

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](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	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.)
	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
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1985, n° 1
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1985

Collation	1 vol. (29 p.) : ill. ; 30 cm
Nombre de vues	36
Cote	INDNAT (138)
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.138

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

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

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

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

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

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

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

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

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

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

S. E. I. N.
Bibliothèque

ISSN : 0019-9133

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

*fondée en 1801
reconnue d'utilité publique en 1824*



Revue semestrielle

1985 - N° 1

SOMMAIRE

Deuxième séance solennelle pour la remise des prix et médailles 1984 :

- | | |
|--|------|
| • Présentation de M. Michel CARPENTIER, Directeur de la
branche équipement et système, de Thomson C.S.F., par le Pr Jean
BURE, président de la société | p. 3 |
| • Allocution de M. Michel CARPENTIER | p. 4 |

Conférences :

- | | |
|--|-------|
| • « Évolution de la consommation du vin et des techniques
de production et d'élaboration du vin », par M. Pierre BIDAN —
Professeur de technologie alimentaire et d'oenologie à l'École
Supérieure Agronomique de Montpellier | p. 7 |
| • « Réalisation française originale du tube prolongateur pour
forage en mers profondes », par M. Jacques DELACOUR — Direc-
teur « Ensembles industriels de production » à l'Institut Français
du Pétrole | p. 15 |
| • avec annexe technique détaillée, par M. J. GUESNON de
l'Institut français du Pétrole et M. A. LAURENT de Creusot-Loire | p. 18 |
| • « Optronique et productique », par le Pr Jean ROBIEUX —
Directeur scientifique des laboratoires de MARCOUSSIS | p. 23 |

Notices nécrologiques :

- | | |
|------------------------------------|-------|
| • le Pr Paul VAYSSIÈRE | p. 27 |
| • le Général Georges GUILLOT | p. 27 |
| • le Pr Albert ARNULF | p. 28 |
| • le Pr Robert AUZELLE | p. 29 |

Chronique :

- | | |
|--|-------|
| • « Il y a 100 ans... », par M. Henri POUPÉE | p. 31 |
|--|-------|

Publication sous la direction du professeur Jean BURÉ

Président 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.

Présentation de M. Michel CARPENTIER
par le P^r Jean BURÉ, Président de la S.E.I.N.

Il y a maintenant trois ans que nous, aujourd'hui, on notre grande joie et plaisir, avons pu accueillir au sein de la Société des Ingénieurs de l'Air, le Président de la S.E.I.N. M. Michel Carpentier. Je vous en remercie et je vous prie de l'écouter avec toute la sympathie et l'attention que nous pouvons vous offrir.

**DEUXIÈME SÉANCE SOLENNELLE
POUR LA REMISE DES PRIX ET MÉDAILLES 1984**

Il y a 100 ans, le 1^{er} juillet 1884, l'École Supérieure d'Aéronautique et de l'École Supérieure d'Électricité fusionnaient pour donner naissance à l'École Supérieure des Techniques Aéronautiques et Électriques (E.S.T.A.E.).

Il y a 20 ans, en 1964, l'École Supérieure des Techniques Aéronautiques et Électriques a été créée pour enseigner les études et recherches au Service Technique de l'Armement, au sein de l'Industrie aéronautique qui vous conduisent en 1977 vers les radars à point et leurs applications dans les avions de combat militaires. Vous réalisez en 1979 dans vos laboratoires pour la première fois en Europe et la deuxième fois dans le monde, les expérimentations de compression d'impulsions.

Ensuite, dès 1982, un Expert international célèbre, en particulier, près de l'organisation du Traité de l'interdiction des armes Nucleaires (T.A.N.A.).

En outre sans oublier, depuis 1983, votre carrière comme Ingénieur de l'Armement se poursuivra dans le secteur de l'armement, vous êtes nommé en Chef depuis 1977.

Depuis 1984, depuis 1984, vous faites profiter l'Industrie française de vos connaissances en matière de radars et de systèmes de défense.

• 1964-1966 : Directeur Technique de la Société Cotelac et du Département des Matériaux aéronautiques de Thionville.

• 1967-1973 : Directeur Technique de la Division Radar de Surface de Thionville C.S.F.

• Ensuite, depuis 1983 : Directeur adjoint de la Branche Équipements et Systèmes de Défense.

Ainsi bien, au Service Technique des Télécommunications de l'Air que dans l'Industrie, vous avez contribué au développement, à l'amélioration, à l'élargissement, en particulier :

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Aéronautique des 1958.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1962.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1964.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1966.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1968.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1970.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1972.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1974.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1976.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1978.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1980.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1982.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1984.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1986.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1988.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1990.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1992.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1994.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1996.

• Progressé à l'École Nationale Supérieure d'Électricité des 1998.

Présentation de M. Michel CARPENTIER par le Pr^r Jean BURÉ, Président de la S.E.I.N.

Je pense qu'il est sans doute superflu, aujourd'hui, où notre grande salle est pleine de brillants lauréats des Comités des Arts Chimiques et des Arts Physiques, de lui présenter M. Michel Carpentier. Je rappellerai simplement les étapes de sa belle carrière rapide et dense.

Vous êtes né dans le Nord de la France et vous entrez à l'École Polytechnique à dix-neuf ans dont vous sortez en 1952 dans le corps des Ingénieurs Militaires de l'Air. Vous obtenez votre brevet de pilote d'avion des Corps Techniques et vous voilà aussitôt responsable (par intérim) de la Station Maître Radar du pays de Caux. Vous accumulez les diplômes de l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'École Supérieure d'Électricité.

Vous êtes puissamment armé pour entreprendre vos études et recherches au Service Technique des Télécommunications de l'Air qui vous conduisent en 1957 vers les radars à bruit et leurs applications dans les fusées de proximité des missiles. Vous réalisez en 1959 dans vos laboratoires pour la première fois en Europe et la deuxième fois au monde, les expérimentations de compression d'impulsions.

Vous voici, dès 1962, un Expert international célèbre, en particulier, près de l'organisation du Traité de l'Atlantique Nord (O.T.A.N.).

En congé sans solde, depuis 1983, votre carrière comme Ingénieur de l'Armement se poursuivra dans la réserve dont vous êtes Ingénieur en Chef depuis 1977.

Depuis vingt ans, depuis 1964, vous faites profiter l'Industrie française de vos connaissances où votre ascension est rapide :

- 1964-1966 : Directeur Technique de la Société Cotelec et du Département des Matériels aérospatiaux de Thomson ;
- 1967-1973 : Directeur Technique de la Division Radars de Surface de Thomson C.S.F.

Vous voici, depuis 1983, Directeur adjoint de la Branche Équipements et Systèmes.

Aussi bien, au Service Technique des Télécommunications de l'Air que dans l'Industrie, vous avez toujours eu parallèlement, d'importantes activités d'Enseignement, en particulier :

- Professeur à l'École Nationale Supérieure de l'Aéronautique, dès 1958,
à l'École Supérieure d'Électricité, dès 1963,
à l'École Supérieure des Techniques Avancées, depuis 1969,

et tous les grands pays du monde vous ont invité à y donner de nombreuses conférences.

Évidemment, vous publiez beaucoup d'articles scientifiques en France et à l'Etranger.

Vos livres sur les Radars connaissent des rééditions constantes. Vos concepts nouveaux dans ce domaine ont été traduits en américain et même, sans votre autorisation, les Russes ont traduit vos théories modernes.

La renommée de vos travaux vous valent l'honneur d'être à la tête de la Société française d'Électroniciens et de Radioélectriciens et d'être Membre d'Honneur à l'Étranger de Sociétés analogues où tous reconnaissent votre travail de pionnier dans le domaine du radar et du traitement du Signal.

Cette même renommée vous fait entrer dans beaucoup de Conseils d'Administration et de perfectionnement et, parmi vos distinctions, je rappelle que vous avez eu le Grand Prix de l'Électronique « Général Ferrie » en 1969.

Je vous demande, Monsieur, de bien vouloir présider notre séance solennelle et après ce contact avec notre Société, j'ose espérer que vous voudrez bien un jour en faire partie.

Jean BURÉ.

Allocution de M. CARPENTIER

Monsieur le Président,

Je suis très sensible à l'honneur qui m'est fait de présider aujourd'hui la cérémonie annuelle de remise des récompenses aux lauréats de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, au titre des Comités des Arts Physiques et des Arts Chimiques.

Je dois pourtant confesser, dès le début de cette séance, que si j'ai sans doute conservé quelques compétences en physique et plus particulièrement en électronique où les activités d'enseignement que j'exerce encore, m'obligent à rester très au fait des dernières évolutions sinon des futures, ma compétence en chimie n'est pas à la hauteur, non pas sans doute que j'aie oublié ce que j'ai appris, mais bien parce que, fort heureusement, la chimie a fait depuis quelques temps, des progrès colossaux.

Ces progrès, j'ai pu les apprécier — sinon les comprendre en détail — en tant que directeur technique général d'un grand groupe électronique.

Il n'est pas douteux, en effet, que les spectaculaires progrès de l'électronique et de l'informatique sont essentiellement dus à l'incroyable évolution de la physico-chimie :

— l'utilisation (voire la découverte) de nouveaux matériaux,

— les nouvelles façons de les traiter.

Je me contenterai de citer en vrac, en ce qui concerne les nouveaux matériaux :

— les composés semi-conducteurs III-V, à base d'arsénure, de gallium, d'indium, de phosphore et d'aluminium, sans lesquels on n'aurait pas su réaliser les lasers de liaisons optiques et grâce auxquels les hyperfréquences et le calcul rapide feront dans les prochaines années, des progrès décisifs,

— les composés et matériaux piezo-électriques parmi lesquels certains sont des polymères (organiques) qui ont fait faire (M. Dieulesaint s'en souvient puisque nous avons travaillé ensemble sur le sujet) des progrès décisifs en matière de traitement de signal et sont en train d'en faire en détecteurs ultrasoniques que ce soit pour les applications militaires ou pour les applications médicales,

— les cristaux liquides dont on découvre, aujourd'hui, de nouvelles familles oh combien prometteuses,

— le silicium dans sa forme amorphe qui permettra peut-être, enfin, la réalisation d'écrans de télévision vraiment plats sans être, ni trop lourds, ni trop consommants.

Quant aux nouvelles méthodes de traitement des matériaux, elles ont elles aussi permis des progrès spectaculaires :

— la plus spectaculaire par ses effets est sans doute l'épitaxie en phase vapeur sous toutes ses formes sans laquelle les fibres optiques à faibles pertes n'auraient pas vu le jour, non plus que la plupart des composants semi-conducteurs de pointe,

— la moins connue est peut-être la méthode d'obtention du graphite pyrolytique sans laquelle on n'aurait

pas pu concevoir les grilles des triodes de très grande puissance utilisées pour les émetteurs ondes longues et ondes courtes,

— l'une des plus prometteuses est sans doute l'épitaxie par jet moléculaire, qui concurrence l'épitaxie en phase vapeur par organo-métallique, pour les circuits intégrés de demain,

— en guise de dernier exemple, l'électronicien que je suis ne peut oublier de citer les appareils de microlithographie à faisceaux d'électrons ou d'ions, ou à rayons X sans lesquels des géométries nettement submicroniques n'auraient pu être réalisées.

L'électronique et l'informatique sont bien redévolables et pour longtemps encore à la physico-chimie, comme l'est d'ailleurs le dernier étage d'Ariane, et comme le sont d'autres applications plus proches du grand public.

