude approfondie du mécanisme de décomposition thermique de l'acétaldéhyde. Éliminant l'arbitraire qui régnait dans l'interprétation des mécanismes réactionnels complexes, M. Maurice Letort a élucidé complètement le mécanisme de cette réaction et l'a étendu à d'autres cas de pyrolyse.

Par la suite, M. Maurice Letort a étudié la cinétique d'oxydation lente thermique ou photochimique de vapeurs ou de liquides organiques. Dans l'oxydation lente du méthane, il a découvert un nouveau facteur autoaccélérateur de la réaction, la vapeur d'eau formée, qui diminue continûment le rôle de la paroi dans la rupture des chaînes réactionnelles.

Ces études de cinétique chimique ont conduit M. Maurice Letort à s'intéresser aux radicaux libres. Pour les déceler, il a fait appel, non seulement à la méthode classique des miroirs de Paneth, mais encore à la spectrographie optique et à la spectrographie de masse, ce qui lui a permis de mettre en évidence, notamment, le radical CH_2 dans la décomposition du méthane par l'étincelle électrique et d'étudier la pyrolyse des

vapeurs organiques sur les filaments métalliques.

Un autre groupe de travaux de M. Maurice Letort concerne le mécanisme fondamental de la combustion du carbone. Il en a expliqué les anomalies cinétiques, il a démontré le rôle de la formation et de la décomposition des oxydes de surface du carbone, ainsi que le rôle de la diffusion du réactif gazeux dans ce matériau toujours poreux. Il a établi enfin le rôle extraordinairement sensible de catalyseurs à l'état de traces comme la vapeur d'eau tant dans le carbone lui-même que dans le gaz comburant. Il a pu confirmer l'existence de deux sortes de carbones : les uns graphitisables, les autres non graphitisables.

Les travaux de M. Maurice Letort sur l'acétaldéhyde lui avaient fait observer dès 1933 un phénomène extrêmement intéressant : la polymérisation de cette substance sous l'influence de traces de catalyseurs ioniques au moment de la fusion du cristal monomère à -123° . Il a montré que la polymérisation peut également avoir lieu avec le monomère liquide, mais elle est beaucoup plus lente. Cette découverte a été le premier exemple d'une macropolymérisation dans l'état solide : phénomène d'une importance capitale pour la préparation de polymères stéréoréguliers dont l'industrie commence à tirer parti. Par ces travaux, M. Maurice Letort a ouvert la voie aux recherches de cinétique chimique dans l'état solide. Il a donné une théorie du phénomène et préparé, le premier, en 1960, par cette méthode, des copolymères formaldéhyde-acétaldéhyde aux applications techniques intéressantes.

Enfin, récemment, M. Maurice Letort, dans le cadre des travaux du Centre d'études et de recherches des Charbonnages de France, a effectué une série d'études originales sur la valorisation des goudrons de houille qui retiennent fortement l'attention pour leur emploi dans les réacteurs d'avions. Il s'est également intéressé à des recherches sur la silicose, cette grave maladie des mineurs, et il a découvert l'inhibition

par la calcite et surtout par la diatomite du pouvoir fibrosant des poussières de quartz.

M. Maurice Letort est lauréat de l'Académie des Sciences, Président de la Société de Chimie physique, Membre du Conseil scientifique du Commissariat à l'Energie atomique et du Comité exécutif de l'Union internationale de Chimie. Il a présidé pendant sa première année

d'existence le Comité consultatif de la Recherche scientifique et technique auprès du Premier Ministre.

Le Professeur M. Letort est un animateur incomparable dont les travaux font autorité bien au-delà de nos frontières. Il est de ceux qui ont largement contribué au cours de ces dernières décennies au renom de la science française.

PRIX MESENS

Rapport présenté par M. Bernard Decaux, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution du Prix Melsens à M. Jean Uebersfeld, pour ses travaux personnels et son enseignement.

M. Uebersfeld est l'un des plus jeunes professeurs à la Sorbonne, où il enseigne l'électronique. Docteur ès-Sciences Physiques, il est aussi Ingénieur Physicien de l'Ecole Supérieure de Physique et Chimie de Paris. Cette dualité caractéristique de sa formation le préparait à une fructueuse liaison des recherches de base et des applications, qui trouve son épanouissement dans le Laboratoire de l'Horloge atomique du C.N.R.S. dont M. Uebersfeld est sous-directeur.

L'on sait que ce laboratoire, créé en 1958 pour l'étude des étalons atomiques de fréquence sous la présidence de M. A. Danjon, est dirigé par M. A. Kastler. Il comporte en quelque sorte deux « échelons », l'un au laboratoire de physique de l'Ecole Normale Supérieure, spécialisé dans les résonateurs à jet atomique et à pompage optique, l'autre à Besançon, spécialisé dans les masers à ammoniac. Cette dernière section, d'abord hébergée par la Faculté des Sciences, dispose désormais d'un magnifique bâtiment spécialement édifié à proximité de l'Observatoire de Besançon. Et c'est M. Uebersfeld qui a assumé la responsabilité de l'édification de ce laboratoire, depuis les projets de base jusqu'à l'équipement

final ; grâce à ses remarquables qualités d'organisateur et à son inlassable ténacité, il a mené à bien cette réalisation avec un plein succès.

Ces mêmes qualités, favorisées sans nul doute par sa formation d'ingénieur, lui avaient également permis de faire fonctionner dès 1959 le premier étalon atomique de fréquence construit en France, en un temps exceptionnellement rapide, en partant pratiquement de zéro. Ce maser à ammoniac, réalisé dès le début sous une forme à peu près définitive et non pas comme un montage de laboratoire, a été ensuite reproduit en plusieurs exemplaires ayant un aspect « industriel » avec le concours du Centre Technique de l'Industrie Horlogère (C.E.T.E.H.O.R.). L'un d'eux subit en ce moment à Bagnex, au Département Fréquences du C.N.E.T., sur les directives de M. Uebersfeld, des essais détaillés qui serviront de base pour les modèles suivants, beaucoup plus perfectionnés.

Mais tout ceci n'est qu'un aspect, le plus récent et peut-être le plus spectaculaire, de l'activité de recherches de M. Uebersfeld. Il commença dès 1953 des recherches sur la résonance paramagnétique électronique à l'Ecole Supé-

rieure de Physique et Chimie où il était assistant de M. R. Lucas, Directeur de l'Ecole. Il les poursuit en réalisant un spectromètre appliqué à l'étude de nombreuses substances, plus particulièrement les charbons. Ces belles recherches constituent l'essentiel de sa thèse de Doctorat ès Sciences physiques. Nommé Maître de Conférences en 1956 à Besançon (sa ville natale) il y organisait, de toutes pièces, un laboratoire de résonance magnétique électronique. Il faut souligner l'importance de ses recherches pour la connaissance de divers composés chimiques et substances organiques carbonisées, même à des doses infimes, dont les applications dans l'industrie chimique sont fort importantes.

Il est évident que, de pair avec son activité de recherches, à peine esquissée plus haut, M. Uebersfeld dispense son enseignement à de nombreux étudiants et chercheurs. Depuis le début de sa carrière, il eut à former des collaborateurs pour constituer les cadres des labora-

toires qu'il organisait. Il a maintenant autour de lui une pléiade de jeunes chercheurs qui continuent son œuvre à Besançon et à Paris.

M. Uebersfeld, Membre du Comité National Français de Radioélectricité Scientifique, fait également partie du Conseil de la Société de Physique, et de la Commission Scientifique et Technique de la Société Chronométrique de France.

Partageant son temps entre Besançon, Bagnoux et Paris, il réussit à mener de front ses fonctions professorales, ses recherches, sa direction du laboratoire de Besançon avec toutes les servitudes administratives, architecturales et autres que cela comporte. La Société d'Encouragement se devait de couronner la carrière, déjà si remplie, d'un jeune physicien qui a apporté une contribution de première importance à une branche de la science si nouvelle et si pleine de promesses dans tous les domaines.

PRIX GALITZINE

Rapport présenté par M. J.-J. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution du Prix Galitzine à M. Pierre Haymann, notamment pour ses travaux sur le mécanisme de l'action des faisceaux d'ions sur la matière et particulièrement sur les métaux.

M. Pierre Haymann est né le 12 juillet 1930. Après son service militaire, il prépare sa licence ès sciences à la Sorbonne. Celle-ci achevée, il entre au Laboratoire de Rayons X du C.N.R.S. et y est nommé successivement assistant, chef de travaux et maître-assistant.

Titulaire du Certificat 3^e cycle de Microscopie et Diffraction électroniques, il prépare et soutient brillamment une thèse de Doctorat d'Etat sur le bombardement ionique.

M. Haymann, dans de nombreuses publications aux Comptes rendus de

l'Académie des Sciences et à l'occasion de différents congrès, apporte une contribution essentielle au mécanisme de l'action des faisceaux d'ions sur la matière, et particulièrement sur les métaux. Il en tire de nombreuses applications quant à la métallographie par attaque ionique, au nettoyage et au décapage des surfaces, à la passivation de certains métaux, à l'amélioration des propriétés de semi-conducteurs ; il dirige en outre dans ce laboratoire des recherches sur l'action des protons accélérés sur les métaux ainsi que sur la mise au point d'un microscope basé sur

l'émission électronique secondaire par bombardement ionique.

M. Haymann a pris une part active à de nombreux congrès internationaux et a contribué grandement à l'organisation du Colloque international du C. N.R.S. sur le bombardement ionique ; ce qui lui a valu d'être invité comme « Research Associate » à l'Université

d'Indiana aux U.S.A. et au Département des mines d'Ottawa.

L'intérêt et l'importance de ses travaux, les applications qui en découlent, les perfectionnements qu'il a apportés à une méthode encore très neuve, nous ont amené à le désigner pour le Prix Galitzine de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

MEDAILLE BOURDON

Rapport présenté par M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution de la Médaille Bourdon à M. André Huot, pour ses travaux au sein de la Maison Desgrange et Huot dans les domaines de la mécanique aéronautique et des appareils de précision.

M. André Huot est ingénieur des Arts et Métiers. M. Huot, conjointement avec M. Desgrange, est l'un des animateurs de la maison Desgrange et Huot qui a des ateliers à Aubervilliers et Romorantin.

Au sein de la maison Desgrange et Huot, M. Huot s'était spécialisé dans la mécanique aéronautique, mais, depuis une dizaine d'années, il s'est tourné vers le développement des appareils de précision, pour les mesures de pression, appareils, balances manométriques dans lesquels la précision est mesurée par le poids qui contrebalance la poussée sur le piston de surface connue et dépourvue de frottement. Ces appareils sont les seuls appareils absolus pour les mesures de pression et ont une grande importance pour l'étalonnage et le contrôle de tous les appareils secondaires.

Les premières balances manométriques étaient destinées à une gamme de pressions moyennement élevées de 300 à 600 atm.

Au fur et à mesure que des pressions plus élevées s'introduisent dans l'industrie, des balances pour des pressions de 1.500 atm et dernièrement de 5.000 atm ont été mises sur le marché.

Le raffinement des techniques indus-

trielles de conditions toujours accrues de précision font que de tels appareils sont maintenant utilisés pour les mesures directes (et non seulement pour l'étalonnage) notamment sur des gazoducs où le débit est mesuré à partir des pertes de pression, etc...

Les balances de pression où l'étanchéité doit être assurée sans joint, constituent une des réalisations les plus difficiles de la mécanique de précision.

La qualité des réalisations de M. Huot est affirmée par le succès commercial qu'elles ont rencontré puisque non seulement elles sont utilisées très largement en France, mais que l'exportation en Europe constitue une part importante dépassant 50 % du total. C'est une des raisons pour lesquelles ces appareils scientifiques ont trouvé un large marché à l'étranger et nous devons en féliciter M. Huot.

Les balances de pression, dont le développement est dû en grande partie aux travaux de pionnier du physicien français Amagat, sont souvent appelées balances d'Amagat. Il est donc satisfaisant de penser qu'un ingénieur français a su réaliser des appareils de ce type qui s'imposent sur le marché international, et il est juste de lui attribuer la Médaille Bourdon.

MÉDAILLE GAUMONT

Rapport présenté par M. Arnulf, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution de la Médaille Gaumont à M. André Girard pour ses réalisations d'appareils au service des techniques de l'infrarouge.

M. André Girard, ingénieur de l'Ecole Supérieure d'Optique et ingénieur docteur, a, dès sa sortie de l'Ecole, été engagé comme ingénieur de Recherches à l'Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales où s'est déroulée toute sa carrière ; il y est chargé actuellement des calculs optiques et de la direction du laboratoire d'infrarouge, et dans l'une comme l'autre de ces deux disciplines, son apport scientifique a été de premier ordre.

L'étude systématique des conditions d'application des grandes machines électroniques au calcul optique, faite en collaboration avec le groupe de calcul de l'O.N.E.R.A., l'a conduit à l'élaboration d'une méthode permettant d'obtenir directement les éléments du meilleur système optique, connaissant le nombre des lentilles et les corrections à réaliser ; un calcul de contrôle lui a permis de retrouver directement, sans aucun tâtonnement, les caractéristiques des meilleurs objectifs du type Taylor actuellement sur le marché. Sa méthode est toujours utilisée avec succès par l'O.N.E.R.A., où constamment de nouveaux systèmes optiques sont élaborés et mis en service.