Cette constatation, reconnue plutôt optimiste, a son évidente contrepartie dans la nécessité de disposer d'appareillages extrêmement lourds et coûteux dès que l'on veut progresser dans certains domaines fondamentaux pour la survie et/ou la reconnaissance de notre industrie. De tels outils de recherche ne deviennent hélas accessibles qu'à des équipes puissantes, appartenant donc le plus souvent à des organismes disposant de gros moyens, d'autant que les outils d'informatique nécessaires au calcul scientifique complémentaire sont également des moyens chers (en matériel et en logiciel).

Il peut paraître résulter de cette constatation que l'innovation n'est plus permise aux petites équipes.

Notre réunion de ce soir montre bien le contraire : il est vrai que les innovations type « concours Lépine » (je n'attribue — croyez-moi — aucun caractère péjoratif à cette expression, au contraire) ne sont que rarement applicables dans la plupart des industries de pointe. Il est vrai, par ailleurs, que nos industries de pointe disposent, généralement en France, de puissants moyens de recherche, efficaces et riches en personnel de qualité et de ce fait, très compétitives.

Mais il est non moins vrai que la France *au total* dispose d'un potentiel d'innovations très insuffisant, mesuré par exemple, par le pourcentage de personnels chargés et capables d'innover.

Il est donc essentiel d'utiliser tous les moyens disponibles pour inciter à l'innovation à tous les niveaux, en dépit des risques qu'il peut encourir, car l'organisation socio-économique de la France ne pousse pas naturellement vers l'innovation.

Et c'est bien pourquoi, vous me voyez particulièrement heureux d'être parmi vous ce soir.

Michel CARPENTIER.

— au sein de l'OMI, comme le produit moyen annuel des vendanges, de la fermentation du raisin, mais également de raisin non destiné à la vente, via France et OIV. Les pays adhérents à l'Office International de la Vigne et du Vin. Ces dernières ont assez rapidement mis en place

CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ

DE LA SOCIÉTÉ

Digitized by srujanika@gmail.com

Évolution de la consommation du vin et des technologies d'élaboration des vins

par Pierre BIDAN

INTRODUCTION

Le vin est défini comme le produit provenant exclusivement de la fermentation du raisin frais ou du jus de raisin frais, définition légale en France et dans les pays adhérents à l'Office International de la Vigne et du Vin. Cette définition est assez restrictive puisqu'elle n'autorise pas l'élaboration du vin avec des raisins ou des jus de raisin conservés ou avec des concentrés de jus de raisin redilués, ce qui se fait cependant dans certains pays.

De nombreuses classifications des vins ont été données en fonction de critères différents. Pour simplifier je ne retiendrai que deux types de vin : les vins de consommation courante et les vins de luxe.

Le vin est, au moins en France, consommé dans les ménages régulièrement lors des repas (80 % des ménages), il est cependant consommé hors de ceux-ci notamment dans divers pays plus récemment venus à la consommation du vin.

Le vin de consommation courante ou vin de table ou de tous les jours est un vin plutôt léger. Il s'interdit tout défaut et doit être agréable et facile à boire. Son prix d'achat est relativement faible. Sa qualité est fixée essentiellement par le consommateur dont les désirs varient suivant les régions. Ils évoluent avec le mode de vie et sont variables suivant les pays. L'élaboration de ce vin doit se plier à un certain nombre de critères de qualité demandés par le consommateur : vin léger, vin fruité, vin doux ou sec, vin légèrement pétillant ou non, mais ce vin doit présenter une certaine constance et une certaine stabilité dans ses caractères. Ce vin peut cependant être personnalisé pour s'adresser à des désirs particuliers du consommateur. Cette personnalisation se fait par le terroir (vin de pays), par le cépage (vin de Cabernet, de Gamay, de Chenin ou de Chardonnay par exemple), par une technique de vinification particulière (vin de macération carbonique) ou par une marque. Il ne faut cependant pas oublier que le goût du consommateur évolue pour ce type de vin et que le producteur doit s'adapter au changement.

Les vins de luxe qui comprennent les vins d'Appellation d'Origine Contrôlée, sont rarement consommés tous les jours, ce sont des vins de fête, de dimanche ou de réunion. L'importance du consommateur dans le choix de la qualité de ce vin est beaucoup moins marquée, c'est l'élaborateur du vin ou un groupe d'élaborateurs qui en général impose son propre choix, choix qui prolonge en général le choix d'un terroir. Le consommateur admet dans ce cas que le vin soit différent d'un terroir à l'autre, d'une année à l'autre, d'un élaborateur à l'autre. Le vin est jugé comme une œuvre d'art et non comme un vin de consommation. L'élaborateur reste le maître de son pro-

duit, il ne se préoccupe pas ou peu du désir de son acheteur, étant sûr de trouver toujours un connaisseur.

Les critères de qualité ne sont donc pas définis par les mêmes agents suivant que le vin relève d'un type ou de l'autre.

La filière du vin est complexe et peu homogène du moins en France. Elle comprend en principe quatre phases : le producteur de raisin (viticulteur) ; une première transformation du raisin en moût puis en vin brut par fermentation alcoolique et parfois fermentation malolactique, une deuxième transformation qui permet au vin brut de devenir un vin prêt à la consommation généralement par coupage ou assemblage, vieillissement, clarification, stabilisation et mise en bouteille ou en autre récipient, enfin distribution des produits stabilisés et mis en récipient de vente.

En France, le vin est encore classé produit agricole c'est-à-dire que l'on admet que les quatre étapes sont faites à l'échelle de la propriété agricole (cas assez fréquent dans les vins d'appellation), ou dans son prolongement, la coopérative agricole qui effectue la première transformation parfois la seconde transformation et plus rarement la fonction de distribution.

La troisième fonction est souvent effectuée en France par le négociant en vin qui achète des vins bruts, effectue des coupages pour obtenir les types de vin demandés par ses clients et effectue parfois la quatrième fonction de distribution.

La fonction de distribution peut être faite par le producteur mais également par des magasins spécialisés surtout dans les grandes villes par des épiceries ou de plus en plus par les grandes surfaces. Pour ne donner qu'un chiffre les résultats d'un sondage récent sur les lieux d'achat des vins de champagne ont montré que ceux-ci étaient achetés pour 40 % en grande surface contre 28 % en 1975 et pour 30 % chez le producteur contre 39 % en 1975.

35 à 40 % du vin est distribué en France par 10 groupes sur le marché intérieur français, la moitié appartient au négocie en vin, l'autre au commerce intégré.

1^o ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION DU VIN

D'après l'O.I.V. la production mondiale de raisin a atteint en 1982 670 680 000 quintaux et celle du vin 366 621 000 hectolitres. Cette production est en continue augmentation au cours des quinze dernières années, alors que la surface mondiale occupée par la vigne reste stable aux environs de 10 100 000 ha. (Tableaux 1 et 2).

TABLEAU 1
Évolution de la production de vin depuis 1951 en 10³ hl

	1950	1970	1982
Monde	240 000	313 115	366 621
U.R.S.S.	10 000	28 128	34 625
U.S.A.	6 800	13 223	19 494
Europe des 10	115 000	152 328	171 803
France	56 090	69 278	79 093
Italie	51 214	69 561	71 948
R.F.A.	2 757	8 222	16 128
Espagne	17 500	25 800	37 263

TABLEAU 2
Évolution de la superficie en vigne à raisin de cuve en Ha

	1950	1970	1982
Monde	8 400 000	9 870 000	10 100 000
U.R.S.S.	900 000	1 100 000	1 350 000
U.S.A.		246 000	306 000
Europe des 10	3 188 000	2 474 431	2 305 000
France	1 400 600	1 193 600	1 064 000
Italie	1 631 200	1 090 531	1 095 451
R.F.A.	55 854	80 337	89 022
Espagne	1 400 000	1 500 000	1 600 000

La production mondiale de vin est passée de 250 000 000 hl en 1960 à 366 000 000 hl en 1982. Le taux annuel de croissance a été de 1,8 %. Bien qu'il soit difficile de parler de moyenne en raison des fortes fluctuations annuelles de production, il est évident que le rendement de la production a considérablement augmenté depuis les années 1960. Le rendement à l'ha est passé dans le monde de 23 hl en 1950 à 35,1 hl en 1980. Ce sont les pays qui ont le plus récemment développé leur viticulture qui ont vu les rendements augmentés le plus vite (Océanie 106 qx/ha, Amérique 101 qx/ha, Europe 58 qx/ha). En Europe les rendements moyens sont variables suivant les pays : 105 qx/ha en R.F.A., 83 en Italie, 75 en France, 32 en Espagne.

L'essentiel de cette production, les 2/3, proviennent des pays vinicoles traditionnels de l'Europe occidentale et 48 % sont assurés par les pays de la C.E.E., bien que leur part dans la production mondiale ait diminué légèrement depuis 1960.

En France la superficie actuelle de la vigne est de 1 100 000 ha, dont 400 000 en Appellation d'Origine. En Europe on constate que c'est en Autriche, en R.F.A., en Grèce et en Espagne que la production a progressé le plus rapidement. L'Europe orientale et l'U.R.S.S. ont vu également leur production augmenter rapidement au cours des 20 dernières années (leur part est passée de 9 % en 1962 à 15 % en 1982). Les progrès les plus importants ont été enregistrés en U.R.S.S. où la production du vin a été encouragée afin de favoriser le passage de la consommation de boissons fortement alcoolisées, vodka en particulier, à d'autres boissons moins fortes dont le vin.

C'est dans les trois pays d'Afrique du Nord que la production du vin a subi le plus de modification. En 1962-64 leur potentiel de production était encore de 15 à 18 millions d'hl, elle est tombée à environ 4,5 millions d'hl ces dernières années et elle baissera encore.

Le recul enregistré en Afrique du Nord n'a pas été compensé par les progrès modérés des pays de l'Amérique latine. Par contre aux U.S.A., en Australie et en Afrique du Sud la production viticole a augmenté rapidement au cours des 20 dernières années (environ + 5 %) en grande partie pour répondre à la demande interne croissante. La part de ce groupe de pays est passée de 5 à 9 % de la production mondiale en 20 ans.

La consommation du vin a augmenté au cours de ces dernières années, plus lentement que la production du vin et que la population. Ceci a créé de graves problèmes d'excédents et on a vu baisser la consommation par habitant. La consommation mondiale de vin a été en moyenne de 293 millions d'hl dans la période 1979-81 soit 6,6 litres par habitant et par an. Ce chiffre dépasse de 21 millions d'hectolitres la moyenne 1972-74 mais la consommation par personne a diminué de 6 %.

Les tendances ont cependant beaucoup varié suivant les régions : les pays de la C.E.E. qui constituent le plus important marché vinicole du monde ont vu leur consommation diminuer de 2,7 millions d'hl en 6 ans, en raison notamment de la diminution de consommation sur les deux principaux marchés (France et Italie). La tendance à la baisse persiste depuis 1956 : France 135 litres en 1950, 86 litres en 1982 ; Italie 99 litres en 1950, 82 litres en 1982. On peut considérer qu'il y a internationalisation de la consommation du vin grâce à l'augmentation des échanges entre pays. La consommation du vin a augmenté par contre en R.F.A., au Royaume Uni, en Belgique, en U.R.S.S. et en Amérique du Nord. (Tableau n° 3).

TABLEAU 3
Évolution de la consommation de vin en litres par habitant et par an

	1950	1970	1982
Argentine	86	91,8	76,8
U.R.S.S.	5,6	11,4	14,4
U.S.A.	2,5	5,0	8,4
Europe des 10 ...	65	50	45
France	135	111	86
Italie	99	110	82
R.F.A.	8	16	27
Pays-Bas	2	5,2	13
Royaume Uni ...	1,2	2,9	8,2
Espagne	64	61,5	52
Portugal	114	76,7	70

L'évolution de la consommation a été plus favorable au vin de qualité qu'au vin ordinaire. L'augmentation de la consommation en Amérique du Nord s'est traduite par des importations accrues presque exclusivement de vins de qualité de certaines régions, de certaines récoltes, d'un certain âge et même de certaines marques.

En France la consommation des vins A.O.C. a progressé au rythme moyen de 4,4 % jusqu'en 1982 (9 120 000 hl) alors que celle des autres vins a fléchi de 1,7 à 2,2 % par an. En 1983 la diminution a été de 3,6 % pour les vins de table et de 3,3 % pour les vins A.O.C. ce qui est un fait nouveau. Ce sont les pays où la consommation était de 5 à 20 hl par habitant et par an qui ont vu la préférence des vins de luxe augmenter le plus vite (R.F.A. + 1,8 %,

Belgique + 4,6 %, Danemark + 5,9 %, Pays-Bas + 4,9 %, Royaume Uni + 5,6 %).

Remarquons également qu'en France l'autoconsommation (consommation familiale des viticulteurs) qui représentait un peu plus de 10 millions d'hl jusqu'en 1968 baisse depuis pour se situer actuellement aux environs de 6 à 7 millions d'hl (dû en grande partie à la baisse de la population viticole).

Diverses raisons ont été invoquées pour expliquer la baisse de la consommation du vin : la demande des consommateurs résultant d'habitudes et de traditions ancestrales ne progresse plus, le vin de table considéré comme source de calories a perdu sa raison d'être dans tous les pays industrialisés, évolution des habitudes alimentaires et du comportement des populations, désir de simplification du repas, notamment celui de midi, rupture avec les générations précédentes, concurrence d'autres boissons, nombreuses campagnes de lutte contre l'alcoolisme qui ont pris surtout comme cible le vin, ou report des dépenses de vin sur d'autres produits. Il faut cependant remarquer que l'amélioration des revenus s'est accompagnée d'une diminution des achats de vins en France mais d'une forte augmentation des achats aux Pays-Bas. Aux États-Unis la consommation des vins est concentrée dans les tranches de revenus élevés.

Les gens âgés tendent à boire plus de vin que les jeunes. En France, la plus forte proportion de personnes consommant régulièrement du vin se trouve dans le groupe d'âge de plus de 34 ans, aux U.S.A. c'est la classe d'âge allant de 30 à 55 ans dans laquelle la consommation du vin est la plus forte.

Sur certains marchés le consommateur marque sa préférence par une couleur du vin. En France et en Italie, le vin rouge est préféré, il est considéré comme mieux adapté à la nourriture avec laquelle il est consommé. Au contraire dans de nombreux autres pays le vin blanc est plus prisé (part des vins blancs dans la consommation totale de vin : France 22 %, Italie 37 %, États Unis 58 %, R.F.A. 75 %, Japon 70 %).

Aux U.S.A. en 1960 le vin blanc ne représentait que 16 % des vins consommés. A cette date la consommation était essentiellement faite à partir de vins importés des pays de tradition ancienne (France, Italie, Espagne). Puis le développement de la consommation a entraîné une adaptation à la demande : en 1970 la part du vin blanc était de 24 %, en 1980 de 58 % et on estime qu'elle devrait être de 75 % en 1985. Il faut noter que 27 % de la consommation des vins blancs dans ce pays sont bus en cocktail avant le repas.

Notons qu'en France le prix du vin, exprimé en salaire horaire de manœuvre, a diminué : M. Fourastié dans un de ses livres « Pourquoi les prix baissent », donne les chiffres suivants : en 1890, il fallait 2,35 heures pour acheter 1 litre de vin à 10° et 39,2 heures pour acheter une bouteille de Champagne ; en 1935, les chiffres correspondants sont 0,54 et 7,6 et en 1980, 0,17 et 3,2 heures.

2^e ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE DE PRODUCTION DU RAISIN ET D'ÉLABORATION DU VIN

On constate une évolution très importante des méthodes de production des raisins, puisque les surfaces étant restées sensiblement constantes, la production a cependant augmenté. Ceci est dû à de très nombreux efforts dans les différents domaines de la production des raisins : mise

au point de nouveaux clones et de nouvelles variétés de porte-greffes et de cépages. L'adaptation des cépages en fonction des sols, des climats dans chaque microrégion, a été très étudiée. La diffusion des variétés nouvelles se heurte cependant en France au problème des Appellations d'Origine. Des variétés résistant à diverses maladies cryptogamiques ont été proposées. Actuellement les questions de rendement quantitatif et de teneur en sucre ne sont plus les seules prises en compte et la collaboration entre œnologue et viticulteur est plus active qu'auparavant, le problème des couleurs et des arômes est pris en considération dans le choix de l'amélioration des variétés. Il est possible maintenant de surgreffer les vignes en production avec un autre cépage dont on récoltera le raisin dès l'année suivante.

Au niveau de la culture de la vigne de nombreux efforts ont également été faits, notamment en matière de technique culturelle, de matériel de lutte, pour la protection du vignoble et des produits utilisés ; de nouveaux modes de palissage ont été proposés, notamment pour l'adaptation des vignobles à la mécanisation de la récolte et de la taille. L'automatisation de certaines opérations de conduite de la vigne est en cours, notamment en ce qui concerne la taille de la vigne.

Développement de la machine à vendanger.

En France l'utilisation de la machine à vendanger s'est faite rapidement : 1 machine en 1971, 3 765 en 1982, 5 400 en 1983. 21 % du vignoble est récolté mécaniquement. Ces machines utilisent actuellement le même principe : secouage latéral des vignes par un système de batteur. Des progrès récents ont été effectués sur les organes de transfert de la vendange, le système de secouage et de détachement du raisin, les systèmes de relevage des sarments.

L'emploi de ces machines nécessite à la cave une organisation particulière du chantier de travail par suite de la modification des rythmes de rentrée de vendange et une adaptation des chaînes technologiques de vinification, notamment en ce qui concerne l'élimination des corps étrangers avant le passage de la vendange par les pompes, les problèmes d'oxydation, la composition des vins en polyphénols.

Les problèmes d'oxydation sont particulièrement importants en vinification en blanc. Par ailleurs les techniques de macération carbonique intégrale sont actuellement impossibles avec les machines à vendanger actuelles car le taux de baies intactes non éclatées est souvent inférieur à 50 % et parfois à 30 %. Il n'est donc possible que d'effectuer une macération semi-carbonique. La résistance des baies à l'éclatement lors de la vendange mécanique doit être prise en compte par les sélectionneurs.

2.1. Évolution de la technologie de la première transformation.

Deux phases peuvent être définies au cours de cette transformation, la phase préfermentaire et la phase fermentaire.

Phase préfermentaire.

Cette phase regroupe l'ensemble des phénomènes qui se produisent entre la récolte du raisin et la prise en charge du milieu par les levures, donc la fermentation alcoolique. Cette phase peut être conduite de deux manières :

— soit par désorganisation cellulaire mécanique, faite en général en milieu oxydatif. Il s'agit là du processus classique de traitement du raisin avec foulage, égrappage ou non, macération du raisin pour l'extraction de la couleur et des arômes, macération pouvant être effectuée à froid ou à chaud ;

— soit par le maintien de la structure des tissus et le maintien des cellules en anaérobiose. Il s'agit de la technique de macération carbonique. La désorganisation des tissus se fait plus lentement par voie biochimique grâce aux enzymes du raisin. Il y a développement d'arômes par fermentation intracellulaire du raisin et obtention de vin aromatique, souple et coloré.

Au cours de cette phase préfermentaire, de nombreuses enzymes interviennent. Les enzymes pectolytiques permettent la solubilisation des grosses molécules de matières pectiques, diminuant ainsi la viscosité du moût et des vins, abaisseant le pouvoir colmatant des jus et facilitant les phénomènes de débourbage et de clarification. Les enzymes protéolytiques capables de transformer les protéines du moût en peptides et acides aminés permettent un enrichissement du vin en composés favorables à la croissance des levures et surtout des bactéries lactiques. Les glucosidases sont aptes à hydrolyser les hétérosides, en particulier les hétérosides terpéniques ou polyphénoliques, permettant ainsi la libération des terpènes et des anthocyanes et donc intervenant sur les arômes et la couleur.

D'autres enzymes interviennent de façon négative au cours de cette phase en particulier les polyphénoloxydases, notamment la laccase sécrétée par *Botrytis cinerea*, fréquente sur les raisins moisissus et qui peut transformer, en présence d'oxygène, certains composés polyphénoliques en quinones et en polymères, intervenant ainsi sur la limpidité et la couleur des vins obtenus.

Certaines de ces enzymes peuvent être apportées au moût telles que les enzymes pectolytiques, d'autres ne sont pas autorisées comme les protéases. Une résolution vient cependant d'être prise par l'O.I.V. invitant les gouvernements à autoriser l'emploi de glucanase, enzyme produite par certains champignons, et capable de dégrader en petites molécules, les molécules de glucanes que l'on rencontre dans certains vins et qui les rendent difficiles à clarifier.

Une meilleure connaissance des enzymes, de leur action a permis un meilleur contrôle du processus technologique. C'est ainsi que la thermovinification qui permet de diminuer le temps de macération pour extraire la couleur du raisin a l'avantage de détruire les polyphénoloxydases et de protéger les moûts de l'oxydation par ces enzymes mais détruit également les enzymes pectolytiques, ce qui fait que les vins sont plus difficiles à clarifier sans apport de ces enzymes.

La macération carbonique qui favorise l'action des enzymes de la baie de raisin, peut assurer une dégradation partielle de l'acide malique, un remaniement des matières azotées, une dégradation des matières pectiques et l'apparition d'arômes spécifiques à cette technique.

L'utilisation des enzymes fixées sur support inerte par rapport au vin a été proposée, essayée, mais n'a pas encore donné lieu à des applications pratiques en œnologie.

Phase fermentaire de la vinification.

Dans l'élaboration des vins rouges, deux fermentations successives sont recherchées, la fermentation alcoolique par les levures, la fermentation malolactique par les bactéries lactiques ; dans l'élaboration des vins blancs la

fermentation malolactique n'est pas toujours recherchée, l'acide malique étant nécessaire à l'équilibre des saveurs.

Le rôle des souches de levure sur la qualité aromatique du vin n'est pas très important, les arômes de cépage prirent sur les arômes de fermentation. L'apport des levures sélectionnées, très généralisé en brasserie, était peu utilisé dans les pays à vieille tradition viticole mais très largement répandu dans les pays qui ont développé des types de vinifications modernes et bien contrôlées ; cependant il s'est développé depuis l'apparition des levures sèches actives. Ces levures en poudre dont la technique de séchage a été mise au point pour les levures de boulangerie ont d'abord été recommandées aux États-Unis et au Canada pour l'élaboration des « vins chez soi ». Ces levures ont vu leur emploi se généraliser en France, elles sont actuellement utilisées dans de nombreux types de vinification, aussi bien en début de vinification pour faciliter leur démarrage ou obtenir des fermentations complètes. Cependant, ces levures étant produites en tonnage important, le nombre de souches mises sur le marché est réduit. Des efforts devraient être faits pour diversifier les souches mises à la disposition des utilisateurs.

Parmi les caractères œnologiques des levures choisies : bonne vitesse de développement, bon rendement de transformation du sucre en acide, faible production de glycérol, un caractère de sélection s'est montré intéressant : le facteur killer. En effet, certaines souches dites killer sont capables de produire une toxine vis-à-vis de certaines souches sensibles. Il existe une troisième catégorie de souches, les souches neutres, ni sensibles ni productrices de toxines. Il peut donc être intéressant d'ensemencer avec des souches killer qui détruisent des souches sensibles indigènes, mais il est encore plus intéressant d'ensemencer avec des souches neutres qui ne sont pas attaquées par les souches killer sauvages. Il est possible actuellement par des méthodes génétiques de faire acquérir à des souches sensibles, intéressantes pour leurs propriétés œnologiques, le caractère neutre.