Tout en continuant à s'intéresser au calcul, M. Girard a été chargé du service d'infrarouge de l'O.N.E.R.A., cette branche de l'optique prenant actuellement des développements spectaculaires. A ce poste, il lui a été donné en particulier de s'occuper de problèmes de spectroscopie difficiles, combinant les grandes vitesses d'enregistrement avec une analyse aussi fine que possible du spectre ; il s'est alors trouvé devant le mur des limitations imposées par le peu de luminosité des appareils classiques, pour lesquels les fentes d'entrée de la lu-

mière doivent être d'autant plus étroites que l'on désire un spectre plus détaillé, et aussi devant le manque de sensibilité des récepteurs.

Il ne peut être question de décrire ici la méthode imaginée par M. Girard pour échapper à ces limitations ; il suffit de savoir qu'en remplaçant les fentes d'entrée et de sortie des spectrographes par des réseaux de lignes hyperboliques convenablement disposées, alternativement transparentes et opaques, il obtient deux améliorations fondamentales ; d'une part, il multiplie par un facteur allant de 150 à 300 la luminosité des instruments classiques ; d'autre part, le pouvoir séparateur obtenu est indépendant de cette luminosité, ce qui signifie que son appareil peut toujours fournir le pouvoir séparateur le plus élevé.

Les conséquences de cette découverte sont très importantes. En effet, les deux prototypes construits à l'O.N.E.R.A. par M. Girard ont déjà effectué divers travaux qui lui ont permis de déceler, dans les spectres IR d'absorption et d'émission, de nombreuses raies nouvelles ayant échappé jusqu'ici aux instruments les plus puissants en service actuellement.

Ces nouvelles possibilités offertes aux physiciens entraîneront d'emblée la révision obligatoire d'un grand nombre de spectres connus ; bien d'autres applications sont à envisager, par exemple aux transmissions par l'atmosphère.

Il est important de signaler que cet appareil est en construction par l'industrie et que la première série est pratiquement terminée. Pour le moment, il s'agit d'un type à haute résolution, mais d'autres modèles sont en cours

d'étude pour la spectrophotométrie infrarouge, celle des sources, le contrôle des récepteurs et des matériaux.

M. Girard a pu obtenir ses résultats grâce à une étude théorique difficile qu'il a fallu mener jusqu'au bout dans tous ses détails. Il a conduit les expériences et la réalisation des prototypes avec l'aide d'une équipe de grande valeur de techniciens de l'O. N. E. R. A.

Comme toujours en pareil cas, l'amélioration des performances qu'il a obtenue s'est traduite par une augmentation parallèle de la précision nécessaire et des difficultés de réalisation.

Les résultats obtenus par M. Girard justifient pleinement l'attribution de la Médaille Gaumont que lui a décernée la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

PRIX ELPHEGE BAUDE

Rapport présenté par M. Jacques Fougerolle, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts, sur l'attribution du Prix Elphège Baudé à M. Nicolas Esquillan pour l'ensemble de sa carrière.

Le Comité des Constructions et Beaux-Arts a proposé à notre Société d'attribuer le Prix Elphège Baudé à M. Nicolas Esquillan. Peu de candidats, en effet, présentent, autant que celui-ci, de titres à l'obtention de cette distinction.

M. Esquillan est sorti en 1922 de l'Ecole nationale d'Ingénieurs des Arts et Métiers, où il obtint la Médaille d'Argent. Aussitôt, il entra aux Entreprises Boussiron où il fit toute sa carrière et dont il est aujourd'hui le directeur technique. M. Simon Boussiron, dont chacun sait qu'il fut dès 1898 un des pionniers de la construction en béton armé, ne tarda pas à reconnaître en lui un ingénieur remarquablement doué, doublant son esprit inventif d'un sens inné de la construction et d'une conscience professionnelle à toute épreuve. La liste des ouvrages étudiés au Bureau d'Etudes des Entreprises Boussiron sous la direction de M. Esquillan est longue : sans doute suffira-t-il de n'en citer que quelques-uns dont la notoriété est grande aussi bien en France qu'à l'étranger.

En 1935, c'est le pont de La Roche-Guyon sur la Seine qui fut, à l'époque, le record mondial de portée des ponts en arc en béton armé à tablier suspendu.

En 1943, c'est, avec le pont de la Couette sur le Gave de Pau, le record mondial de portée des ponts en bow-strings à liaisons triangulées.

En 1950, voici le viaduc de Chasse sur le Rhône, record mondial de portée des ponts de chemin de fer en béton armé, à double voie ferrée suspendue.

En 1951, les Entreprises Boussiron détiennent avec le Hangar de Marignane le record mondial de portée des couvertures en voûtes minces. Ce hangar, dont il avait été demandé à Auguste Perret de tracer les lignes maîtresses, demeure un chef-d'œuvre de la collaboration de l'ingénieur, de l'entrepreneur et de l'architecte.

En 1955 enfin, c'est le premier grand pont-rail français en béton précontraint de La Voulte sur le Rhône.

Plus tard, en 1957-1958, viendront les pylônes du pont de Tancarville et le Palais du C.N.I.T. du Rond-Point de la Défense. La hardiesse de cette voûte sur plan triangulaire, conçue et calculée sous la direction de M. Esquillan, a rempli d'étonnement le monde entier.

De telles réalisations suffisent à elles seules à montrer l'apport de M. Esquillan dans les progrès de l'art de construire, soit en béton armé, soit en béton précontraint. Théoricien de haute qualité mais vivant journellement de la vie de l'entreprise, l'une des marques essentielles de sa carrière est de se situer précisément au point de rencontre de la science et de l'industrie, aux progrès de laquelle, dans un domaine important de l'activité économique, il a su contribuer. La notoriété de son nom a d'ailleurs dépassé nos frontières. Dans le cadre national, nous rappellerons son rôle au sein de la Commission d'Etudes techniques de la Chambre syndicale des Constructeurs en Ciment armé et Béton précontraint de France, à la Société des Ingénieurs civils de France dont il présida la première section. Il est actuellement le Président de la Commission

technique permanente de Recherches concernant les effets de la neige et du vent sur les constructions. Sur le plan international, il est délégué français au Conseil international du Bâtiment pour la Recherche, l'Etude et la Documentation, et Membre du Conseil d'administration du Comité européen du Béton. Lauréat de la Société des Ingénieurs civils de France qui lui décerna en 1953 le Prix Colombet et en 1959 le Prix Félix Robin, il reçut en 1958, à la Section britannique de la Société des Ingénieurs civils de France, la Médaille Guérille. Enfin, il fut en 1959 le premier titulaire de la Médaille d'Or Gustave Magnel décernée tous les trois ans par l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles spéciales de Gand en Belgique. La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, en honorant aujourd'hui M. Esquillan, tient à son tour à rendre hommage à une brillante carrière d'ingénieur tout orientée vers le progrès industriel. On affirme souvent, à juste raison, que si l'on devient ingénieur, en fait, on naît constructeur. C'est de toute évidence à un constructeur né que notre Société décerne aujourd'hui le Prix Elphège Baude.

MEDAILLE D'OR (ARTS PHYSIQUES)

Rapport présenté par M. André Léauté, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution d'une Médaille d'Or à M. Jacques Yvon, pour l'ensemble de sa carrière.

La carrière de M. Jacques Yvon fournit un excellent exemple d'équilibre entre la science fondamentale et ses applications. C'est là une orientation que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a toujours eu à cœur d'honorer.

La première phase de cette carrière, environ de 1935 à 1950, est dédiée presque en entier à la physique théorique et à l'enseignement. Enseignement secondaire d'abord : le professeur y découvre vite l'importance de la simplicité, et il acquiert ainsi un talent dont

s'affirmera plus tard l'efficacité quand au lieu d'instruire de jeunes élèves, il aura à ouvrir les arcanes nucléaires à des industriels chevronnés.

Simultanément, il se signale par une série de travaux sur la mécanique statistique. On sait que, même en restant dans le cadre classique, la statistique conduit, plus ou moins parfaitement, il est vrai, à l'explication de la plupart des propriétés macroscopiques des corps. Mais, si la voie est aisée pour un gaz dit parfait dont les molécules ne sont pas troublées par leur voisinage, le problème devient ardu quand les molécules, du fait de leur rapprochement, exercent entre elles des forces non négligeables. Comme ces forces croissent très vite quand décroît la distance des éléments entre lesquels elles agissent, c'est à la redoutable étude des interactions entre molécules que l'on doit procéder pour parvenir à une meilleure connaissance de la structure physique des milieux denses. On devine combien ce genre d'investigation recèle de difficultés : mais celles-ci n'ont pas arrêté M. Jacques Yvon, que sa nature est loin de porter aux choix faciles. Successivement, il aborde et fait progresser des problèmes aussi épineux que celui des actions mutuelles entre particules électriquement chargées dans un plasma en équilibre thermique ou encore celui de la répartition de la densité au sein d'un fluide condensé en équilibre dans un champ de forces. Ce dernier travail allait porter son auteur dans le domaine des états méta-stables, alors que la thermodynamique se borne trop souvent à la seule prise en considération des stables. Une fois ouverte, cette voie est poursuivie par le jeune chercheur qui édifie alors une théorie du désordre moléculaire dans les alliages et réussit à analyser mieux que par le passé les anomalies de la chaleur spécifique dans les corps naturels. Celles du paramagnétisme au-dessus du point de Curie ferromagnétique sont pareillement traitées. Viennent ensuite, selon des méthodes d'approche similaires, des calculs

relatifs aux fluctuations de densité, aux ondes d'agitation thermique, et une très pénétrante critique de la notion de pression dont celle-ci sort dépouillée de la simplicité que lui conféraient à tort les raisonnements usuels.

Le bel ensemble de travaux qui vient d'être sommairement décrit est tout entier fondé sur la statistique classique. C'est une originalité qui fait découvrir chez notre auteur un trait aujourd'hui assez rare et qu'on ne saurait trop approuver. Un entraînement commun des jeunes générations devant les prestigieuses conquêtes de la physique moderne les rend trop indifférentes à l'ancienne. On méconnaît ainsi que, pour se rendre maître d'un développement, il en faut scruter à fond les racines, et on mésestime les services que peuvent rendre encore les méthodes anciennes. Le groupe de travaux dont les grandes lignes viennent d'être retracées montre qu'en utilisant adroitement la décroissance exponentielle des interactions avec la distance, il a été possible, en se servant de la vieille statistique de Boltzmann, de dégager des conclusions qui, sans fournir encore les valeurs numériques des interactions, éclairent de manière suggestive les propriétés des corps naturels. Il n'y fallait que la pénétration d'esprit et la virtuosité mathématique de M. Jacques Yvon.

Celui-ci, toutefois, dans les deux ou trois dernières années de la première phase de sa carrière, publie des travaux où l'on peut deviner les prodromes d'une conversion prochaine ; il se préoccupe à ce moment d'étendre à la statistique de Fermi ses conclusions antérieures sur la distribution de la densité dans un champ de forces, puis — après la Libération — sur la notion de pression dans un système en équilibre thermodynamique ; sa théorie du ferromagnétisme est reprise dans le même esprit. Nul doute que ces études n'aient traduit un secret appel, celui d'une nature trop riche pour se satisfaire des seules joies spéculatives. Peut-être y intervenait-il aussi la conscience d'un

devoir national. Au lendemain d'une épreuve qui avait failli être mortelle, le pays n'avait-il pas besoin que tous ses fils concourent à annuler, pour la conquête de l'énergie nucléaire, le retard que l'occupation avait imposé ? Ces raisons se sont sans doute cumulées pour déterminer en 1949 un tournant brusque dans la carrière de M. Jacques Yvon. Il entre au Commissariat à l'Energie atomique, ce qui signifie, au sens moderne du terme, qu'il « s'engage ». Placé bientôt à la tête du Département des Etudes de piles, il sera investi ensuite de la direction de la physique et des piles atomiques, et là, il va avoir pendant douze ans à surmonter, au lieu des seules difficultés de la physique théorique, les obstacles encore plus sévères des mises en pratique. Ce n'est pas qu'il entendît pour autant renoncer à la physique mathématique ; il restera au contraire en contact étroit avec elle jusque dans ses plus récentes acquisitions et ne s'absentiera pas d'y contribuer par de nouvelles notes relatives notamment à la diffusion des neutrons par impact contre une cible, puis aux interactions entre plusieurs systèmes ou entre les diverses particules d'un même système. Mais cette sorte de travaux ne forme plus son activité unique ; la plus importante consiste désormais à inspirer et mener à bien l'équipement du pays en piles nucléaires. Cette dualité accroît l'intérêt que la Société pour l'Encouragement à l'Industrie nationale se doit de lui porter. Successivement, il s'attaque à tous les problèmes que soulève la construction des piles. Pour résoudre entre autres ceux que pose le transfert de l'énergie thermique par convection, il prend l'initiative d'instituer des recherches expérimentales et crée à Saclay un laboratoire spécialisé. Il introduit dans son service l'emploi des calculateurs électroniques, il intronise la mesure des sections efficaces par la spectrométrie à diffusion neutronique, il est aussi à l'origine de recherches sur la propagation des rayonnements radioactifs à travers les maçonneries et il

anime plusieurs autres études importantes. Surtout, il prend avec la perspicacité et plus encore la continuité de dessein qui caractérisent un chef, des décisions essentielles qui déterminent pour un long avenir les filières des réacteurs français. Après les choix initiaux, il guide et active l'exécution. Comme l'industrie privée qui y contribue doit satisfaire des besoins nouveaux en ce qui touche les matériaux et les manutentions, il se charge d'enseigner lui-même aux dirigeants industriels les notions essentielles de physique atomique ; il y réussit avec bonheur, comme nous l'avons dit, grâce à la simplicité de ses exposés, pourtant approfondis. Il met pareillement la main à l'exploitation, à la rédaction des consignes, au choix du personnel ; il organise aussi l'inspection des engins en service et accomplit la prouesse d'avoir évité jusqu'ici tout accident nucléaire de quelque gravité. En bref, dans cette seconde phase de sa carrière, M. J. Yvon, grâce à d'éminentes qualités industrielles qui s'ajoutent chez lui aux dons scientifiques, a effectué une œuvre de la plus grande importance pour notre pays.