Pendant longtemps, il a été impossible de reconnaître la souche de levure sélectionnée apportée d'une espèce parmi les souches indigènes de la même espèce. Désormais il est possible de marquer une souche en lui faisant, par exemple, acquérir une résistance à des antibiotiques. On peut ainsi suivre la souche ensemencée.

L'utilisation de levures du genre *Schizosaccharomyces*, levures dégradant l'acide malique du vin en éthanol et CO₂, donc agent de désacidification ne s'est pas fortement développée par suite du faible taux de croissance de ce genre par rapport à *Saccharomyces*. Des essais sont actuellement poursuivis en vue d'obtenir des souches de *Saccharomyces* dégradant de fortes quantités d'acide malique ou mieux capables de dégrader l'acide malique en acide lactique par transfert de gènes de bactéries lactiques dans ces souches.

Des essais de levures ou de bactéries lactiques fixées ou encapsulées sont actuellement effectués en vue de résoudre certains problèmes posés par l'emploi des bactéries lactiques ou des *Schizosaccharomyces* ou pour effectuer la prise de mousse en élaboration des vins mousseux avec récupération plus facile des levures.

Grâce à la collaboration de spécialistes des bactéries lactiques du lait et des produits laitiers et de spécialistes des questions œnologiques, il a été montré que certaines perturbations de la fermentation malolactique des vins sont causées par des bactériophages qui détruisent les bactéries lactiques. Les auteurs qui ont mis en évidence ces bactériophages estiment donc que la fermentation lactic

que par préparation bactérienne issue d'une seule souche est aléatoire et proposent donc, pour favoriser la fermentation malolactique par ensemencement, soit d'apporter des mélanges de souches de bactéries adaptées au vin, soit d'utiliser par rotation des cultures bactériennes différentes.

La maîtrise de la température en fermentation est en vinification un problème important. Les progrès réalisés en technique frigorifique, notamment en industrie laitière et en conservation des fruits, avec emploi des condenseurs à air pour des puissances de plus en plus élevées, la miniaturisation des groupes, ont permis ces dernières années de mettre à la disposition des caves, quelle que soit leur importance, des équipements de mieux en mieux adaptés aux besoins spécifiques du monde viticole, à des coûts de plus en plus compétitifs : équipements mobiles, cuves isothermes avec réfrigérant inclus dans la paroi, groupe frigorifique fixe avec échangeur thermique où le fluide frigorifique refroidit directement les moûts, groupe fixe avec circulation d'eau glacée. Des essais de mise en place de pompe à chaleur ont été effectués mais leur rentabilité est souvent limitée par la courte durée de leur utilisation.

En ce qui concerne les techniques de fermentation proprement dites, des innovations pourraient intervenir par l'emploi de fermentation continue en milieu liquide et par l'emploi de fermentations à plusieurs étages permettant d'effectuer sur un même moût des fermentations dans des conditions différentes avec des souches de levures différentes.

Correction de la vendange.

L'utilisation du saccharose (chaptalisation) pour l'enrichissement des vendanges, pratique autorisée dans les régions septentrionales de la C.E.E., constitue un des aspects les plus délicats et conflictuels du secteur vitivinicole puisque les régions méridionales ne peuvent utiliser que le concentré de moût de raisin qui est plus onéreux. Aussi est-il parfois envisagé, après un certain délai, d'encourager la production de concentré de moût de raisin ou de concentré de moût de raisin rectifié (en particulier sans acide et sans couleur) qui seraient seuls autorisés dans toutes les régions pour l'enrichissement. Mais ceci demande également la poursuite des travaux de recherche et de développement d'une méthode fiable permettant la détection de l'utilisation du saccharose dans les vins.

Extraction de la couleur et des substances aromatiques, protection contre l'oxydation.

Les principaux facteurs intervenant lors de l'extraction de la couleur et des substances aromatiques sont le temps, la température, la teneur en alcool et la concentration en anhydride sulfureux. En vinification classique on joue sur les quatre facteurs en fonction du type de vin que l'on désire élaborer et de l'équipement de la cave. Cherchant à gagner du temps pour éviter d'immobiliser la cuverie, un certain nombre d'innovations ont été proposées. La thermovinification est une des innovations qui remonte maintenant à une vingtaine d'années.

Plus récemment sont apparues des techniques faisant intervenir soit le facteur alcool, soit l'association du facteur alcool et de la température. Le raisin entier ou foulé est mélangé immédiatement à un vin brut, ne contenant plus de sucre et titrant 10 à 11° d'alcool, si bien que le phénomène de macération s'effectue dès le début, dans un milieu contenant une certaine teneur en alcool. Si de plus, cette macération se fait à température de 50°, l'extraction de la couleur et des autres composants du raisin est accélérée ; la fermentation alcoolique peut se faire suivant les cas, avant ou après pressurage après refroidissement. Ces techniques sont déjà utilisées dans quelques caves.

Quant à l'emploi du SO₂, un brevet propose de traiter une partie de la vendange, la plus riche en extrait sec après égouttage, avec la totalité du SO₂ que l'on aurait mis à la vendange, ce qui améliore l'extraction des constituants de la couleur ; puis on mélange ensuite les deux parties, liquide et liquide plus solide, pourachever la fermentation des sucres. Cette technique est encore peu développée.

L'emploi des gaz inertes, notamment de l'azote et du CO₂, mais aussi des mélanges de gaz, continue son développement dans les caves ce qui permet une bonne protection de la couleur et de la saveur.

Évolution des matériaux et des matériels.

Des progrès importants ont été faits dans l'équipement de vinification aussi bien que les matériels que dans les matériaux utilisés.

En ce qui concerne le matériel il a porté essentiellement sur le transfert de la vendange, notamment à l'aide de tapis pour les techniques de macération carbonique, l'amélioration des pompes permettant de garder intactes les pellicules du raisin lors du transport des moûts, des types de pressoir qui ont vu apparaître outre les améliorations des pressoirs horizontaux avec la création de portes annulaires, les pressoirs pneumatiques, les pressoirs à impulsions à alimentation continue et pression discontinue, les pressoirs à bandes. Le but de ces appareils est de faciliter l'extraction des produits recherchés et de ne pas extraire les substances génératrices de mauvais goût.

En ce qui concerne les matériaux, l'évolution s'est faite dans trois directions :

- amélioration des cuves en béton construites avant les années 1970 et présentant un volume important, par revêtement des cuves grâce à des résines époxydiques permettant le maintien des surfaces résistantes aux corrossions, dures, lisses et facilement nettoyables ;

- le développement des cuves en résines polyester armées de fibres de verre, et en d'autres matériaux plastiques tels que résine acrylique et polychlorure de vinyle ;

- le développement des cuves en acier revêtu et surtout en acier inoxydable, ce dernier étant utilisé pour la construction des cuves de fermentation et de stockage.

2.2. Évolution des technologies de deuxième transformation : clarification, stabilisation.

Avec ou sans assemblages ces techniques ont un double but : assurer la limpideur du vin et assurer la stabilité de la qualité du vin jusque sur la table du consommateur. Les installations de stabilisation et surtout de conditionnement doivent être séparées de la cave de vinification, ce qui permettra une meilleure maîtrise microbiologique pour les locaux, pour les matériaux et les matériels utilisés.

Les méthodes de stabilisation et de clarification des vins en vue de leur conditionnement ont évolué au cours des dernières années. La pratique du collage a évolué vers une diminution des doses de colle utilisées, l'emploi de produits plus purs et plus réguliers, la prise en compte de critères plus larges d'emploi tels que la filtrabilité dans la mise en œuvre des différentes colles. La bonne répartition des colles dans la cuve par des agitateurs à hélices ont

bénéficié des progrès dans la conception de ces appareils. Le mélange des produits est correctement effectué.

La centrifugation a vu son domaine d'activité s'étendre en œnologie. Classiquement utilisée pour accélérer le débourbage des moûts et la clarification des vins jeunes, elle est maintenant utilisée comme moyen d'appauprissement du milieu en germes microbiens, levures et même bactéries.

L'évolution des dernières années s'est orientée vers une amélioration progressive des performances des appareils notamment vis-à-vis de la protection contre l'oxydation, l'éjection des bourbes, l'automatisation, le contrôle. La centrifugation permet de remplacer certaines filtrations et facilite l'emploi de techniques de filtrations fines avant la mise en bouteille. C'est cependant une technique coûteuse qui semble réservée actuellement aux installations relativement importantes.

La filtration en œnologie a vu également son champ d'action s'élargir : assurer la limpideur du vin, participer à la stabilisation physicochimique des vins en jouant sur certains colloïdes et même vis-à-vis de l'acide tartrique, permettre la stabilité biologique des vins en retenant les microorganismes. L'abandon de l'amiante dans la constitution des plaques filtrantes a favorisé trois phénomènes en filtration : le développement des matériaux nouveaux et même des types de filtres différents, une meilleure utilisation des filtres à kieselguhr qui ont ainsi tendance à couvrir un domaine d'application plus large, une orientation vers la régénération de matériaux filtrants de façon à les utiliser dans des limites de prix raisonnables. Dans la filtration tangentielle, le vin circule parallèlement au milieu filtrant, son flux turbulent décolmate en permanence la surface de celui-ci. En pratique, on fait circuler rapidement en circuit fermé le liquide à l'intérieur des éléments filtrants, on obtient une concentration du trouble. Un prélèvement du produit concentré est effectué en continu ainsi qu'une alimentation en vin à filtrer. La surface filtrante est constituée d'un support de céramique sur laquelle on dispose une fine pellicule également minérale, dont la porosité peut être maîtrisée. Une telle membrane est très résistante, elle supporte les nettoyages acide ou basique et grâce à la filtration tangentielle évite ou diminue le phénomène de colmatage. Il est possible de filtrer en filtration tangentielle des moûts ou des vins, même immédiatement après la fermentation ; suivant les porosités utilisées, il est possible de retenir les levures et même les bactéries. Une meilleure connaissance des constituants du vin permet de rechercher par la filtration non seulement une bonne limpideur mais également une bonne stabilité colloïdale. On trouve donc dans l'arsenal des matériaux filtrants et des appareils proposés par les constructeurs une solution sûre pour résoudre les problèmes particuliers, mais il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance du vin à traiter.

Le traitement du vin par le froid est le moyen le plus efficace pour assurer la stabilité vis-à-vis des précipitations tartriques. Alors que les techniques classiques font intervenir une stabilisation vers -4° en 6 à 8 jours, ce qui constitue souvent un frein à l'emploi de cette technique, des matériels de traitement plus rapide, continu ou semi-continu, sont apparus récemment sur le marché. Ils exploitent différents facteurs : fixation de germes cristallins de tartre préformés dans un cristallisateur, ensemencement par cristaux de tartre introduits à la température voisine de 0° , congélation partielle et temporaire du vin.

2.3. *Hygiène et nettoyage en œnologie.*

L'hygiène des caves, et donc le nettoyage est devenu un impératif dans les caves pour diverses raisons : contrainte de la commercialisation, diminution de la teneur en SO_2 tolérée, vins plus fragiles qu'autrefois car moins acides et moins tanniques. Ce souci d'hygiène a eu pour conséquence la nécessité de disposer de surfaces de locaux et de matériels faciles à traiter. Quand on achète du matériel, il faut maintenant raisonner hygiène. Le choix de la méthode de nettoyage et de désinfection, le choix de produits utilisés dépend du matériel dont on dispose. Il existe maintenant sur le marché des appareils travaillant sous pression à poste fixe ou mobile. Pour les entreprises plus importantes, il est possible de mettre en place des appareils de nettoyage et de désinfection automatiques et programmables, appareils déjà utilisés dans de nombreuses autres industries alimentaires.

L'hygiène du matériel et des locaux vinaires est devenue primordiale, malheureusement le personnel chargé des opérations de nettoyage, de désinfection et de rinçage est souvent insuffisamment formé en ce domaine et ne se rend pas toujours compte de l'importance du travail qu'il a à accomplir.

2.4. *Contrôles de qualité.*

Le contrôle de la qualité, notamment par les techniques d'analyse sensorielle, a été toujours très développé en œnologie. De nouvelles méthodes d'analyse sensorielle, telle que la méthode Profil, ont peu pénétré dans ce secteur, peut-être par suite de la grande complexité du vin et de la gamme très étendue de ses produits.

Cependant, à mesure que les caves de vinification travaillent davantage de raisins ou de vins, que les circuits de distribution s'étendent et se diversifient, le contrôle de la qualité, depuis la matière première jusqu'au vin embouteillé se développe. Actuellement des méthodes modernes d'analyse sont appliquées en vinification et en conditionnement, soit directement à la cave, soit par l'intermédiaire d'un laboratoire d'œnologie : méthodes chromatographiques, méthodes enzymatiques, mesure de la couleur, contrôle microbiologique...

Par exemple, récemment un matériel d'analyse automatique de la pourriture grise a été développé qui mesure l'activité laccase : après prélèvement automatique de l'échantillon, la consommation d'oxygène par polarographie due à cette enzyme est mesurée en présence d'un inhibiteur de la tyrosinase, enzyme du raisin. Cet appareil peut donc mesurer une activité spécifique du *Botrytis* en milieu brut, non filtré, donc de quantifier un paramètre de qualité de la vendange, mais il peut aussi permettre de contrôler l'efficacité d'un traitement d'inhibition de la laccase, tel que sulfitage, thermovinification, pasteurisation.

Le développement rapide des méthodes d'analyse continue, facilement enregistrable, pouvant être introduite dans un ordinateur, permettra à chaque cave de connaître à tout instant l'état des différents lots de vins disponibles, et facilitera l'établissement d'assemblages désirés et reproductibles.

2.5. *Élaboration de boissons nouvelles à partir de raisin.*

Devant l'évolution de la production et de la consommation du vin dans de nombreux pays, deux orientations sont recommandées dans l'industrie des produits de la

vigne : modernisation et diversification. Dans le cadre du deuxième objectif de nombreux essais de boissons nouvelles ont été effectuées.

Parmi les nombreuses voies proposées, trois ont été particulièrement étudiées : production de boissons pétillantes, production de boissons à faible degré alcoolique, production de boissons aromatisées.

Les pétillants ou perlants de raisin sont préparés à partir de jus de raisin soigneusement clarifiés, pasteurisés et conservés à basse température sous azote. Une courte fermentation alcoolique productive de CO_2 est conduite à 18-20° puis arrêtée vers 2 à 3° d'alcool par abaissement de la température et filtration. Après une mise en bouteille isobarométrique, suivie d'une pasteurisation, ce produit peut être mis sur le marché. Il présente une pression de 2 à 3 bars. Plusieurs produits pétillants, fruités par le choix des raisins, présentant moins de bulles que les vins mousseux sont ainsi apparus sur le marché présentant différents degrés alcooliques, différentes teneurs en sucre et différents taux d'acidité.

L'élaboration de boissons à faible degré alcoolique et parfois à faible teneur en sucre, a donné lieu à la proposition de nombreuses techniques. En dehors des techniques bien connues et simples comme le mélange de jus et de vin, ou les distillations sélectives, deux autres méthodes ont été expérimentées pour proposer des boissons à faible degré alcoolique : des techniques faisant appel à la séparation sur membrane avec utilisation plus ou moins importante des échangeurs d'ions pour contrôler l'acidité, ou l'emploi de CO_2 liquide sous pression, qui permet la séparation à partir du vin, de phase non volatile, volatile et de l'éthanol.

Enfin, des vins aromatisés avec d'autres fruits, tels que le cassis ou l'orange ont aussi été préconisés.

En ce qui concerne les boissons à faible degré d'alcool, il existe de nombreux types de boissons, mais celles du puits sont les plus courantes. Ces boissons sont généralement gazeuses, surtout si elles sont préparées avec de l'eau gazeuse ou d'un sirop flottant.

L'économie flottante du système de fongage est alors assurée par l'utilisation d'un tapis prolongateur consistant à plusieurs assentes haut à huit.

Ce tapis prolongateur est suspendu à bascule du support flottant par un dispositif permettant d'appliquer une traction diagonale. Il est nécessaire une extrême attention sur les dispositions de sécurité recommandées qui consistent à la tête de puits accompagnement dans le sens de la mer.

Ensuite, dans le cadre d'un programme de recherche et développement archéologique poursuivi par l'Institut FRANCAIS DU PETROLE, en partenariat avec les deux compagnies pétrolières, la SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EXPLOITATION DES GAZ (SFG) et la SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EXPLOITATION DES GAZ (SFG), a étudié tout particulièrement le système de fongage en utilisant un système de levage en

Pour tous ces types de boissons on se heurte non seulement à quelques problèmes de technique mais aussi à des problèmes de législation, de réglementation et de fiscalité notamment vis-à-vis de la définition du vin.

CONCLUSION

Le marché du vin est en profonde mutation en France et dans le monde. Comme pour beaucoup d'autres produits alimentaires, le goût du consommateur devient prépondérant pour toute une gamme de produits. Or, le vin fait partie indiscutable des bons produits français. L'image de marque du vin français est surtout donnée, particulièrement à l'étranger par les vins de luxe, vins dont les producteurs doivent accepter une discipline rigoureuse, aidée par une législation ancienne mais qui ne doit pas les empêcher d'exploiter une technique plus moderne quand elle ne modifie pas les caractères de ces vins.

On assiste par ailleurs dans de nombreux pays à la création de vignobles de qualité bien qu'il n'y ait pas de traditions viticoles et à la création de vignobles de qualité dans des régions qui n'avaient pas montré de vocation qualitative jusque-là.

La filière vin en France est consciente que tout en préservant soigneusement ce qui fait son image de marque de qualité sur les marchés mondiaux, les vins d'Appellation d'Origine Contrôlée mais aussi les vins de table de qualité, il est nécessaire de se moderniser par l'emploi de technologies plus adaptées et de se diversifier par de nouvelles boissons en sachant bien que ces dernières seront susceptibles d'évoluer fréquemment.

En ce qui concerne les boissons à faible degré d'alcool, il existe de nombreux types de boissons, mais celles du puits sont les plus courantes. Ces boissons sont généralement gazeuses, surtout si elles sont préparées avec de l'eau gazeuse ou d'un sirop flottant.

L'économie flottante du système de fongage est alors assurée par l'utilisation d'un tapis prolongateur consistant à plusieurs assentes haut à huit.

Ce tapis prolongateur est suspendu à bascule du support flottant par un dispositif permettant d'appliquer une traction diagonale. Il est nécessaire une extrême attention sur les dispositions de sécurité recommandées qui consistent à la tête de puits accompagnement dans le sens de la mer.

Ensuite, dans le cadre d'un programme de recherche et développement archéologique poursuivi par l'Institut FRANCAIS DU PETROLE, en partenariat avec les deux compagnies pétrolières, la SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EXPLOITATION DES GAZ (SFG) et la SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EXPLOITATION DES GAZ (SFG), a étudié tout particulièrement le système de fongage en utilisant un système de levage en

RÉALISATION FRANÇAISE ORIGINALE DU TUBE PROLONGATEUR POUR FORAGE EN MERS PROFONDES

par Jacques DELACOUR,
Directeur « Ensembles industriels de production »
— Institut français du pétrole —

Le forage d'exploration est le seul moyen permettant de prouver la présence d'un gisement d'hydrocarbures et d'en évaluer la capacité de production.

Aussi est-il activement pratiqué pour la reconnaissance de zones relativement vierges comme les fonds marins.

Mais dans ce cas, l'interposition d'une tranche d'eau entre l'appareil de forage en surface et l'orifice du puits sur le fond implique une organisation spécifique, surtout lorsque la profondeur d'eau exige l'utilisation d'un support flottant.

La continuité fond-surface du système de forage est alors assurée par l'intermédiaire d'un tube prolongateur constitué d'éléments assemblés bout à bout.

Ce tube prolongateur est suspendu à bord du support flottant par un dispositif permettant d'appliquer une traction élastique. Il est raccordé à son extrémité inférieure sur les obturateurs de sécurité télécommandés qui constituent la tête de puits proprement dite sur le fond de la mer (Fig. 1).

Dans le cadre d'un programme de recherche et développement technologiques poursuivi en France sous l'égide des Pouvoirs Publics, l'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE, en association avec les deux compagnies pétrolières ELF et TOTAL, a étudié tout particulièrement le tube prolongateur, composant clé du système de forage en mers profondes (Fig. 2).

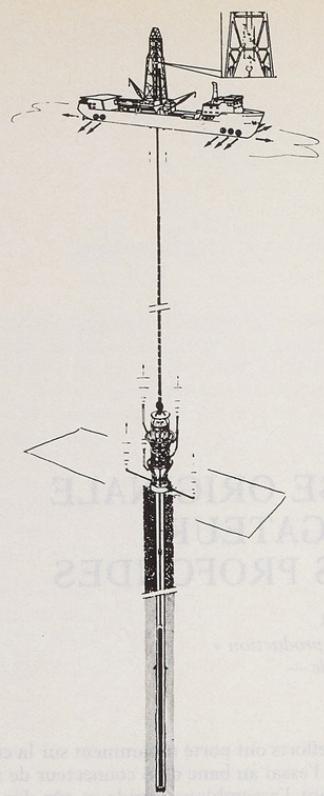
Ces efforts ont porté notamment sur la conception, le calcul et l'essai au banc d'un connecteur de type original permettant l'assemblage rapide et sûr des éléments de tubes entre eux à bord du support de forage (Fig. 3).

Cette opération constitue en effet une phase critique pendant laquelle l'ensemble du système est très vulnérable à l'action des éléments météocénographiques (Fig. 4).

L'efficacité de ce connecteur a été parfaitement prouvée à l'occasion des deux forages d'exploration effectués en 1982-1983 successivement par TOTAL et ELF au large de Marseille respectivement par 1 714 et 1 250 m de profondeur d'eau (Fig. 5).

Le tube prolongateur utilisé pour ces opérations à partir du navire à ancrage dynamique « Discoverer Seven Seas » avait été entièrement réalisé par CREUSOT-LOIRE qui a fabriqué le nombre de connecteurs nécessaires et les a soudés aux quelque 80 éléments de tubes proprement dits en utilisant le procédé de soudage par faisceau d'électrons, développé par TOTAL pour la pose des pipelines en mers profondes (Fig. 6).

Il est ainsi démontré que l'industrie nationale dispose de nouveaux moyens particulièrement performants pour l'exploration et l'exploitation des gisements sous-marins d'hydrocarbures.



1800 m RISER
TOTAL - S.N.E.A.(P) - I.F.P.
ROTATING RING CONNECTOR
PRINCIPLE

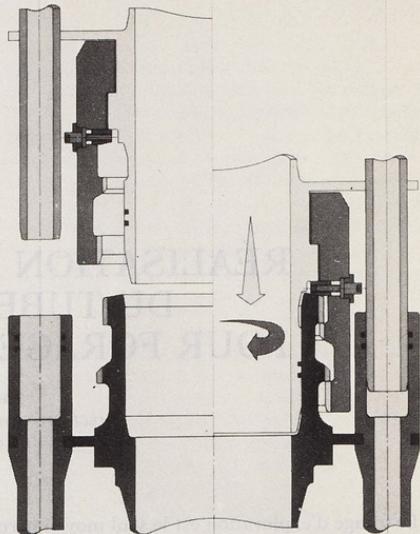


Fig. 1. — Schéma du système de forage d'exploration en mer à partir d'un navire à ancrage dynamique. La continuité à travers la tranche d'eau est assurée par le tube prolongateur.