A présent, il entre dans un troisième stade de son évolution, car il vient de recevoir le grand honneur de succéder à M. le duc Louis de Broglie dans son enseignement à la Faculté des Sciences de Paris.

Enfin, ce rapport ne saurait se dispenser d'évoquer, s'agissant d'un déporté, la dramatique interruption que lui valut sa résistance aux fureurs aberrantes du nazisme hitlérien. Mais par une louable particularité de son caractère, M. Jacques Yvon ne se plaît pas aux rappels de son courage. Il est juste pourtant que, dans notre gratitude envers les morts des camps d'extermination, nous fassions entrer aussi ceux qui se sont exposés à subir le même sort.

M. Jacques Yvon reçoit la Médaille d'Or des Arts physiques.

MÉDAILLE D'OR (ARTS PHYSIQUES)

Rapport présenté par M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille d'Or à M. Henri Volkringer pour ses travaux originaux en spectroscopie et son rôle à la tête du service des inventions et de la recherche appliquée au C.N.R.S.

Ancien élève de la prestigieuse Ecole normale supérieure, agrégé de Physique, titulaire d'un Doctorat ès Sciences, M. Volkringer a suivi la carrière universitaire habituelle, devenant successivement Directeur adjoint à l'Ecole des hautes études, Maître de Conférences, Directeur de Recherche au C.N.R.S. puis Professeur à l'Université d'Aix-en-Provence, et publiant des mémoires originaux sur divers domaines de la spectroscopie, notamment sur la spectroscopie des vapeurs métalliques, sujet qui, avec les développements récents de la physique atomique et des plasmas, est d'une actualité évidente.

Cependant, très tôt, il semble apparaître que cette activité de science pure n'est pas la seule préoccupation de M. Volkringer. En effet, avant même d'avoir passé l'agrégation, il est devenu bachelier en droit, et dès 1929, il publie son ouvrage sur le développement historique des sciences : « Les Etapes de la Physique ».

Etant donné ses intérêts et ses compétences aussi diverses, jointes à la culture scientifique la plus élevée, on n'est pas étonné d'apprendre qu'on ait fait appel à lui, dès 1939, pour collaborer en tant que chargé de mission au Service des Inventions du C.N.R.S.

C'est dans ce service, alors à ses débuts, que M. Volkringer a fait la plus grande partie de sa carrière et celle qui concerne le plus la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale qui l'honore aujourd'hui. Ce service porte depuis 1945 le nom du Service des Inventions et de la Recherche appliquée et M. Volkringer en est le Directeur depuis cette date.

Ainsi retracer l'œuvre de M. Volkringer reviendrait à faire un bilan du Ser-

vice qu'il dirige, tant sa personnalité s'identifie avec tout ce qui touche les applications de la Science fondamentale dans l'Industrie.

Le Service des Inventions reçoit les demandes de brevets émanant aussi bien des laboratoires du C.N.R.S. que ceux de l'Université et, en outre, aide aussi parfois les inventeurs isolés. La prise du brevet et la passation des contrats d'exploitation basés sur les brevets ou dans certains cas sur des mises au point techniques seulement, sont également assurés par ce service. L'intervention du C.N.R.S. et l'examen préalable des inventions par des experts, qui est la règle de cet organisme, est une garantie à la fois pour l'Industrie qui court le lourd risque d'entreprendre des fabrications dans des voies nouvelles et pour les inventeurs eux-mêmes qui n'ont pas toujours la formation nécessaire pour apprécier la vraie valeur pratique de leurs recherches.

Bien que de taille encore beaucoup trop modeste, le service de M. Volkringer compte à son actif des succès marquants dans des domaines les plus variés dont il suffira de donner ici quelques exemples :

- ferrites et semi-conducteurs,
- machines électrostatiques,
- énergie solaire,
- polymères greffés,
- liquéfacteur d'hélium,
- élimatisation par rayonnement du sol vers l'espace,
- prospection électromagnétique en géophysique,
- chimie pharmaceutique (centrophénoxine),
- microscopie interférentielle,
- endoscopie (avec applications

importantes aux opérations faites sur le cerveau),

- appareils d'analyse spectrale (infrarouge et ultraviolet lointain),
- microanalyseurs électronique et ionique.

Le Service de M. Volkringer intervient, non seulement dans la délicate rédaction des brevets et dans leur défense au cours du processus d'examen dans le pays où celui-ci existe, mais aussi dans la tâche parfois extrêmement difficile de la négociation des licences d'exploitation qui englobent les domaines techniques les plus divers ainsi qu'il ressort de la liste qui vient d'être donnée, et concernant à l'heure actuelle des domaines territoriaux couvrant la plupart des pays industrialisés, y compris ceux réputés par leur haut degré de protectionnisme en matière de propriété industrielle tels que les Etats-Unis et le Japon.

Aux tâches qui viennent d'être rappelées, déjà assez lourdes et importantes, s'en ajoute une autre, celle qui touche à l'Organisation des Expositions scientifiques et techniques. L'intervention de M. Volkringer concerne notamment la participation du C.N.R.S. à ces Expositions, mais souvent déborde largement ce rôle et l'amène à coordonner l'ensemble de la contribution des divers secteurs industriels et scientifiques du pays.

L'utilité de telles expositions pour la diffusion des acquisitions de la science et de la technique française à l'étranger est immense et cela même lorsque pour des raisons diverses l'effet à court terme n'est pas aussi bon qu'on peut le désirer sur le plan commercial. Pour tous ceux qui ont visité les sections scientifiques de l'Exposition française de Moscou, cette affirmation a la force d'une certitude. Cependant, le choix des sujets les plus solides est une question essentielle et convaincre le scientifique d'avoir à distraire une partie de son temps à la préparation d'une présenta-

tion correcte est parfois difficile. M. Volkringer a su à merveille s'acquitter de l'une et l'autre de ces tâches délicates.

M. Volkringer, grâce à une énergie peu commune, a su faire face aussi bien aux multiples responsabilités en dépit des épreuves que la vie très tôt ne lui avait pas ménagées. Dans les négociations qu'il a menées, la rectitude, la clairvoyance du jugement, ont été un facteur déterminant et beaucoup d'entre nous ont pu apprécier la rapidité et la justesse de son esprit, mais ce facteur est loin d'être le seul. Dans des questions où les intérêts particuliers sont en jeu, le désintéressement, la confiance qu'inspire l'interlocuteur, son rayonnement personnel sont un atout majeur. Abrités derrière la fine ironie de son sourire malicieux, ces qualités humaines de M. Volkringer apparaissent clairement après quelques minutes d'entretien et ont su lui gagner le respect et la confiance qui sont les éléments indispensables de toute entente solide.

Dans ce pays, où traditionnellement les idées originales ne manquent pas, et où l'esprit d'analyse et de rigueur est si développé, on peut se demander pourquoi les idées ne se concrétisent pas plus souvent en applications. Parmi beaucoup d'autres, une des raisons de cet état de choses est le manque de liaison science fondamentale-industrie. Le grand mérite de M. Volkringer est d'avoir été le pivot et un des premiers promoteurs de cette liaison dont l'importance est incontestable, et où M. Volkringer a abouti non seulement à des accords contractuels précis, mais a joué un rôle beaucoup plus vaste par la mise en contact des hommes de divers secteurs de l'activité nationale. Ce rôle a été largement reconnu puisque M. Volkringer est Membre du Conseil supérieur de la Propriété industrielle, fait partie de l'Organisation de Coopération et le Développement économique. Ses services au C.N.R.S. ont été déjà récompensés par une promotion au grade d'Officier dans l'ordre de la Légion d'Honneur, mais sa contribution aux diverses branches de

l'activité du pays ne pouvait recevoir de meilleure récompense que dans le choix de la Société d'Encouragement pour

l'Industrie nationale qui fait de lui, très judicieusement, un des lauréats de sa plus haute récompense.

MEDAILLE D'OR (ARTS CHIMIQUES)

Rapport présenté par M. Georges Champetier, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts chimiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. J.-P. Wolff pour ses travaux sur le contrôle des corps gras.

M. Jean-Pierre Wolff, Ingénieur-docteur, ingénieur chimiste de l'Ecole supérieure de Physique et de Chimie de la Ville de Paris, est Directeur de l'Ecole supérieure d'application des corps gras. Après avoir effectué des recherches sur l'acidimétrie dans les solvants non aqueux, qui firent l'objet de sa thèse de Doctorat, M. J.-P. Wolff s'est consacré aux travaux d'analyse sur les corps gras qui lui ont valu une réputation très largement reconnue. Ses travaux originaux portent notamment sur l'analyse des savons et sur l'analyse des pâtes de neutralisation. Une étude spectrophotométrique ultraviolette de l'oxydation des corps gras lui a permis de différencier aisément les huiles vierges et raffinées et de contrôler les opérations de raffinage. Il a aussi utilisé la méthode spectrographique ultraviolette pour doser les substances antioxygènes incorporées aux corps gras. Les récents travaux de M. J.-P. Wolff se rapportent au contrôle de la pureté des corps gras par les techniques de la chromatographie en phase gazeuse, ce qui lui a permis de mettre

au point une technique d'analyse simple des saindoux. En dehors de ces travaux personnels, M. J.-P. Wolff a publié plusieurs mises au point sur les contrôles analytiques en huilerie, en savonnerie et dans les industries des corps gras alimentaires. Elles ont été très appréciées des spécialistes auxquels elles ont rendu d'appréciables services, ainsi que son livre intitulé « Méthodes d'analyse des matières grasses ». La qualité des travaux de M. J.-P. Wolff lui a valu d'être nommé expert auprès du tribunal de Commerce et de l'Administration des Douanes. Il assume les fonctions de Secrétaire de la Commission française des Matières grasses. Il est membre et ancien Président de la Commission française d'analyse du Comité international de la Détérgence. Son action à la Direction de l'Ecole supérieure d'application des Corps gras a fait de cette école un établissement renommé qui a fourni à l'Industrie française des corps gras et même à des industries étrangères, des ingénieurs très recherchés.

MEDAILLE D'OR (ARTS ECONOMIQUES)

Rapport présenté par M. G. Wolff, au nom du Comité des Arts économiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. Henry Lion pour ses activités sociales.

Né à Paris en 1896, M. Henry Lion sortit Ingénieur diplômé de l'Ecole de Physique et Chimie de Paris en 1907.

Sa carrière professionnelle fut sur-

tout orientée vers la fabrication et le contrôle des produits chimiques et pharmaceutiques.

Esprit curieux se tenant au courant

de l'évolution scientifique, il prit à partir de 1924 divers brevets (sur l'amélioration du son dans les applications de la radio, sur la saccharification de la cellulose, sur une méthode de préparation des infusions, etc...). Dans ces divers domaines, il a imaginé des techniques originales qui restent valables.

De 1930 à 1937, il joua le rôle d'ingénieur-conseil auprès de divers groupes industriels.

A partir de 1937, se consacrant de plus en plus aux questions sociales, il dut réduire son activité professionnelle de chimiste sans, cependant, cesser de garder le contact avec les applications du progrès scientifique.

Dès 1919, il avait contribué à la création du Syndicat des Ingénieurs chimistes français, dont il fut le Secrétaire général adjoint de 1919 à 1940.

C'est à ce titre qu'il participa en 1936 aux discussions de travail en faveur des Ingénieurs et Cadres de l'Industrie chimique de la région parisienne, convention qui déjà prévoyait la constitution d'une retraite. Les développements que cette convention laissait prévoir ont justifié le fait que M. Henry Lion se consacra de plus en plus à la mise sur pied des organisations de retraite.

Dès 1937, l'Association générale de Prévoyance des Ingénieurs, qu'il animait, traita avec cinq importantes compagnies d'assurances pour la réalisation d'un régime de retraites. La guerre n'arrêta pas l'élan donné et les régimes mis sur pied continuèrent à se développer.

En 1944, la Fédération des Syndicats d'Ingénieurs qu'il avait contribué à créer en 1937 est élargie et devient la Confédération générale des Cadres (C.G.C.) ; Lion y est l'animateur des tra-

vaut concernant les problèmes de retraite et de prévoyance.

Du fait de l'avilissement de la monnaie, les régimes existants basés sur la capitalisation conduisaient à des résultats décevants. Cet état de choses provoqua de nouvelles discussions avec le C.N.P.F. auxquelles Lion prit une part très active.

Celles-ci aboutirent à la convention collective nationale du 14 mars 1947, qui a créé le régime obligatoire de retraites et de prévoyance des cadres. Les organismes nécessaires au fonctionnement de ce régime furent, sous l'égide de Lion, regroupés dans l'Association générale des Institutions de Retraite des Cadres (A.G.I.R.C.), dont il est le Président.

Son activité sociale l'a amené à participer à la vie de nombreux groupements parmi lesquels il convient de citer la Confédération des Travailleurs Intellectuels dont il fut le secrétaire de 1945 à 1950, l'Entraide des Travailleurs intellectuels, l'Association pour la Recherche d'une Alimentation normale, etc... Il est l'auteur de diverses publications :

Technique et Vie sociale (1954).

Recueil Sirey : Régime de retraite et de Prévoyance des Cadres (1955).

Problèmes actuels de l'Alimentation, etc...

L'activité sociale d'Henry Lion, qui s'étend sur plus de quarante ans, a été, comme ce court résumé le montre, particulièrement féconde.

Son rôle a été essentiel dans l'établissement du régime de retraite des cadres dont bénéficient actuellement plus de 80.000 cadres et 60.000 veuves.

Ces titres justifient l'attribution de la Médaille d'Or.

MÉDAILLES DE VERMEIL

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. R. Lucas, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une médaille de vermeil à Mme Morin (née Devaux), spécialiste de la réalisation des pièces optiques indispensables aux travaux de recherches physiques.

Mme Morin est ingénieur de l'Ecole Supérieure d'Optique et, depuis l'achèvement de ses études d'ingénieur, elle travaille au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne.

Sous la direction du professeur Cotton, et, par la suite, du professeur Cabannes, elle se spécialisa dans la technique de réalisation de pièces optiques indispensables aux travaux de recherches les plus variées, telles que lames cristallines demi-onde, quart d'onde, prismes biréfringents, bilames de Bravais et lames à faces parallèles taillés dans les cristaux suivant des orientations particulières vis-à-vis des axes optiques.

Ces divers problèmes nécessitent des connaissances étendues en matière d'optique cristalline ainsi qu'une habileté expérimentale qui doit se renouveler constamment par une succession de conditions particulières pour chaque problème posé.

Actuellement, après vingt-trois années d'ancienneté, Mme Morin assume la direction de l'atelier d'optique ; elle a formé des techniciens et initié de nombreux chercheurs aux méthodes de travail qu'elle connaît parfaitement. Par les réalisations personnelles nombreuses qu'elle a effectuées, Mme Morin a rendu de grands services aux laboratoires scientifiques et industriels les plus variés.

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. J.-J. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une médaille de vermeil à M. Claude Sella, pour ses travaux en microscopie et diffraction électroniques.

M. Claude Sella est licencié ès Sciences physiques, titulaire du diplôme d'Etudes supérieures, Maître-assistant à la Faculté des Sciences de Paris. Il entre en 1956 au laboratoire dirigé par le Professeur Trillat, à Bellevue, et y consacre son activité à la recherche et à la formation des jeunes chercheurs.

M. Sella s'est particulièrement distingué dans le domaine de la microscopie et de la diffraction électroniques, où il possède une maîtrise remarquable. L'étendue de ses connaissances en physique et en chimie lui a permis de s'attaquer à de nombreux problèmes mettant en œuvre les techniques de

microscopie et diffraction électroniques, particulièrement dans le domaine de la physique des solides.

C'est ainsi qu'il a apporté une contribution importante à l'étude de la structure et de la cristallisation des hauts polymères, à l'étude des cristaux ioniques, de la structure et de l'oxydation du graphite, de la déshydratation du gypse, etc...

Grâce à d'ingénieux dispositifs, il applique la microscopie électronique à l'étude de la structure des verres ; les résultats obtenus ont conduit à une connaissance beaucoup plus complète de ces derniers. Il montre que cette tech-

nique apporte également d'importants renseignements pour les géologues ; enfin, il précise les effets du bombardement ionique sur le verre et sur les cristaux lamellaires, complétant par là les travaux entrepris dans le laboratoire en ce domaine.

M. Sella a publié quarante articles ou mémoires originaux, et a participé à de nombreux congrès scientifiques interna-

tionaux. Il a pris part, cette année, au colloque sur les lames minces et l'épitaxie aux Etats-Unis.

Son activité, l'intérêt de ses recherches toujours orientées vers les applications, justifient amplement la distinction qui lui est accordée, la Médaille de vermeil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

ARTS CHIMIQUES

Rapport présenté par M. Georges Champetier, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts chimiques, sur l'attribution d'une Médaille de vermeil à M. Claude Defromont, pour ses travaux comme chef de l'Atelier expérimental de l'Institut des Corps gras.

M. Claude Defromont dirige avec compétence l'atelier expérimental du Bouchet de l'Institut technique d'Etudes et de Recherches sur les Corps gras. On lui doit de nombreuses études de mises au point techniques qui sont le prolongement indispensable des recherches appliquées effectuées dans les laboratoires de l'I.T.E.R.G. Ses principaux travaux ont porté sur la décoloration chimique des suifs industriels et des savons correspondants, sur la cor-

rosion des métaux par l'oléine, sur la démucilagénation de diverses huiles, sur des procédés d'extraction de l'huile d'arachide par solvants ou par pression, sur la filtration des huiles, sur l'évolution des tourteaux déshuilés en cours de stockage, etc. Les qualités d'intelligence, d'énergie et de conscience professionnelle de M. Defromont lui ont permis d'animer l'atelier expérimental du Bouchet et d'en faire un laboratoire de recherche technique très apprécié.

MÉDAILLES D'ARGENT

ARTS MECANIQUES

Rapport présenté par M. l'Ingénieur général J.-J. Barré, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'attribution d'une Médaille d'argent à M. Raymond Savalle, ancien collaborateur des Etablissements Esnault-Pelterie, pionnier de l'aviation, puis de l'astronautique.

M. Raymond Savalle est né à Châlons-sur-Marne le 4 mars 1888.

Sorti en 1908 de l'Ecole des Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne (Promotion 1905-1908), il a fait un court séjour dans une fabrique de lampes à arc.

Puis, dès juin 1909, il entrait aux Etablissements d'aviation Esnault-Pelterie, à Billancourt, où il a fait toute sa carrière, à la seule exception d'une année de stage à la Société anonyme de Constructions mécaniques, à Saint-Quentin (matériel pour sucreries et raffineries).

A ses débuts, aux Etablissements R. E.P., il fut dessinateur au bureau d'études, section « Aéroplanes ». Puis il devint successivement chef des essais des moteurs d'aviation, et ingénieur chargé de la coordination entre la fabrication et les essais à l'aérodrome des moteurs et, dirions-nous aujourd'hui, des cellules. Il participa ainsi aux tout premiers débuts de l'aviation dont il peut être considéré comme l'un des pionniers. Il contribua en particulier à la formation des premières escadrilles militaires utilisant des avions R.E.P.

A la déclaration de guerre de 1914, Robert Esnault-Pelterie le fit détacher aux aciéries de Saint-Chamond pour surveiller la fabrication des blindages d'avions. Il rallie ensuite l'usine de Boulogne repliée à Lyon, où il occupe successivement les postes de chef de fabrication et d'ingénieur contrôlant le bureau d'études, la fabrication et les essais à l'aérodrome. Il est en outre chargé des relations avec la S.T.A. et la S.F.A. et exécute plusieurs missions, en particulier aux Etablissements Caproni de Milan. Ceci le conduisit à assurer la production des avions Voisin, Sopwith et Caproni, construits par les Etablissements Robert Esnault-Pelterie durant la guerre.

Après les hostilités, il dirigea les fabrications de reconversion de l'usine Robert Esnault-Pelterie d'aviation.

Revenu à Boulogne-sur-Seine au laboratoire R.E.P. de la rue des Abondances, il étudia et réalisa les appareils matérialisant les brevets d'invention de Robert Esnault-Pelterie.

A cette occasion, de pionnier de l'aviation, il devint pionnier de l'astronautique. Sous la direction de Robert Esnault-Pelterie, il dessina et fit réaliser plusieurs organes essentiels pour les fusées, tels que : pompe à cames triphasée pour assurer un débit constant des liquides, un doseur-vibrant, des tuyères à chemises de refroidissement, des appareils pour essais de propergols au laboratoire, essais auxquels, d'ailleurs, a participé le signataire de ce rapport. Lors de l'explosion qui arracha quatre doigts à Robert Esnault-Pelterie, M. Savalle organisa rapidement les premiers secours et le transporta à l'hôpital. Sitôt le blessé rétabli, M. Savalle fit dessiner et réaliser l'installation d'essai au point fixe au Polygone de la Commission des poudres de guerre de Versailles, à Satory. Ce banc fonctionna parfaitement dès les premiers essais.

La guerre de 1940 mit brutalement fin à ces études d'avant-garde. Robert Esnault-Pelterie le nomma directeur de son usine de Lyon dont les fabrications comportaient notamment des échangeurs de température ainsi que des presses à mouler les matières thermostoplastiques.

Il quitta la direction de l'usine en 1950 et, dans une demi-retraite, il devint le fondé de pouvoir de Robert Esnault-Pelterie avec lequel il continua de collaborer à l'exploitation des brevets de ce dernier.

Cette carrière sans bavure, à l'extrême pointe d'avant-garde du progrès, honore grandement M. Savalle et nous paraît justifier pleinement l'attribution d'une Médaille d'argent de la Société.

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille d'argent à M. Jean Martin pour sa longue carrière dans l'industrie automobile et aéronautique et sa spécialisation dans le domaine de l'ultraviolet lointain.

M. Jean Martin est ingénieur au Laboratoire des Hautes Pressions à Belle-

vue. Bien qu'il ait déjà dépassé l'âge de la retraite, M. Martin travaille toujours

activement. Avant d'être au C.N.R.S., il a eu une carrière bien remplie dans l'industrie automobile et aéronautique. Depuis douze ans, il est à Bellevue. Son esprit inventif, son expérience de la mécanique et son ingéniosité ont fait merveille dans les applications de tous ordres, depuis la mécanique fine des spectrographes jusqu'aux appareils de haute pression. En particulier, c'est grâce à M. Martin, avec lequel nos chercheurs ont collaboré intimement, qu'ont pu être créés les prototypes de spectrographes pour l'ultraviolet qui sont maintenant industrialisés en France et permettent à notre pays de ne pas être tributaire de l'étranger dans ce domaine, comme malheureusement il l'est dans d'autres domaines de la spectrographie où tous les appareils sont achetés en dehors de nos frontières.

M. Martin est un ingénieur de très grande classe. Ses réalisations sont nombreuses et ont toujours été couronnées de succès. Citons un monochromateur à réseau concave en incidence normale, un

monochromateur à réseau concave en incidence tangentielle, un spectrographe à réseau concave en incidence tangentielle. Récemment, M. Martin a encore étudié un cas d'introduction d'électrode dans une chambre à étincelles sous vide pour quanto-mètre analytique dans l'ultra-violet lointain. M. Martin est certainement un des meilleurs parmi les très rares ingénieurs qualifiés dans ce domaine très particulier de l'optique. Il possède un sens très précieux de la mécanique de précision, et, par ses connaissances qui sont très vastes, est capable d'aborder pratiquement tous les problèmes ; il a, en ce sens, étudié récemment un agitateur sous haute pression qui fonctionne parfaitement. Il est à noter que la plupart de ses études ont donné lieu par la suite à des appareils commercialement exploités. Pour toutes ces raisons, il semble juste d'apporter à M. Martin le témoignage de reconnaissance de la Science appliquée française en lui décernant la Médaille d'argent de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. François Canac, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille d'argent à M. Vladimir Gavreau, pour ses nombreuses inventions, telles que sirène hydropneumatique, moteurs ultra-sons, appareils de mesures de fréquences.

M. Vladimir Gavreau, ingénieur au C. R. S. I. M. Marseille, est l'auteur de « Robots » permettant la reproduction automatique du travail d'un tour avec une très grande précision. Le principe de l'appareil consiste à faire sur un magnétophone l'enregistrement des mouvements des diverses manœuvres. Les appareils de plusieurs types ont été présentés l'an dernier à l'Exposition de Moscou et ont eu un grand succès.

M. Gavreau est l'auteur de beaucoup d'autres inventions, notamment d'une sirène hydropneumatique, d'appareils d'émission d'ultra-sons, de l'appareil de mesure précise des fréquences sonores, et en particulier des basses fréquences.

Il dispose actuellement aux nouveaux locaux du C.R.S.I.M. d'un bâtiment particulier et poursuit ses essais avec un entrain et une efficacité dignes d'éloges.