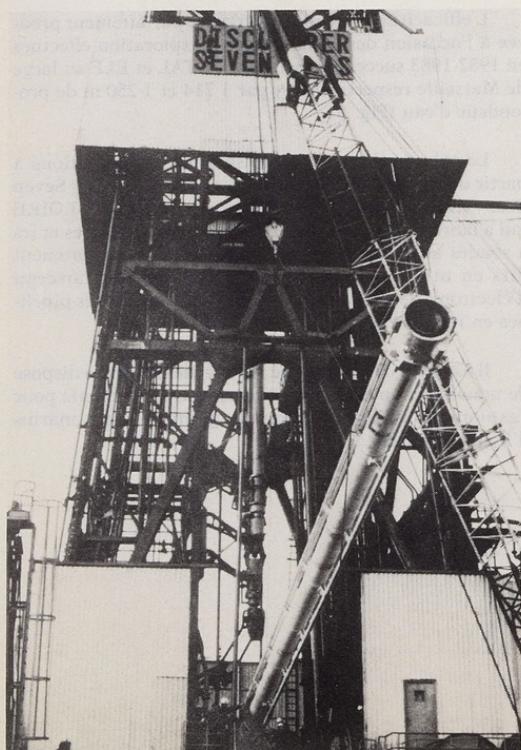


Fig. 2. — Élément unitaire constitutif du tube prolongateur

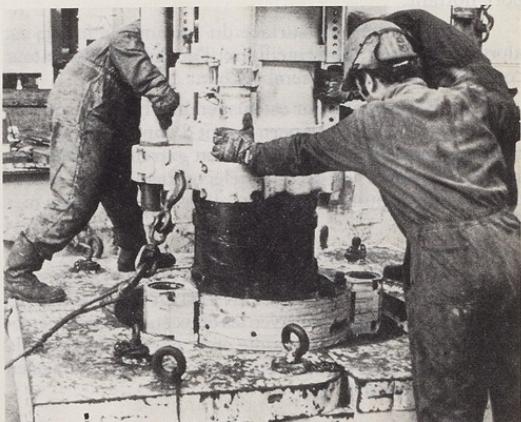


Fig. 4. — Manœuvre d'un connecteur.

Fig. 3. — Principe du connecteur d'assemblage des éléments du tube prolongateur

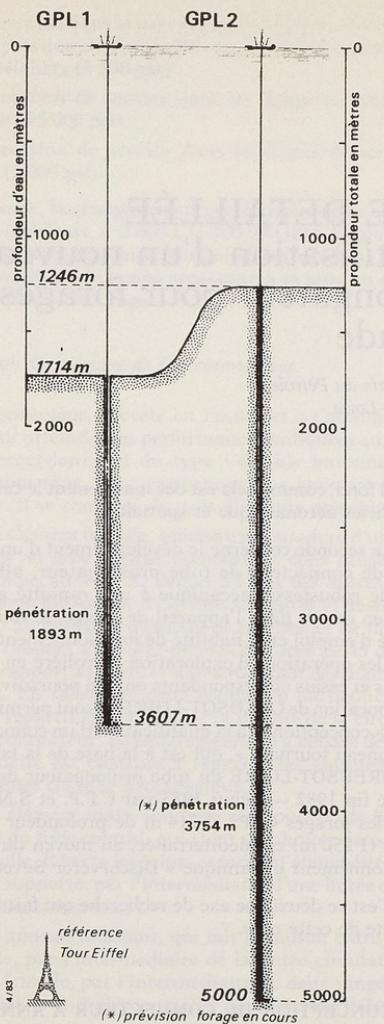


Fig. 6. — Fabrication des éléments constitutifs du tube prolongateur de 1 800 m de longueur dans les ateliers de CREUSOT-LOIRE

ANNEXE TECHNIQUE DÉTAILLÉE

Conception, mise au point et utilisation d'un nouveau type de connecteur de tube prolongateur pour forages en mer profonde

J. GUESNON, *Institut Français du Pétrole*
A. LAURENT, *Creusot-Loire*

INTRODUCTION

La réalisation de forages en mer très profonde (profondeur d'eau supérieure à 1 500 m) implique, en ce qui concerne le tube prolongateur, des problèmes d'architecture particuliers pour lesquels des solutions originales ont dû être trouvées. Il en résulte pour le concept de la partie courante du tube prolongateur un certain nombre de conséquences dont les plus importantes sont :

- l'existence de charges très élevées s'exerçant sur le corps du tube prolongateur, tant statiques (dans le cas d'un tube prolongateur de 3 000 m : tension maximale en tête de l'ordre de 650 t — pression différentielle en pied de 240 bars), que dynamiques (traction et flexion ondulées dues à la houle et aux mouvements du support flottant) ;
- la nécessité, pour un meilleur comportement dynamique du tube prolongateur non connecté à la tête de puits (manœuvre, déconnexion d'urgence, attente météo) de réduire le plus possible la masse de l'ensemble du tube prolongateur, et particulièrement celle des lignes périphériques ;
- l'intérêt de minimiser la durée des manœuvres du tube prolongateur, pendant lesquelles celui-ci est particulièrement vulnérable, afin de la concilier avec les couvertures météo habituelles.

Pour répondre à ces nombreuses et difficiles contraintes, le groupe de projet FMP 3000, dans lequel étaient associés TOTAL/Compagnie Française des Pétroles (C.F.P.), la Société Nationale Elf Aquitaine — Production (S.N.E.A.-P.) et l'Institut Français du Pétrole (I.F.P.), s'est engagé dans un vaste programme d'études qui a abouti, entre autres, à la conception d'un nouveau type de tube prolongateur, adapté au forage dans les mers très profondes.

Deux voies de recherche principales ont été suivies afin de répondre aux problèmes évoqués ci-dessus :

La première concerne l'utilisation de matériaux nouveaux (alliages de titane, matériaux composites) alliant de hautes caractéristiques mécaniques à une faible densité et une excellente résistance à la corrosion, tant marine que pétrolière. Les travaux, qui se poursuivent, comprennent la mise au point de techniques de fabrication, les études d'intégration des systèmes, des essais de qualification et des expérimentations en vraie grandeur. Les résultats obtenus confirment que, en dépit d'un prix de revient encore élevé, ces matériaux, doivent naturellement trouver leur place dans les systèmes pétroliers opérant par

grand fond, comme cela est dès maintenant le cas dans les industries aéronautique et spatiale.

La seconde concerne le développement d'un nouveau type de connecteur de tube prolongateur, alliant une grande robustesse mécanique à une rapidité accrue de mise en œuvre dans l'appareil de forage, le tout avec la sûreté d'emploi et la fiabilité de fonctionnement requises pour les opérations d'exploration pétrolière en mer. Les études et essais correspondants ont été poursuivis avec la collaboration de CREUSOT-LOIRE. Ils ont permis d'aboutir à la conception et à la qualification d'un connecteur dit « à anneau tournant », qui est à la base de la fabrication par CREUSOT-LOIRE du tube prolongateur de 1 800 m utilisé fin 1982 — début 1983 par C.F.P. et S.N.E.A. (P.) pour les forages GLP1 (1 714 m de profondeur d'eau) et GLP2 (1 250 m) en Méditerranée, au moyen du navire à positionnement dynamique « Discorverer Seven Seas ».

C'est ce deuxième axe de recherche qui fait l'objet de la suite de cette note.

CONCEPTION DU CONNECTEUR A ANNEAU TOURNANT

Spécifications et performances recherchées.

Les spécifications d'étude découlent des considérations précédentes.

La fonction de ce connecteur est d'assurer la liaison mécanique et les étanchéités entre les tubes, assemblés en faisceau, qui constituent la partie courante d'un tube prolongateur de forage : un tube central de diamètre de l'ordre de 500 mm (20") qui transmet tous les efforts de traction et de flexion et des tubes périphériques, de diamètre plus petit de l'ordre de 100 mm (4"), dans lesquels circulent des fluides sous pression.

Les efforts à prendre en considération pour le dimensionnement des connecteurs d'un tube prolongateur de 3 000 m ont été fixés au terme d'une étude de comportement dans les différentes phases opérationnelles (manœuvre — forage — attente, connecté ou déconnecté de la tête de puits) :

- traction de service : 650 t (1 450 000 lbs),
- ondulation de la traction : + ou - 100 t (220 000 lbs),

- pression dans le tube central : 540 bars (7 700 psi), soit une pression différentielle en pied de tube prolongateur de 240 bars (3 500 psi),
- pression de service dans les lignes de sécurité : 1 050 bars (15 000 psi),
- pression de service dans les lignes de service : 350 bars (5 000 psi).

En outre, la charge de rupture du connecteur ne doit pas être inférieure à 2 000 t (4 400 000 lbs). Le poids et l'encombrement du connecteur doivent être réduits le plus possible ainsi que le temps nécessaire à sa mise en œuvre dans l'appareil de forage.

Description du principe de fonctionnement.

Le connecteur, breveté en France et à l'étranger (*), conçu pour atteindre les performances indiquées au paragraphe précédent, est du type « double baïonnette à anneau tournant, avec rattrapage des jeux par coins radiaux ». Il se compose de trois éléments principaux :

- un élément femelle, solidaire par soudure d'une des extrémités du tube central, comportant deux rangées de quatre tenons situés à 90 degrés les uns des autres, couvrant chacun un secteur d'environ 45 degrés et destinés à reprendre les efforts principaux de traction et de flexion. Ces deux rangées sont elles-mêmes décalées de 45 degrés l'une par rapport à l'autre et sont situées sur des diamètres différents. En raison de cette géométrie particulière, la charge se répartit également sur la totalité de la circonférence du connecteur. La collerette située à la base de l'élément femelle est destinée à recevoir les équipements périphériques du tube prolongateur,
- un élément mâle, solidaire par soudure de l'autre extrémité du tube central, qui vient s'emboiter dans l'élément femelle. Il porte les joints assurant l'étanchéité de la liaison. Il supporte, par l'intermédiaire d'une butée circulaire, l'anneau tournant ;
- un anneau tournant, qui fait la liaison entre l'élément mâle, par l'intermédiaire de la butée circulaire, et l'élément femelle, par l'intermédiaire de deux rangées de quatre tenons complémentaires de celles de l'élément femelle.

Le connecteur comporte également quatre coins s'insérant radialement, au moyen de vis de manœuvre, entre les éléments mâle et femelle, dont le but est de rattraper le jeu entre les deux systèmes de tenons.

Le principe de fonctionnement du connecteur est alors le suivant :

- présentation de l'ensemble constitué par l'élément mâle et l'anneau tournant (solidarisés par l'intermédiaire de la butée circulaire et immobilisés l'un par rapport à l'autre dans une position précise) dans l'axe de l'élément femelle ;
- emboîtement de l'élément mâle dans l'élément femelle, les rangées de tenons étant disposées de façon à ce que les tenons inférieurs de l'anneau tournant passent extérieurement aux tenons supérieurs de l'élément femelle ;
- poursuite de l'emboîtement, l'anneau tournant étant disposé circulairement de façon à ce que ses tenons supérieurs s'engagent entre les tenons inférieurs de l'élément femelle (ceci peut être réalisé facilement grâce à

l'indexation angulaire fournie par la présence des lignes périphériques) ;

- une fois cet emboîtement complètement réalisé, les deux systèmes de tenons sont mis en coïncidence, surface à surface, par rotation d'un huitième de tour de l'anneau tournant (principe de la baïonnette) au moyen d'une barre de manœuvre amovible. L'ensemble est alors verrouillé dans cette position au moyen d'une goupille ;

- pour finir, les jeux entre les surfaces des tenons sont annulés par serrage des quatre coins prévus à cet effet, à l'aide des clés à air habituelles.