MÉDAILLES DE BRONZE

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. François Canac, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille de bronze à M. Robert Levavasseur pour ses appareils d'émission de sons et d'ultra-sons.

M. Levavasseur, second ouvrier de France au C.R.S.I.M., est l'auteur d'une sirène ultra-sonore utilisée avec succès pour parfaire le mélange des gaz de combustion. M. Levavasseur a travaillé depuis des années sur les appareils

puissants d'émission de sons aigus et d'ultra-sons, et il y a gravement compromis sa santé.

La Médaille qui lui est accordée est une très juste récompense.

ARTS PHYSIQUES

Rapport de M. François Canac, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille de bronze à M. Gilbert Corsain pour ses travaux d'acoustique.

Physicien au C. R. S. I. M., chef des équipes de mesures acoustiques à l'extérieur, M. Gilbert Corsain a mis au point des procédés de mesure d'isolation acoustique, d'ébranlement et de ré-

partition de son dans les édifices qu'il utilise à la demande de nombreux industriels et a participé avec succès à des recherches de nouveaux procédés.

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. René Lucas, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille de bronze à M. Daniel Quenonne pour ses travaux à l'atelier de recherches de mécanique au Laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne.

M. Quenonne travaille régulièrement depuis 1955 à l'atelier de mécanique du Laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne. Il a sous son autorité directe plusieurs mécaniciens qui disposent d'un ensemble de machines-outils assez important. M. Quenonne est sorti de l'Ecole professionnelle de la Chambre des Métiers de Paris. Il est titulaire de plusieurs certificats d'apti-

tude professionnelle, et en particulier celui des mécaniciens en instruments de précision.

Dans son activité quotidienne, M. Quenonne a fait preuve d'excellentes qualités de technicien, ayant des connaissances approfondies en matière de réalisations mécaniques correspondant à des besoins variés et renouvelés exprimés par les chercheurs du Laboratoire. Ceci impli-

que des qualités d'initiative ainsi que des qualités d'organisation du travail afin qu'il soit réparti au mieux entre les machines et les ouvriers mécaniciens.

Cette dernière activité est parfaite-

ment assurée par M. Quenonne, qui, par ses qualités personnelles, entretient un excellent esprit d'émulation et de cordiale coopération parmi les mécaniciens de l'atelier.

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. Lucas, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille de bronze à M. R. Gomez pour son rôle, comme électromécanicien au Laboratoire optique de l'Ecole supérieure de Physique et Chimie.

M. Ramon Gomez remplit au Laboratoire d'optique de l'Ecole supérieure de Physique et de Chimie les fonctions d'électro-mécanicien ; il a manifesté dans son activité de grandes qualités d'habileté et d'initiative dont ont béné-

ficié différents travailleurs du laboratoire (MM. Badoz, Billardon) et a ainsi contribué à la réalisation d'appareils tels que le dispositif spectrophotopolarimétrique de Badoz et Billardon.

ARTS PHYSIQUES

Rapport présenté par M. Boris Vodar, au nom du Comité des Arts physiques, sur l'attribution d'une Médaille de bronze à M. Lucien Chuit, pour son rôle dans la conception et la mise au point des différents prototypes d'appareils nécessaires au Laboratoire de Bellevue.

Ingénieur de l'Ecole des Arts et Métiers, sorti second avec une Médaille d'argent, M. Chuit — après la guerre de 1914-18, qui lui a valu de brillants états de service (Croix de Guerre et Médaille militaire) — est entré en 1920 à l'Office national des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions, où il a fait toute sa carrière, d'abord dans les cadres de l'organisme précité, puis dans ceux du C.N.R.S. lorsque celui-ci a été fondé et a repris la gestion de l'ensemble de Bellevue.

Chargé de toutes les installations mécaniques, électriques et des bâtiments, M. Chuit a grandement contribué à la mise en place du système complexe qu'est le groupe des laboratoires de Bellevue, où toutes les disciplines, de-

puis la chimie biologique jusqu'à la physique des basses températures, sont représentées, chacune avec ses sujétions propres sur le plan de l'organisation et de l'installation des laboratoires.

Devenu, en 1941, chef du Bureau d'Etudes, M. Chuit a contribué à la conception et à la mise au point des prototypes d'appareils demandés par les différents laboratoires. Ce rôle est d'une importance majeure dans notre pays qui souffre d'une certaine carence sur le plan des appareils de précision, dont la plupart sont malheureusement importés, bien que les idées nouvelles — traditionnellement — ne manquent pas, mais souvent n'aboutissent pas vers des réalisations pratiques. Grâce au Bureau des prototypes, plusieurs appa-

reils originaux ont vu le jour, et nous devons être reconnaissants à M. Chuit d'avoir collaboré à cette œuvre. D'ailleurs, en plus de ses fonctions au Bureau d'Etudes, M. Chuit avait conservé ses autres attributions et s'occupait notamment de la tenue des archives techniques.

Le simple énoncé des tâches assu-

mées au cours d'une longue carrière suffit à montrer l'ampleur et l'importance du rôle joué par M. Chuit qui a toujours fait preuve d'un dévouement extrême au bien commun et d'un esprit de collaboration et presque d'abnégation — facteur essentiel et rarement rencontré — du développement des services communs d'un grand centre de recherches.

ARTS MECANIQUES

Rapport présenté par M. l'Ingénieur Général de Leiris au nom du Comité des Arts mécaniques sur l'attribution d'une Médaille de bronze à M. Edmond Korchia pour les qualités de praticien émérite dont il a fait preuve au Service des Constructions et Armes navales d'Algérie.

M. Edmond Korchia, né le 23 août 1933 à Saïda (Algérie), ancien élève de l'E.N.P. de l'Air au Cap Matifou (1953), a été admis, le 4 septembre 1953, à la Direction des Constructions et Armes navales d'Algérie, où il a servi depuis lors sans autre interruption de son service militaire.

Affecté à l'annexe aéronautique d'Arbal, actuellement en instance de transfert en métropole, il s'y est fait rapidement remarquer comme un excellent ouvrier, aux connaissances techniques approfondies, et il a bientôt été spécialisé dans les travaux délicats, comme le contrôle des pièces en atelier et la mise

au point de circuits hydrauliques d'aéronefs.

Dans ce dernier domaine, il a lui-même étudié et réalisé un outillage de mise en place et de centrage des pivots d'articulation du train d'atterrissage des avions Neptune, outillage qui réduit dans une très large mesure les difficultés pratiques de ce montage dans un espace très encombré.

L'esprit de recherche dont M. Korchia a fait preuve en la circonstance a retenu l'attention du Comité des Arts mécaniques, et la Société d'Encouragement lui décerne une Médaille de bronze.

INFORMATIONS

I - Les Sociétés Industrielles de France

II - Note sur le nombre des Ingénieurs

III - Bibliographie

INTRODUCTION

I - Les Sociétés Industrielles de France

II - Noter le nombre des inventeurs

III - Bibliographie

I

Les Sociétés industrielles de France

La *Société industrielle d'Amiens* fut fondée en 1861 par un groupe d'industriels et de membres de professions libérales, frappés des progrès extrêmement rapides des techniques nouvelles, et conscients de l'intérêt de fournir le personnel capable de s'y adapter.

Des cours de formation professionnelle furent créés dès l'année suivante.

Depuis, la Société continua à se préoccuper des problèmes d'enseignement et à jouer un rôle important dans le progrès industriel et technique de la région.

Après la guerre de 1914-1918, elle éprouva certaines difficultés, mais reçut une aide de la Chambre de Commerce d'Amiens.

En 1925, les cours professionnels se transformèrent en une Ecole de Métiers dans laquelle la Direction et le Corps enseignant étaient nommés et rétribués par l'Etat (Enseignement technique),

l'Administration restant assurée par la Société.

La gestion en était ainsi conçue selon une formule très souple, simplifiant considérablement les formalités pour l'obtention des crédits matériels.

Plus récemment, le Lycée technique a été créé avec la même structure.

Démolis au cours de la guerre, les bâtiments ont été reconstruits.

Il y a actuellement 720 élèves à plein temps. La formation reçue par les jeunes gens va jusqu'au baccalauréat technique.

En outre, la Société industrielle dispense des cours professionnels et de promotion sociale à 730 élèves environ.

En dehors de cette activité, la Société organisait avant la guerre des conférences très appréciées des Amiénois ; grâce à la reconstruction de la grande salle de réunions de plus de 1.000 places, celles-ci vont pouvoir reprendre.

*
**

La *Société pour la défense et le développement de l'Industrie de Bordeaux* offre un caractère essentiellement économique et social.

Créée en 1899, elle groupe un certain nombre de syndicats patronaux. C'est un centre d'études et de documentation qui possède notamment des services de ren-

seignements, un centre interprofessionnel de sécurité pour le travail, un contentieux de représentation aux faillites, un service de distribution de primes industrielles, un service emplois ; des archives et des publications.

De nombreux organismes ont leur siège chez elle.

*
**

La *Société industrielle de l'Est* fut créée en 1883 par un groupe d'ingénieurs et industriels, en s'inspirant du magnifique exemple donné par la Société industrielle de Mulhouse.

A l'origine, son champ d'action, comme celui des Sociétés sœurs, était très étendu puisqu'il groupait les représentants de toutes les grandes Industries régionales qui en avaient fait un centre

d'études et de défense des intérêts professionnels.

Les activités de la Société industrielle de l'Est s'exercèrent dans les domaines les plus divers : Cours de Comptabilité, Ecole de Monitrices d'enseignement ménager, Cours de sténographie et de sténotypie, Association des Amis des Instituts, etc...

Au cours de la guerre 1914-1918, d'autres tâches s'imposent ; c'est la création du Secours aux prisonniers de guerre ; Secours immédiats aux prisonniers rapatriés ; Œuvre d'Assistance aux Invalides de Guerre et enfin, à l'Armistice, fondation de l'Office départemental des dommages de guerre pour la Meurthe-et-Moselle.

En 1939, la vie économique de la Région est à nouveau bouleversée par les événements ; en 1940, la Société industrielle de l'Est devient une fois encore le Siège d'entraide aux Prisonniers de guerre du département de Meurthe-et-Moselle, avec un effectif de 18.000 Prisonniers de guerre auxquels elle assure régulièrement l'envoi mensuel des colis.

En 1945, la Société reprend ses besoins de paix : conférences techniques ; action en vue de faciliter le placement des jeunes ; rapports divers sur les grands problèmes actuels ; visites d'usines par des jeunes Ingénieurs ou Attachés commerciaux étrangers ; service de

documentation qui s'efforce de répondre avec le maximum de clarté aux multiples et diverses questions posées par ses membres.

D'autre part, dès 1904, la Médaille de la Société industrielle de l'Est était créée pour récompenser ceux qui, par leurs services continus et leur fidélité à l'Entreprise étaient les meilleurs artisans de l'Economie lorraine.

Le nombre de lauréats a toujours été croissant : d'un millier en 1913, les promotions annuelles passent à 2.000 jusqu'en 1938 pour atteindre un effectif de 5.000 à 6.000 lauréats depuis plus de dix ans.

La cérémonie de remise a toujours été présidée par de hautes personnalités (plusieurs Présidents de la République, les Maréchaux Lyautey, Foch, etc.).

Des prix spéciaux : le « *Prix Henry Brun* », fondé en souvenir de l'ancien Président de la Société et qui récompense les efforts persévérants accomplis au cours d'une carrière pour lutter contre les accidents du travail ; le « *Prix Maurice Barrès* », d'une valeur de 1.000 F, destiné à honorer tout particulièrement la tradition du travail lorrain et l'attachement de plusieurs générations à la même entreprise, ont été créés par la Société industrielle de l'Est et sont remis solennellement aux titulaires lors de la Fête du Travail.

La *Société industrielle de Fourmies* qui date approximativement de 1890 exerce son activité dans une région traditionnellement vouée au textile.

Elle a été longtemps seule à développer une action d'enseignement technique. De nos jours l'Etat a pris en charge cer-

tains secteurs ; il y a un lycée moderne et technique à Fourmies.

La Société de Fourmies a institué des cours d'apprentissage, de maîtrise, de perfectionnement, un centre d'études et de documentations des cadres (C.E.D. O.C.).

**

L'Association industrielle et commerciale de Lyon a un caractère nettement économique. Elle documente ses adhérents sur toutes les questions sociales : Salaires, Conventions collectives, Assurances sociales, Allocations familiales, Médecine du Travail, Hygiène industrielle, Accidents du Travail, Congés payés, Prud'hommes, Habitat... Elle met à leur disposition un service juridique : Constitution de Sociétés, Loyers, Propriété commerciale, Droit civil et commercial, Assurances.

Elle les renseigne sur toutes les questions de fiscalité et Finances publiques : Impôts, taxes, droits... Elle possède une documentation complète sur toutes les questions économiques. Elle est à même de faciliter toutes opérations d'Import-Export : Douane, Banque, Change, Recherche de débouchés et de correspondants — Relations avec le Monde entier. Elle étudie toute possibilité et tous tarifs de transports par fer, route, air et eau et vérifie les lettres de voiture. Elle facilite

les offres et recherches d'emploi. Elle procure des renseignements commerciaux sur la France et l'Etranger. Elle peut répondre à toute question concernant l'Agriculture (questions sociales, salaires, fermage, prix). Elle dispose d'un service de traductions commerciales dans les principales langues étrangères.

Elle tient une importante documentation à la disposition de ses Membres : textes et réglementations officielles, jurisprudence, Journaux, Revues, Statistiques, Etudes. Elle prend en mains les intérêts de ses adhérents, et se charge des recouvrements litigieux dans un minimum de temps et aux moindres frais.

Elle appuie auprès des Administrations publiques et sur le plan interprofessionnel, les interventions des Chambres syndicales patronales.

Elle permet de réduire les frais relatifs à ces multiples services, grâce à leur réunion en un seul organisme.

**

La Société pour la Défense du commerce et de l'industrie de Marseille a un rôle essentiellement économique et social qui en fait le représentant local du C.N.P.F.

Elle groupe environ 180 syndicats et 1.000 entreprises.

Elle rassemble de nombreux services, notamment :

— Secrétariat général, avec publication d'un bulletin hebdomadaire ;

— Cours commerciaux gratuits du soir ;

— Salle de réunions ;

— Service du travail (consultations) ;

— Secrétariat de syndicats patronaux ;

— Section de formation professionnelle ;

— Service économique et juridique, commerce extérieur ;

— Service du personnel ;

— Service fiscal ;

— Service Sécurité sociale et action sociale.

*
**

La *Société industrielle de Mulhouse*, fondée en 1826, est la doyenne des Sociétés régionales, et sa création fut d'autant plus féconde qu'elle coïncidait avec le grand effort industriel de cette époque.

La Société inspira les premières lois sociales relatives à la limitation de la durée du travail des femmes et des enfants dans les usines. Elle s'occupa de la prévention des accidents du travail, organisa les premiers cercles ouvriers d'Europe et la première Caisse de maladie.

Pendant l'annexion elle fut un des principaux agents du maintien de la présence française en Alsace. Actuellement c'est un lieu de rencontre libre qui entretient des rapports de coopération étroite avec la Municipalité, la Chambre de Commerce, le Comité d'expansion.

La Société mulhousienne, qui a toujours représenté le Haut-Rhin au Conseil de l'Université de Strasbourg, se préoccupe aussi de la liaison Université-Industrie.

Elle organise des manifestations sur

des sujets divers : en 1958 la recherche scientifique, en 1959, l'urbanisme. En 1960 ce fut une Journée d'amitié mondiale avec la Suède. Elle a participé à la création des importants musées de Mulhouse (Beaux-Arts, Histoire, Impressions) ainsi qu'à la création de plusieurs établissements d'Enseignement. Elle publie un important bulletin.

Elle dispose d'un budget d'environ 30 millions d'anciens francs par an, sur lequel la contribution des industriels représente environ la moitié (le reste est constitué par des ressources diverses, notamment locations de salles).

Elle est régie par un Conseil d'Administration et son organisation comporte des Comités qui sont en général temporaires et correspondent à une mission déterminée.

Fondée naguère par des jeunes, la Société de Mulhouse s'oriente vers une reprise en mains par des jeunes (Relations étroites avec le groupe des jeunes patrons ; création d'un groupe d'échanges pour les moins de 40 ans, etc...).

*
**

La *Société industrielle du Nord*, qui a son siège à Lille, fut fondée en 1873 par Kuhlmann. Elle fut reconnue d'utilité publique en 1874.

Elle possède un immeuble et une bibliothèque. Ses principales ressources sont :

- 1° Les cotisations (dont le montant varie de 2.500 à 8.500 anciens francs, selon les catégories de Membres).
- 2° Les locations de salles.

- 3° Une subvention de la Chambre de Commerce.

Elle groupe environ 760 membres.

Elle répartit les domaines de son activité entre cinq Comités : Arts chimiques, Textiles, Génie civil, Etudes commerciales et industrielles, Industries d'Art.

Elle organise des conférences, des visites d'Etablissements et publie un bulletin.

Elle est représentée au Conseil d'Administration du Centre associé du Conservatoire des Arts et Métiers. Elle a des liens avec l'Ecole de chauffage, l'Ecole d'organisation scientifique du travail, l'Institut industriel du Nord. De nom-

breux groupements techniques et professionnels sont logés dans son Hôtel.

La cérémonie annuelle de distribution des *Prix* et *Médailles* est un événement important de la vie régionale.

*
**

La *Société industrielle de Reims* est actuellement en sommeil, mais n'est pas dissoute. Créée en 1833, cette Société comportait des Comités et distribuait des

Médailles. Elle avait créé des cours industriels qui furent transférés en 1938 à la ville de Reims.

*
**

La *Société industrielle de Rouen* fondée en 1872, reconnue d'utilité publique en 1878, a organisé d'importantes expositions, fondé un Institut chimique, une Ecole textile, créé des cours et des conférences.

Une de ses principales fondations a été le Centre de Recherches textiles (C.R.I.T.E.R.) qui a pris un grand développement.

La Société s'est beaucoup intéressée à la promotion supérieure du travail ; elle a participé à la création du centre associé du Conservatoire national des Arts et Métiers.

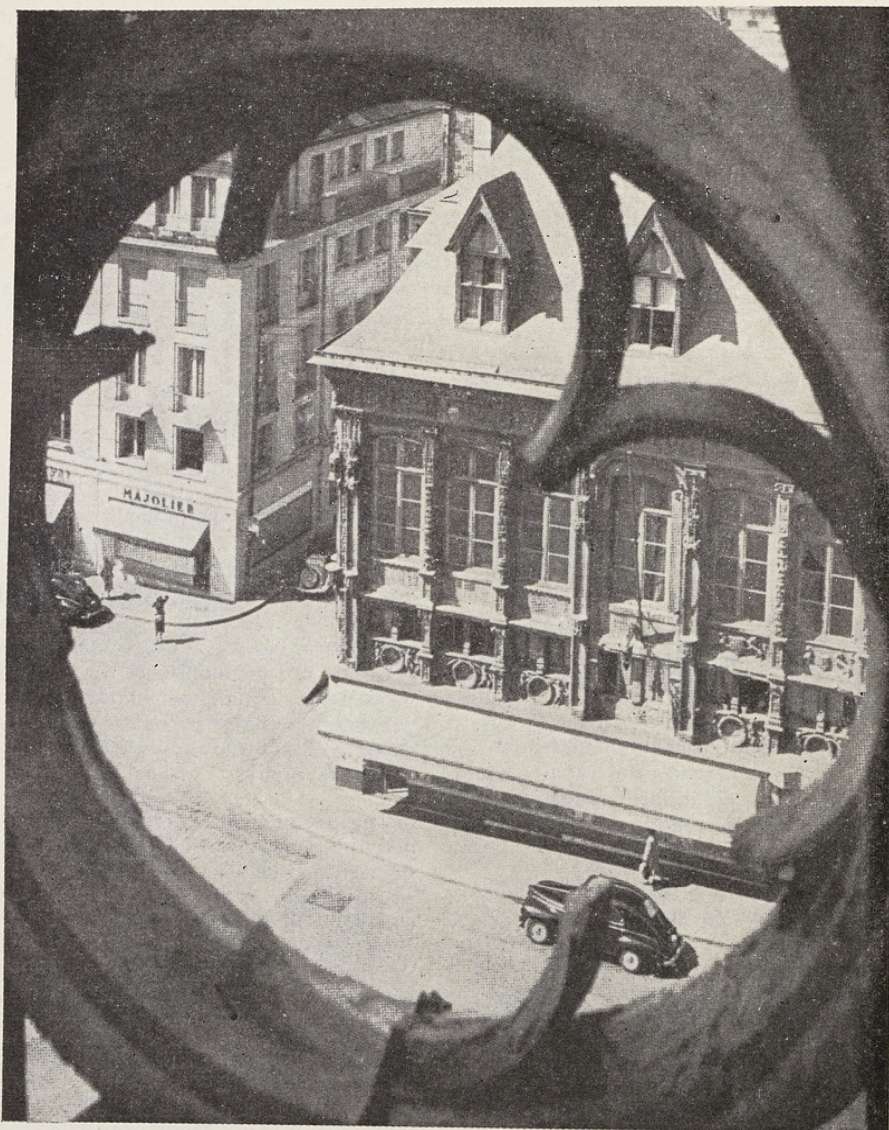
Dans son effort en matière d'enseignement technique, la Société a trouvé un précieux appui du côté des industriels qui ont tenu à ajouter aux ressources de la Taxe d'apprentissage une contribution supplémentaire. Cet effort représente depuis l'origine près de 450 millions d'anciens francs.

En 1926, la Société institue une distribution solennelle de récompenses aux collaborateurs de l'Industrie et du Commerce, fête annuelle du travail, au cours de laquelle sont accordées par les employeurs, membres de la Société, des médailles d'ancienneté.

Dernière réalisation : en 1961, l'ouverture, rue des Faulx, dans un baraquement du jardin Saint-Ouen, du Club « Jeunes-Science », qui met un laboratoire à la disposition des adolescents âgés de quatorze à dix-huit ans, afin de susciter des vocations scientifiques et techniques. Là, sous la direction de professeurs et de moniteurs, ces futurs physiciens, chimistes, mathématiciens peuvent manipuler cornues, éprouvettes et appareils de physique divers. Le succès a été rapide.

Tout en menant de front ses diverses activités : organisation de conférences, de visites d'usines (pour chefs d'entreprises, d'une part, cadres et agents de maîtrise, d'autre part) ; direction de secrétariats ; garde de plis cachetés relatifs à des inventions ou procédés de fabrication sur lesquels les auteurs veulent se réserver un droit d'antériorité ; publication d'une revue trimestrielle, « *La Normandie Industrielle* », etc..., la Société Industrielle de Rouen réalisera dans un proche avenir l'extension de l'E.T.R. qui va se transformer en Ecole de métiers, avec de nouvelles branches d'enseignement orientées vers d'autres industries, et l'agrandissement du C.R.I.T.E.R.

(dont la surface sera doublée par la construction de nouveaux locaux).



L'ANCIEN BUREAU DES FINANCES QUI ABRITE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE ROUEN

La *Société industrielle de Sainte-Marie-aux-Mines* fut fondée en 1871 sur le modèle de la Société de Mulhouse. La distance qui séparait la vallée du centre mulhousien constituait, avec les communications d'alors, un obstacle à des relations suivies.

Cette région de mono-industrie connaît actuellement des difficultés. Un gros effort est nécessaire pour tenter de ralentir l'exode des nouvelles générations. L'année dernière un groupe de jeunes a entrepris de rendre toute sa vitalité au vénérable organisme. Des Commissions

se sont formées qui se consacrent notamment :

- aux problèmes d'implantation et de reconversion,
- à l'urbanisme et au logement,
- à l'apprentissage et au perfectionnement,
- aux loisirs et aux sports,
- à l'agriculture.

La Société possède une bibliothèque, un petit musée. On envisage de créer une Maison des jeunes.

*
**

La *Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne* fondée en 1868 et reconnue d'utilité publique en 1876, a exercé depuis lors son activité dans trois champs principaux :

le domaine social,
le domaine culturel,
l'enseignement technique.

Dans le domaine social, elle a notamment, par l'institution en 1881 de sa Médaille du Travail, montré la voie que cinq ans plus tard l'Etat devait suivre.

Son rôle culturel s'affirme en particulier par les conférences que viennent faire des auteurs de grande réputation sur des sujets extrêmement variés.

Mais c'est surtout par sa mission d'enseignement que cette Société s'est acquis

des titres à la gratitude des industriels de la région de l'Aisne, non seulement à une époque où la formation professionnelle était surtout une affaire d'initiative privée, mais même à l'heure actuelle où l'Etat vise à prendre de la relève de la plupart des enseignements.

Certains des cours professionnels institués par elle (le premier fut fondé en 1868) ont joué un rôle capital dans le développement industriel de la région (ce fut le cas par exemple du cours de sucrerie).

L'Ecole professionnelle pour la Métallurgie, puis l'électricité devint en 1937 une Ecole de métiers, en 1960 un Lycée technique. L'Ecole commerciale va se convertir en Etablissement d'Etat. Toutefois, le rôle de la Société dans le domaine de l'enseignement est loin d'être terminé.

II

Le nombre des ingénieurs

Note communiquée par la Fédération des Associations et Sociétés françaises d'Ingénieurs diplômés (F.A.S.F.I.D.)

1. *Remarque préliminaire.* — Le problème du « Nombre des ingénieurs », souvent évoqué par la grande presse, qui a publié à ce sujet des informations aussi inattendues qu'inexactes, ne peut être traité isolément. Il est étroitement lié à ceux de la formation de l'ingénieur, du titre de l'ingénieur et de l'équivalence des diplômes, tous ces problèmes devant être examinés tant du point de vue national que du point de vue international.

2. *Définition des termes.* — La confusion introduite dans le problème du « nombre » résulte de l'absence de définitions claires des termes employés. Bien souvent, quand on dit « ingénieur », on entend « ingénieur-fonction », c'est-à-dire celui qui remplit effectivement la fonction d'ingénieur dans l'entreprise, sans qu'on se réfère à la formation reçue.