CHOIX DE L'ACIER.

Les sollicitations et contraintes d'utilisation auxquelles sont soumis les connecteurs sont diverses : traction, flexion, pressions interne et externe, fatigue due aux efforts alternés, basses températures, milieu hostile, eau de mer à l'extérieur, boues basiques à l'intérieur, présence possible d'H2S.

Elles ont conduit, après essais comparatifs de différents aciers possibles, à sélectionner avec soin un acier allié.

Le critère de résistance à l'H2S a été préféré à un critère de résistance à la corrosion marine qui peut être réduite par des revêtements appropriés et en évitant les incompatibilités électrochimiques. De plus, les nécessités de fabrication ont entraîné deux exigences supplémentaires : une bonne usinabilité et surtout une excellente soudabilité.

Pour toutes ces raisons, c'est un acier au chrome, nickel, molybdène breveté par CREUSOT-LOIRE qui a été retenu.

Cet acier, dénommé 2,5 FDO présente des caractéristiques mécaniques élevées, notamment en limite élastique (650 MPa mini) et résilience, et surtout une très bonne tenacité. Il assure une bonne sécurité d'emploi en présence d'H2S. Son bon comportement vis-à-vis de la fragilisation en présence d'hydrogène est bien connu à travers de nombreux essais et de multiples applications.

Dimensionnement par calcul aux éléments finis.

Le dimensionnement du connecteur et le calcul des contraintes et déformations dans les différentes pièces le constituant ont été réalisés, par la méthode des éléments finis, au moyen d'un programme (TITUS) employé en particulier pour l'étude des contraintes dans les cuves de réacteurs nucléaires. La forme des pièces a pu être optimisée dans le détail conformément aux critères imposés par les codes de calcul de l'ASME (section 2 — division 8), en tenant compte de la nature des différents types de sollicitation.

En plus du dimensionnement général des pièces du connecteur, le but recherché par des calculs était double :

- obtenir une répartition aussi égale que possible de la charge axiale entre les deux rangées de tenons. Le résultat obtenu est 49 % pour la rangée supérieure et 51 % pour la rangée inférieure. On a aussi vérifié que les tolérances d'usinage et les dilatations thermiques éventuelles n'avaient pas d'influence trop importante sur cette répartition. Ces résultats ont été confirmés avec une bonne précision au cours des essais de mise au point décrits ci-après ;

- optimiser le profil des gorges sous tenons de façon à limiter les contraintes qui s'y développent à des valeurs

(*) Brevets français 78/23209, 79/21624 et 82/07839 US Patent 4,280,719.

acceptables vis-à-vis des caractéristiques de l'acier. Le bon comportement des connecteurs au cours des essais de qualification atteste que cet objectif a été atteint.

Résultat de ces études : aucune précontrainte n'est nécessaire.

Comme on a pu le constater dans la description du principe de fonctionnement des connecteurs à un anneau tournant, et contrairement à la plupart des matériaux concurrents, aucune précontrainte ne doit être exercée au moment de leur mise en œuvre. Cet avantage, très important pour la sûreté et la durée de l'opération de connexion, résulte à la fois du concept choisi (cas de serrage par effet de coins, étanchéité sur portée cylindrique) et du contrôle strict des contraintes maximales obtenu par l'optimisation poussée des gorges sous tenons mentionnée ci-dessus (comportement à la fatigue, résistance en flexion, mise en compression éventuelle).

Essais de mise au point.

Afin de compléter la mise au point du connecteur, plusieurs essais ont été réalisés. Dans ce but, deux connecteurs prototypes à échelle 1 ont été fabriqués par CREUSOT-LOIRE et soumis aux tests suivants :

Mesures extensométriques.

Ces mesures, effectuées au moyen de jauge de contraintes, ont plusieurs objectifs :

- vérifier les valeurs de contraintes obtenues par le calcul aux éléments finis ;
- préciser la valeur des contraintes dans les zones où les calculs sont approximatifs ou bien sont basés sur des hypothèses partiellement justifiables ;
- déterminer la valeur des contraintes dans des cas de charge n'ayant pas fait l'objet de calcul (moment de flexion par exemple).

Plus de 250 jauge de contraintes ont été collées sur les différentes pièces du connecteur prototype, et plus particulièrement dans les zones les plus chargées (gorges sous les tenons de l'élément femelle). Trois séries de mesures ont été réalisées : traction seule, traction + pression interne, traction + flexion.

Elles ont confirmé dans l'ensemble le bon comportement sous charge du connecteur et ont conduit à proposer quelques modifications de détail pour l'améliorer encore un peu plus.

Essais à caractère ergonomique.

Si la tenue mécanique des connecteurs à anneau tournant doit être vérifiée avec soin (c'est l'objet des essais précédents), la confirmation et l'amélioration de leurs qualités ergonomiques, liées principalement à la facilité et la rapidité d'emploi qui sont, comme on l'a vu, à la base de leur conception, sont également fondamentales. Pour ce faire, des essais consistant à manœuvrer un connecteur prototype, équipé de tous ses accessoires, un grand nombre de fois et dans diverses configurations représentatives d'une utilisation réelle ont été accomplis.

La réalisation de ces essais a permis, en plus de la confirmation des qualités soulignées ci-dessus, d'améliorer

certaines formes du connecteur afin de faciliter les manœuvres par fort courant (emboîtement/déboîtement possible avec des angles de présentation supérieurs à ceux admissibles pour les connecteurs concurrents). De nombreuses autres améliorations de détail ont été possibles à la suite de ces essais.

Choix des joints d'étanchéité.

Des essais destinés à choisir, mettre au point et qualifier les joints d'étanchéité les mieux adaptés, tant pour le tube central que pour les lignes périphériques, ont été effectués. Les pressions de service sont en effet sensiblement supérieures à celles habituellement considérées (tube central).

Ils ont abouti au choix pour tous les tubes de joint du type « à lèvres » spécialement adaptés pour cette application particulière.

Les essais d'ergonomie ont prouvé leur résistance et leur aptitude à supporter sans défaillance de nombreuses opérations d'emboîtement/déboîtement du connecteur, même avec de fortes inclinaisons de présentation.

Tests de qualification.

Ces tests ont été réalisés en deux phases : d'abord, qualification pour un emploi par 1 800 m de profondeur d'eau, puis qualification pour les profondeurs d'eau les plus grandes actuellement envisagées pour des forages en mer.

Les tests réalisés dans cette deuxième phase sont décrits ci-après. Ils ont été accomplis sur deux prototypes, provenant d'une fabrication de série de 80 connecteurs, auxquels on avait soudé des fonds.

Résistance en traction.

Ce test a été réalisé en logeant à l'intérieur du connecteur d'essai un verin de grande capacité, ce qui permet d'appliquer une traction d'au moins 2 000 t, valeur pour laquelle le connecteur devrait normalement se rompre. Des jauge de contraintes collées dans des zones sensibles du connecteur (gorges sous tenons) permettent de suivre son comportement au fur et à mesure que la traction appliquée augmente.

Cet essai, réalisé dans les laboratoires de l'I.F.P., n'a pas abouti à la rupture escomptée bien qu'on ait augmenté l'effort de traction dans le connecteur jusqu'à 2 500 t (5,5 millions lbs) valeur extrême admissible pour le moyen d'essai.

Un examen du connecteur après l'essai n'a pas permis de mettre en évidence une quelconque fissuration dans ses zones les plus chargées, bien que les jauge aient indiqué un dépassement important de la limite élastique du matériau. De plus, la facilité de fonctionnement n'a pas été obérée par ce test.

Une expertise métallurgique du connecteur prototype a confirmé ces premières constatations.

Résistance en flexion.

Une règle logique veut que les connecteurs aient au moins la même résistance en flexion que les tubes auxquels ils sont soudés. On a donc cherché à déterminer la résistance en flexion du connecteur à anneau tournant.

Ce test a été réalisé avec le même connecteur prototype, mais antérieurement à l'essai précédent. Il a été effectué en plusieurs étapes, le moment de flexion étant augmenté progressivement et le connecteur démonté entre chaque essai de façon à déterminer la valeur pour laquelle apparaîtrait un début de détérioration.

Les moments appliqués ont été successivement : 25 t-m, 60 t-m, 100 t-m, 155 t-m et enfin la valeur maximale de 205 t-m (1,5 million ft-lbs) a été atteinte (valeur extrême admissible pour le montage d'essai).

Aucune détérioration du connecteur n'a pu être décelée après cette série d'essais à l'exception d'un matage des surfaces des coins de serrage intervenu entre 60 t-m et 100 t-m (probablement pour 70 t-m d'après les indications de différents capteurs). Ce phénomène ne réduit en rien la résistance du connecteur et n'a pas empêché son déverrouillage, même après l'essai à 205 t-m.

Ces tests ont été réalisés dans deux configurations d'emploi du connecteur : avec coins et sans coins. Aucune différence notable de comportement n'a été constatée entre ces deux cas.

Test d'endurance en fatigue.

Un second connecteur a été soumis à un test d'endurance en fatigue dans des conditions très sévères représentatives du fonctionnement d'un tube prolongateur de 3 000 m plein de boue de densité 1,6 et soumis aux assauts d'une forte tempête.

Les efforts correspondants étaient les suivants :

- traction moyenne : 550 t (1,2 millions lbs),
- ondulation de la traction : + ou - 70 t (150 kips),
- moment de flexion moyen : 2 t-m (15 ft-kips),
- ondulation de la flexion : + ou - 8 t-m (60 ft-kips),
- fréquence de l'ondulation de traction : 4 Hz.

Quatre millions de cycles de traction-flexion ont ainsi été accomplis, soit la simulation de plus d'un an de fonctionnement dans les conditions précédentes.

Auparavant, un million de cycles avaient été réalisés sur le même connecteur dans des conditions représentatives d'une utilisation dans 1 800 m de profondeur d'eau.

Ce test s'est déroulé sans le moindre incident. Le connecteur a résisté sans montrer de signe d'endommagement.

**FABRICATION D'UN TUBE PROLONGATEUR
DE 1 800 m.**

Fin 1981, la C.F.P. et la S.N.E.A. (P.) ont commandé à CREUSOT-LOIRE un tube prolongateur de 1 800 m utilisant les connecteurs à anneau tournant.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- diamètre extérieur du tube central : 473 mm (18 5/8") ;

- épaisseur du tube central : 14 mm (9/16") ;
- acier constitutif du tube central : RMWX90QT,
- lignes périphériques :
 - 2 lignes de sécurité en X80 de 88,9 mm de diamètre (3 1/2"ID) et de 700 bars de pression de service (10,000 psi) ;
 - 1 ligne de circulation de boue en X80 de 88,9 mm de diamètre (3 1/2"ID) et de 350 bars de pression de service (5,000 psi) ;
 - 2 lignes hydrauliques en acier inoxydable de 31,7 mm de diamètre (1 1/4"ID) et de 350 bars de pression de service ;
 - longueur des éléments : 22,86 m (75').

80 éléments de ce type ont été fabriqués dans le courant de l'année 1982. La plupart ont été équipés de flotteurs en mousse syntactique.

En plus des éléments du tube prolongateur, CREUSOT-LOIRE a étudié et réalisé des équipements complémentaires destinés à intégrer et à mettre en oeuvre le tube prolongateur de 1 800 m dans le système de forage du navire « Discoverer Seven Seas ».