En fait, le problème de l'ingénieur-fonction est un problème de besoins ; il s'agit des besoins de la nation en personnel scientifique et technique, c'est-à-dire la totalité des cadres techniques jusqu'à l'ouvrier spécialisé exclu, ou encore, en langage international courant, l'ensemble :

Ingénieurs + Techniciens.

Il n'a pas été possible, jusqu'ici, malgré de nombreuses études entreprises à ce sujet, de trouver pour l'ensemble des industries deux définitions distinctes de l'« ingénieur-fonction » et du

« technicien-fonction » ; par ailleurs, il est évident que de nombreux techniciens, grâce à leur travail, peuvent devenir et deviennent en fait « ingénieurs-fonction ».

Il s'agit de savoir comment seront formés ceux qui combleront les besoins en ingénieurs et techniciens, et quel sera leur nombre respectif.

3. *Formation des ingénieurs et des techniciens en France.* — Notre pays forme actuellement :

— des ingénieurs diplômés, dont le statut est défini par la loi du 10 juillet 1934 ;

— des techniciens supérieurs brevetés	} dont le statut est défini par les décrets portant Réforme de l'Enseignement.
— des techniciens brevetés	
— des agents techniques	

Bien entendu, il ne s'agit pas là de catégories fermées : par la promotion du travail et grâce à la formation continue, en cours d'organisation, tout « technicien » a la possibilité de conquérir le diplôme supérieur.

Il faut ajouter à ces sources de personnel scientifique et technique les détenteurs de diplômes universitaires (agrégation, doctorat, licence), qui remplissent des fonctions dans l'industrie, mais qu'il faut se garder d'appeler ingénieurs universitaires, car dans le

« jargon » international, l'ingénieur « universitaire » est l'ingénieur « diplômé » français.

4. *Point de vue légal français.* — Ce point de vue a été développé devant l'Assemblée consultative du Conseil national des Ingénieurs français (C.N.I.F.) le 8 novembre 1963 par M. de Groote. Il importe d'en retenir que le mot « ingénieur » non suivi de « diplômé » n'a en France aucune signification légale, alors que « technicien supérieur breveté » est un titre garanti par la loi.

5. *Point de vue international.* — Il n'est pas possible de faire une étude du nombre des ingénieurs sans tenir compte du point de vue international. En effet, de nombreux travaux touchant ce problème sont en cours à l'échelon international, et il serait regrettable qu'une étude française ne soit pas structurée de façon à pouvoir être utilisée sur le plan du Marché commun, de l'Europe et du Monde. En tout état de cause, au plus tard en 1970, la libre circulation des personnes et l'équivalence des diplômes seront réalisées dans le Marché commun. Une étude prospective ne peut pas être faite sans tenir compte de cet état de choses. A partir de cette date, les ingénieurs des cinq autres nations du Marché commun pourront entrer librement en France. De même, les ingénieurs que nous aurons formés pourront aller travailler dans les autres pays du Marché commun.

D'autre part, l'équivalence des diplômes prévue par l'article 57 du Traité de Rome et au sujet de laquelle une négociation est en cours à Bruxelles, nous impose de nous présenter avec des niveaux de formation bien définis, qui puissent être ajustés à ceux de nos partenaires européens.

6. *Comparaison des besoins et des ressources.* — Les besoins, comme il a été dit plus haut, sont définis de façon globale :

Ingénieurs + Techniciens.

Les ressources sont la « production » d'ingénieurs diplômés et de techniciens des différentes catégories.

Il s'agit — et c'est là un difficile problème — de déterminer le rapport idéal entre la production annuelle d'ingénieurs et celle de techniciens, et notamment de techniciens supérieurs.

Au cours de réunions internationales, le rapport ingénieurs/techniciens a été évalué 1/1, 1/2, 1/3, 1/4 et même 1/5 : il s'agit de déterminer ce rapport compte tenu des conditions particulières de formation de chaque pays.

Quelle est la situation de fait en France ? Si nous nous bornons à l'examen des chiffres concernant les ingénieurs diplômés et les techniciens supérieurs et si nous nous contentons de nombres approchés, nous constatons qu'il existe actuellement en France près de 140.000 ingénieurs diplômés et seulement 7 à 8.000 techniciens supérieurs. Il s'agit là d'une situation instantanée, mais qui va se modifier rapidement. La production annuelle des techniciens supérieurs peut être évaluée à 6.000 en 1970 et à 10.000 en 1975 — c'est dire le rôle que les techniciens supérieurs auront bientôt à jouer dans l'économie de notre pays.

En face de ces chiffres, la production annuelle nette d'ingénieurs diplômés est actuellement de 5.000. Il a été projeté de porter cette production à 10.000 et même 12.000 en 1970. Ceci pose le problème du rapport « ingénieurs/techniciens supérieurs ». Nous ne prétendons pas le résoudre, mais il nous semble permis de soumettre à ce sujet quelques observations utiles.

7. *France. Marché commun. Pays de l'O.C.D.E.* — Il peut paraître intéressant de comparer la situation du personnel scientifique et technique en France avec celle des pays appartenant à deux organisations internationales dont la France fait partie, la C.E.E. (Marché commun) et l'O.C.D.E. (Organisation de Coopération et de Développement économique).

Choisissons d'abord un pays du Marché commun dont le développement industriel ne fait aucun doute et pour lequel nous possédons des statistiques convenables : l'Allemagne fédérale. Elle possède actuellement environ 80.000 Dipl.-Ing. équivalents de nos ingénieurs diplômés et environ 250.000 ingénieurs provenant des Ingenieurschulen et dont la formation se rapproche de celle de nos techniciens supérieurs.

La production annuelle est de 4.000 Dipl.-Ing. et de 10 à 12.000 ingénieurs provenant des Ingenieurschulen. Il semble qu'il y ait là un équilibre assez satisfaisant. Il est également intéressant de constater que les pays qui s'étaient jusqu'ici contentés d'une formation d'ingénieurs diplômés (ou universitaires), étudient tous la formation de techniciens supérieurs ou d'ingénieurs-techniciens : on peut citer, par exemple, l'Italie, l'Espagne, les pays scandinaves, Israël, le Canada.

Le cas de ce dernier pays qui appartient à l'O.C.D.E. est très particulier : ayant effectué une surproduction d'ingénieurs universitaires, sans la production correspondante de techniciens nécessaires dans un pays neuf, il en était arrivé à voir ses ingénieurs ou sans emplois correspondant à leurs capacités, ou émigrant aux Etats-Unis et, de ce fait, constituant une lourde perte pour l'économie canadienne et un apport gratuit à l'économie américaine.

Il est économiquement erroné de forcer la production d'ingénieurs diplômés (ou universitaires) aux dépens de la production de Techniciens supérieurs.

8. *Libre circulation des personnes. Equivalence des diplômes.* — Comme dit ci-dessus, le Traité de Rome, qui a institué le Marché commun, a prévu la libre circulation des personnes (donc des ingénieurs) et l'équivalence des diplômes. Les modalités d'application des dispositions du Traité sont en cours d'étude, mais en tout état de cause, ces dispositions seront en vigueur en 1970 au plus tard.

Si nous reprenons maintenant notre comparaison avec l'Allemagne fédérale, pays hautement industrialisé et partenaire de poids au Marché commun, nous examinerons d'abord la question de l'équivalence des diplômes.

La position française est de demander les équivalences françaises :

Dipl.-Ing. équivalent à ingénieur diplômé,

Ing. (Ingenieurschulen) équivalent à Technicien supérieur.

Cette question sera examinée d'abord sous l'angle de la formation, mais il ne faudrait pas que les « productions annuelles » soient par trop disproportionnées entre des pays comparables comme démographie et développement industriel.

Ceci incline à favoriser un développement rapide des Techniciens supérieurs et aussi à regarder avec prudence l'augmentation du nombre des ingénieurs diplômés. En effet, les chiffres actuels d'ingénieurs diplômés, 4.000 en Allemagne et 5.000 en France, sont comparables, mais une montée française en flèche à 12.000, soit trois fois le chiffre allemand, risquerait de remettre en cause la valeur du titre français d'ingénieur diplômé.

Si nous passons maintenant à la libre circulation des Ingénieurs, il fait peu de doute que si nous produisons une très forte proportion d'Ingénieurs diplômés (à formation longue) par rapport aux Techniciens supérieurs (à formation courte), alors que les autres pays du Marché commun se comportent différemment, nous risquerons de voir nos Ingénieurs diplômés se diriger vers les autres pays de la Communauté, comme les ingénieurs canadiens vers les U.S.A., et l'économie française perdra à la fois la valeur des longues années d'études de ces ingénieurs et, sans doute définitivement, certains des sujets les plus doués.

9. *Conclusions.* — Il n'est pas facile de conclure, car tout est en évolution : formation des ingénieurs en France,

structure de l'industrie, mise sur pied de l'Europe, coopération internationale.

Nous nous bornerons à attirer l'attention sur deux points :

- dans le cadre français, *le rapport idéal « ingénieurs/techniciens supérieurs »* est à déterminer, c'est un point essentiel : sa détermination exige de bien connaître — et ce n'est pas ici notre propos — la formation nouvelle et les possibilités du technicien supérieur, ce que beaucoup d'ingénieurs ignorent ;
- dans le cadre européen, *équivalence des diplômes* : nous allons vivre demain dans une Europe unie. Il nous faut donc tenir compte de nos partenaires et ajuster nos conceptions encore fort différentes concernant le personnel scientifique et technique. Des concessions mutuelles seront nécessaires, mais il convient de se rappeler que nous se sommes pas

en mesure d'imposer une solution française, car les décisions sont prises à Bruxelles, non pas à l'unanimité, mais à la majorité qualifiée.

Ces considérations, jointes aux possibilités de fait :

- ressources en enseignants (professeurs de Spéciales, professeurs de l'Enseignement technique),
- nombre de jeunes gens se dirigeant vers les professions techniques (classes de Mathématiques supérieures, lycées et collèges techniques),

permettront sans doute de définir une politique de formation permettant d'obtenir, dans un équilibre harmonieux, le nombre d'ingénieurs et de techniciens convenant non seulement à l'industrie nationale, mais au rôle de la France dans le Marché commun et à sa mission dans le monde sans oublier l'assistance technique aux pays en voie de développement.

G. GLOGENSON (E.P.),

Délégué général de la Fédération des Associations

et Sociétés françaises d'Ingénieurs diplômés,

Membre du Comité de Direction du Conseil National des Ingénieurs français.

III

Bibliographie

CHAUVOIS (Docteur Louis), Lauréat de l'Institut. — *Histoire merveilleuse de Zénobe Gramme, inventeur de la dynamo* (1).

Au Docteur Chauvois, ancien collaborateur de d'Arsonval, auteur de diverses publications médicales, on doit d'importants travaux d'histoire des Sciences et en particulier un livre consacré à William Harvey.

Ainsi que l'indique M. Louis de Broglie dans sa préface, ce nouvel ouvrage de M. le Docteur Chauvois sur la vie et l'œuvre de Gramme « constitue un document capital pour l'histoire d'une invention qui fut accomplie dans des

conditions vraiment exceptionnelles et qui eut une influence décisive sur le développement de l'industrie électrique moderne ».

Comment un simple ouvrier menuisier a-t-il pu concevoir et mener à bien une réalisation qui est à la base de toute l'électro-technique, c'est ce que le Docteur Chauvois expose d'une façon vivante et claire.

L'auteur, au cours de cette étude à la fois biographique, scientifique et technique, n'a pas manqué de rendre hommage à l'aide que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a apportée à l'inventeur en 1873.

(1) Paris, Librairie Albert BLANCHARD, 9, rue de Médicis, 1963. Ce livre est accompagné d'un album de 38 planches.

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

I.F.Q.A.-CAHORS. — 40.140. — Dépôt légal : II-1964

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

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

C.C.P. Paris 9061-11

Tél. : SOLférino 93-39



Colloques Internationaux

N° 108

MÉCANIQUE DE LA TURBULENCE

M A R S E I L L E

28 août - 2 septembre 1961

Volume relié pelliior, in-4° coquille, comportant 472 pages et 4 planches hors-texte

Prix : 60 F.

**APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES**

P. CHEVENARD

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



A. D. A. M. E. L.
4-6, Passage Louis-Philippe
PARIS (11°)

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17°
ALGER - CASABLANCA

S. E. T. A. O. à A B I D J A N (Côte-d'Ivoire)

TRAVAUX PUBLICS
BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIN
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

REUNION INDUSTRIELLE
P. CHEVREAU

PARIS (17)
10, rue de Valenciennes

BOUSSIER & C^{ie}
BOUSSIER

2, rue de Valenciennes

CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES
ETON ARME ET POUTRES
TRAVAIL PUBLIC



VENTE A CRÉDIT PAR LA **Din**



L.P.F. 0.197

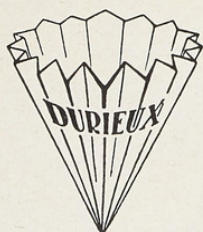
403

404

VOITURES DE QUALITÉ

PEUGEOT

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52 x 52

SPECIALITES :

FILTRES SANS CENDRES

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

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



Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

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

Registre du Comm. de la Seine N° 722-521-2-3 Téléphone : ARChives 03-51

MEDAILLE D'OR de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale
(juillet 1918)

20, rue Malher, PARIS (4^e)

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

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LA GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 19.595.800 F.

8, Rue Cognacq-Jay - PARIS-7^e - Tél INV. 44-30

AMMONIAQUE - ALCALI-ENGRAIS AZOTÉS

ENGINEERING-CONSTRUCTIONS D'USINES
HYDROGÈNE

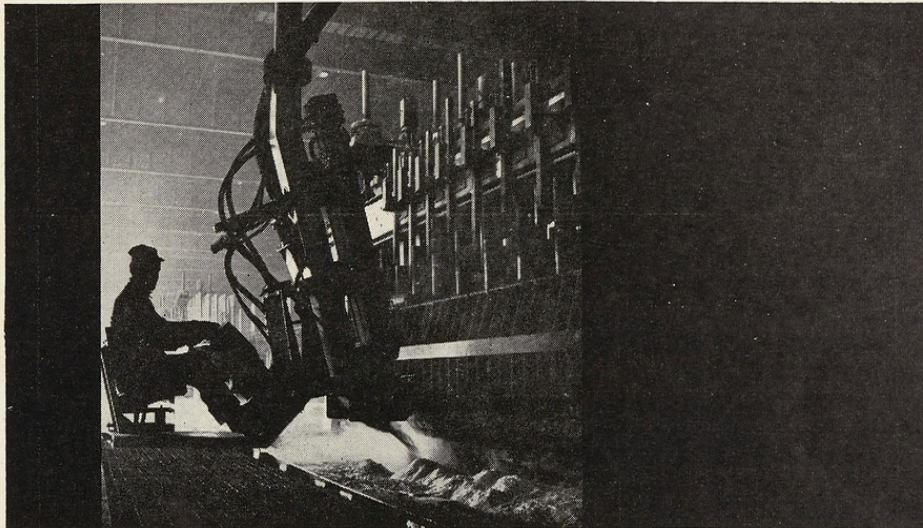
GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE
AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS

C'est en grande part grâce à la qualité de ses techniques que Pechiney compte aujourd'hui parmi les grandes entreprises qui concourent à l'expansion économique nationale.

Premier producteur européen d'aluminium, (plus de 80 % de la production française sort de ses usines), Pechiney a également orienté ses recherches vers la mise au point de toute une série de métaux et alliages spéciaux à hautes performances, particulièrement adaptés aux problèmes que posent les réalisations les plus récentes d'industries d'avant-garde comme l'aéronautique, l'électronique et l'industrie nucléaire.



Parmi ces métaux dont il y a quelques années on ne connaissait guère que les noms, on trouve non seulement le béryllium, le niobium et le tantale, mais encore le titane, le zirconium et le gallium.

Aux réalisations atomiques françaises, Pechiney apporte un concours efficace notamment par la fourniture de graphite de haute pureté pour réacteurs nucléaires.

Enfin, la longue expérience de Pechiney dans le domaine de l'électrothermie et de l'électrometallurgie lui a permis le développement de nombreux autres produits indispensables aux industries de transformation les plus diverses.

Cette expérience, alliée à une grande faculté d'adaptation aux problèmes nouveaux et à de puissants moyens de recherches, explique la place occupée par Pechiney au rang des grandes entreprises françaises.

PECHINEY

23, RUE BALZAC, PARIS 8° - CAR. 54-72

**SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE**
et des
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE

**ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN**

SIEGE SOCIAL : 10, RUE DU GENERAL-FOY - PARIS (8°)
TELEPHONE : EUROPE 31-00
ADRESSE TELEGRAPHIQUE : TROCHIM PARIS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 F.
56, Rue du Faubourg-Saint-Honoré. - PARIS (8°)

**ENTREPRISES GENERALES
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENT
EQUIPEMENT ELECTRIQUE**

BARRAGES - USINES HYDRO-ELECTRIQUES ET THERMIQUES
USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX
AEROPORTS - OUVRAGES D'ART
ROUTES - CHEMINS DE FER
CITES OUVRIERES - EDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS
ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU
BUREAUX D'ETUDES

CENTRALES ELECTRIQUES	ELECTRIFICATION DES VOIES FERREES
GRANDS POSTES DE TRANSFORMATION	ELECTRIFICATIONS RURALES
LIGNES DE TRANSPORT DE FORCE	EQUIPEMENTS ELECTRIQUES INDUSTRIELS

MAISON FONDÉE EN 1895

“ LES ÉLECTRICIENS DE FRANCE ”

Ets JULES VERGER & DELPORTE

Société Anonyme, au Capital de 10.000.000 de F

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES, ÉLECTRONIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

Siège Social, Bureau d'Etudes, Services : 141 bis, 141 ter, rue Saussure, PARIS-17°
6 lignes « départ » groupées : MAC. 29-56 (4 lignes groupées), CAR. 07-17 (2 lignes groupées),
Usine et Départements : Réparations — Bobinage — Radio — Télévision — Electronique — Automation
53, rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. GRE. 39-90, 62-28

Département : ELECTRO-VAPEUR - 92, avenue des Ternes, PARIS-17° - Tél. ETO. 42-70

Agence de VERSAILLES : 1, place Gambetta - Tél. 950-56-50 - Mag. 21, rue d'Anjou - Tél. 950-01-10

MAGASINS DE VENTE : Radio — Télévision — Electro-Ménager — Froid :

92, Avenue des Ternes, PARIS-17° - Tél. ETO. 42-70

53, Rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. GRE. 39-90, 62-28.

EN AFRIQUE : SENEGAL - DAKAR

: Bureaux-Magasins : 184, rue Blanchot - B. P. 968 - Tél. 227-26, 227-29.

Ateliers : Km 6,5, route de Rufisque, Hann - Tél. 451-39.

: B. P. 101 - Tél. 51.

: B. P. 4140 - Tél. 553-95.

: B. P. 184 - Tél. 27-76.

: B. P. 68, NOUAKCHOTT : B. P. 3 - Tél. 23-06.

: B. P. 394 - Tél. 23-54 — BOBO DIOULASSO : B. P. 334 - Tél. 26.

: B. P. 437.

SAINT-LOUIS

- ABIDJAN

Dahomey - COTONOU

Mauritanie - PORT-ETIENNE

Haute-Volta - OUAGADOUGOU

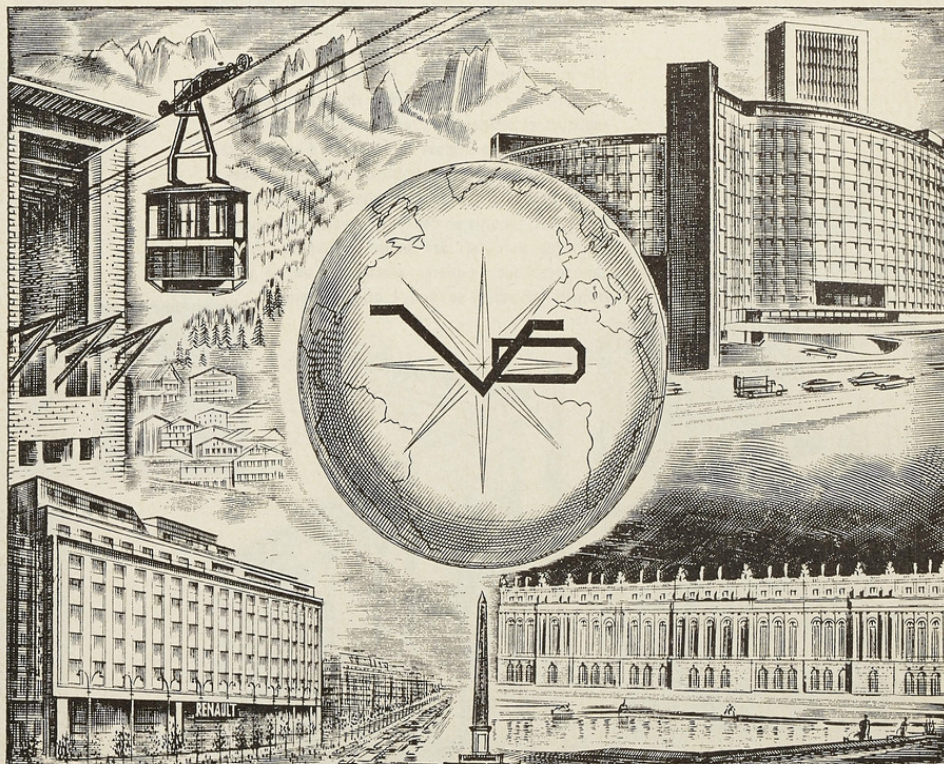
Togo

- LOME

quelques réalisations récentes

VAL D'ISERE - Téléphérique

MAISON DE LA RADIO



RENAULT (Champs-Élysées)

PALAIS DE VERSAILLES

« LES ELECTRICIENS DE FRANCE » SONT JOUR ET NUIT
DIMANCHE ET FETES A LA DISPOSITION DE LEUR CLIENTELE



SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

RHÔNE POULENC

- PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES DE SYNTHÈSE
- PRODUITS MINÉRAUX PURS
- MATIÈRES PLASTIQUES

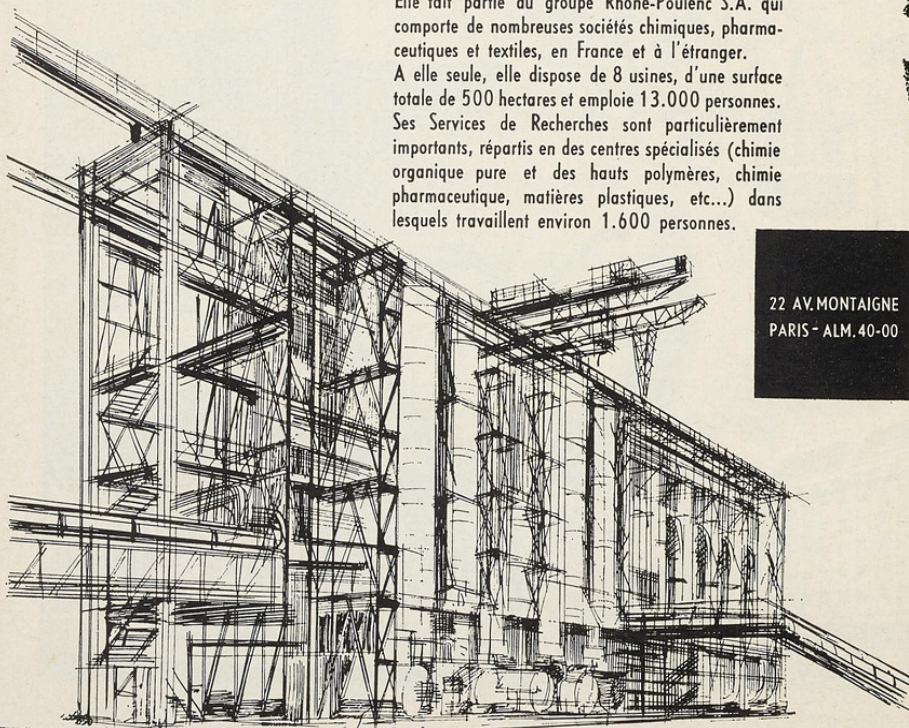


La Société des Usines Chimiques RHÔNE-POULENC fabrique environ 3.000 produits chimiques : produits organiques industriels, produits minéraux fins, produits pharmaceutiques, matières plastiques, etc...

Elle fait partie du groupe Rhône-Poulenc S.A. qui comporte de nombreuses sociétés chimiques, pharmaceutiques et textiles, en France et à l'étranger.

A elle seule, elle dispose de 8 usines, d'une surface totale de 500 hectares et emploie 13.000 personnes. Ses Services de Recherches sont particulièrement importants, répartis en des centres spécialisés (chimie organique pure et des hauts polymères, chimie pharmaceutique, matières plastiques, etc...) dans lesquels travaillent environ 1.600 personnes.

22 AV. MONTAIGNE
PARIS - ALM. 40-00



63 DIV. 10 019

LANDMANN

RÉSUMÉ DES ARTICLES

(Suite de la page 2 de la couverture)

LA CONVERSION DES ÉNERGIES,

par M. Jacques YVON p. 7

- Le problème.
- Sa limitation vue par le Comité de Conversion des énergies.
- Le programme du Comité. Méthodes de travail.
- Les grandes rubriques, de la thermo-électricité aux piles à combustibles.
- Préoccupations récentes en électrotechnique et en optique.
- Perspectives.

LES MASERS OPTIQUES A CRISTAUX ET LEURS APPLICATIONS

par M. François TEISSIER du CROS p. 15

- Introduction.
- L'émission stimulée.
- Principe du bilan détaillé, application au laser.
- Le seuil de l'effet laser.
- Propriétés de la lumière émise.
- Le laser à jonction.
- Applications (Concentration de la lumière - Mesure des distances - Photographie - Communications et transport d'énergie).