**UTILISATION DE CE TUBE PROLONGATEUR
SUR LES FORAGES GLP 1 ET GLP 2.**

La C.F.P., la S.N.E.A. (P.) et ESSO France ont entrepris fin 1982 la réalisation de deux forages d'exploration dans le golfe du Lion (partie française de la Méditerranée).

Les deux sites retenus ont été :

- GLP 1, à 100 km au sud de l'embouchure du Rhône, où la profondeur d'eau est de 1 714 m ;
- GLP 2, à 30 km au nord-ouest de GLP 1, avec une profondeur d'eau de 1 250 m.

Pour exécuter ces forages, le navire à positionnement dynamique « Discoverer Seven Seas » a été retenu en raison de ses capacités et de ses performances confirmées au cours d'expériences précédentes. Normalement doté d'un tube prolongateur de fabrication américaine, il a été estimé préférable, compte tenu de la profondeur d'eau record et des problèmes que cela pose sur le comportement du tube prolongateur, de le remplacer pour les opérations par le tube prolongateur CREUSOT-LOIRE, jugé plus fiable (cf. ci-dessus), alors qu'il n'avait été prévu initialement que comme tube prolongateur de secours.

GLP 1 (1 714 m) : LE RECORD DU MONDE EST BATTU.

Le forage GLP 1, pour lequel C.F.P. était opérateur, a débuté le 9 novembre 1982. Le tube prolongateur a été mis en œuvre pour la première fois le 3 décembre. Mis à part quelques incidents mineurs inévitables au cours de la première utilisation opérationnelle d'un matériel de ce type et d'ailleurs rapidement résolus, et en dépit d'une organisation de l'appareil de forage, imparfaitement adaptée (principalement du point de vue de la mise en œuvre de l'outil de levage du tube prolongateur), la facilité et la rapidité de mise en œuvre du connecteur à anneau tournant ont été confirmées. Un rythme de 1,9 élément descendu par heure (y compris la réalisation des tests hydrauliques) et 5 éléments par heure (sans les tests) a été enregistré.

Le forage s'est poursuivi jusqu'à atteindre la cote de 3 600 m environ. Le tube prolongateur était remonté en 17 heures le 4 janvier 1984 (4,4 éléments par heure).

Ce forage établissait un nouveau record du monde en terme de profondeur d'eau (1 714 m), le précédent étant détenu par le même navire avec un forage par 1 476 m au large de Terre-Neuve. Depuis lors, un nouveau record a été établi par Shell, toujours avec le D.S.S., avec 2 020 m de profondeur d'eau au large des côtes américaines.

GLP 2 (1 248 m) : UN BANC D'ESSAI POUR LE TUBE PROLONGATEUR.

Le forage GLP 2, pour lequel l'opérateur était S.N.E.A. (P.), débutait aussitôt après l'arrêt de GLP 1 dans 1 248 mètres de profondeur d'eau. Le tube prolongateur était descendu le 17 janvier 1983 en 29 heures (1,8 élément par heure, y compris les tests) dans des conditions météocéanographiques difficiles (vent force 8 à 9).

Le pilonnement du navire, de l'ordre de 1,2 m d'amplitude, rendant impossible la connexion à la tête de puits, le tube prolongateur est resté posé pendant près de 48 h sur la table de manœuvre, partiellement soutenu au crochet pour soulager celle-ci, situation dans laquelle il est soumis aux accélérations du navire. On a pu enregistrer dans cette situation (l'élément supérieur était instrumenté avec des jauges de contrainte) des variations de tension très importantes, allant jusqu'à 250 t (550 kips) d'amplitude.

En cours d'exécution du forage, par suite d'incidents en tête de puits, plusieurs manœuvres du tube prolongateur ont été nécessaires. La durée moyenne de ces manœuvres a été de 15,5 heures pour la descente (3,4 éléments par heure) et 11 heures pour le retrait (4,8 éléments par heure).

Le forage s'est achevé en mai 1983 à la cote de 5 354 mètres sans incident notable à signaler concernant le tube prolongateur et sa mise en œuvre.

CONCLUSION.

On a décrit dans l'exposé précédent la succession d'études et d'essais qui ont permis de mettre au point et de qualifier un nouveau type de connecteur de tube

prolongateur dit « à anneau tournant ». Les principaux avantages de ce concept original sont les suivants :

- une très grande robustesse mécanique, prouvée par les tests de qualification effectués sur prototypes (résistance en traction et en flexion, endurance en fatigue) et confirmée en opération ;
- une bonne rapidité de mise en œuvre dans l'appareil de forage dans des conditions opérationnelles sévères ;
- une haute fiabilité résultant à la fois d'une conception simple dans son principe (pas de pièce vitale fragile, verrouillage en tout ou rien, charges réparties sur 360 degrés, maintenance réduite) et dans son fonctionnement (pas de précontrainte à appliquer).

L'utilisation du tube prolongateur de 1 800 m construit par CREUSOT-LOIRE pour les forages GLP 1 (1 714 m de profondeur d'eau — C.F.P. opérateur) et GLP 2 (1 248 m de profondeur d'eau — S.N.E.A. (P.) opérateur) a fait la preuve de ces qualités et a démontré l'aptitude de ces connecteurs à être employés par très grande profondeur d'eau.

Ces résultats positifs encouragent l'I.F.P. et CREUSOT-LOIRE à poursuivre des études dans ce domaine. Plusieurs sujets sont en cours de développement :

- mise au point et qualification d'un connecteur de tube prolongateur pour moyenne profondeur d'eau, basé sur le même principe de l'anneau tournant, et susceptible de bien se placer sur un marché plus important ;
- étude d'un élément télescopique, complément indispensable en tête d'un tube prolongateur ;
- introduction de matériaux nouveaux dans les tubes prolongateurs (lignes périphériques en alliage de titane par exemple) afin d'augmenter encore les performances et la fiabilité des tubes prolongateurs pour grande profondeur d'eau.

Parallèlement, un effort commercial intense doit être accompli pour faire bénéficier le plus largement possible l'industrie pétrolière des performances remarquables de ce nouveau type de connecteur, et ceci dans des applications non limitées au seul tube prolongateur de forage.

Optronique et productique

par J. ROBIEUX

OPTRONIQUE ET PRODUCTIQUE

L'informatique a pris un grand essor grâce au transistor qui est apparu en 1948. Les perspectives offertes par l'optique ont été très élargies par les découvertes du laser en 1960 et du guide d'ondes optiques à faible perte en 1970. Aujourd'hui l'association de l'informatique et de l'optique donne naissance à une nouvelle technique qu'on appelle l'optronique. Celle-ci va connaître un large développement dans les domaines militaires et civils. En particulier l'optronique va jouer un rôle essentiel dans l'amélioration des méthodes de production grâce aux dernières découvertes de la science, c'est-à-dire dans le domaine de la productique. Sans négliger les autres recherches en informatique et en énergétique c'est sur les applications de l'optronique à la productique qu'il convient de concentrer nos efforts car elles conduiront bientôt à des activités industrielles nouvelles en forte croissance.

L'optronique peut améliorer les méthodes de production car elle apporte de nouveaux moyens de traitement de la matière et de prise de l'information. Nous allons préciser les raisons scientifiques et économiques qui conduisent à orienter les recherches dans ces domaines.

TRAITEMENT DE LA MATIÈRE PAR LASER.

Les techniques de mise en forme de la matière feront des progrès importants si on disposait de méthodes de traitement de surface plus efficaces. Souvent la pièce à réaliser doit avoir des propriétés essentiellement différentes en surface et dans le volume. Par exemple le volume d'un moteur d'automobile est soumis à des contraintes modestes, il pourra donc être réalisé en un alliage peu coûteux ayant des caractéristiques faciles à respecter. Par contre la surface des cylindres sera soumise à un frottement et une corrosion intenses. Il importera donc de réaliser en surface une structure métallique précise sur une faible épaisseur. Les grands éclairages par les lasers de puissance permettent d'obtenir le cycle thermique désiré en surface alors qu'il serait impossible de l'obtenir en volume. Les métallurgistes pensent qu'on parviendra à mettre au point une meilleure technique de réalisation des moteurs en déposant sur la surface des cylindres les atomes appropriés, en particulier du nickel, et en réalisant grâce au laser la trempe nécessaire en surface pour obtenir la structure métallique optimale. Dans bien d'autres cas, celui des roulements, des arbres à came, etc... on peut constater une situation analogue.

On peut prévoir que les lasers de puissance en particulier le laser $\text{CO}_2\text{-N}_2$ de structure simple et à bon rendement, auront une importance croissante sur les techniques de mise en forme de la matière. Grâce au laser on réalisera

des traitements de surface, des découpes, des soudages, etc... qui amélioreront l'efficacité de la production des industries mécaniques et métallurgiques et permettront de transformer en partie l'industrie classique de la machine-outil. Il convient donc d'orienter avec fermeté les recherches dans cette direction.

PRISE D'INFORMATION. AVANTAGES PRÉSENTES PAR L'AUTO-ADAPTATIVITÉ

La prise d'information joue un rôle essentiel sur l'évolution de toutes les techniques. Si on dispose de capteurs suffisamment précis, rapides et peu coûteux on peut tirer parti de la connaissance de l'état du système pour établir des boucles fermées et adapter d'une manière optimale le processus de production. Lorsque cette auto-adaptativité a été obtenue le processus devient plus efficace et moins coûteux. L'impact économique d'une prise d'information permettant d'obtenir une plus large auto-adaptativité des systèmes de production serait à coup sûr considérable.

Pour comprendre les avantages essentiels qui peuvent résulter de l'auto-adaptativité nous pouvons prendre des exemples dans la vie courante ou dans les techniques militaires.

Un aveugle, même doué de beaucoup d'intelligence et de mémoire, devra se déplacer lentement dans son appartement et ses actions seront imprécises. Il ne pourra apprécier une modification imprévue de l'environnement, par exemple le déplacement d'un jeune enfant. Au contraire un voyant sera rapide et précis et il pourra tenir compte de l'évolution de l'environnement. L'efficacité et la rapidité seront plus grandes grâce à l'auto-adaptativité que lui apportent ses yeux.

Supposons qu'un navire souhaite détruire un cuirassé. Si on utilise le canon, processus qui n'est pas auto-adaptatif, il faudra mettre en œuvre une plate-forme capable de supporter et d'orienter une masse considérable avec précision. Les tolérances à imposer aux pièces mécaniques, aux explosifs seront sévères. Il faudra donc consentir de grandes dépenses et un grand navire sera nécessaire pour détruire le cuirassé. Malgré cet effort le résultat sera médiocre et l'obus tombera souvent à côté du but car il n'aura pas été possible de prévoir la bourrasque qui prendra aléatoirement naissance après le départ du coup. Depuis 1940, les progrès des techniques de mise en œuvre des ondes centimétriques ou infrarouges ont permis de mesurer la position du projectile et du but et de rendre le tir auto-adaptatif. Les engins guidés ont très souvent remplacé le canon. La précision d'orientation au départ peut être modeste et l'évolution du projectile tient compte des mouvements aléatoires de l'atmosphère et du but. On peut donc à partir d'une petite vedette détruire un grand

cuirassé avec une probabilité de réussite bien plus grande qu'avec le tir au canon beaucoup plus coûteux. Ainsi la prise d'information a permis une mutation de la technique. L'engin guidé auto-adaptatif a presque toujours remplacé le canon.

AVANTAGES PRÉSENTÉS PAR LES CAPTEURS OPTRONIQUES D'INFORMATION.

L'auto-adaptativité a été souvent obtenue dans le domaine militaire car l'ampleur de l'enjeu rend acceptable un coût substantiel du capteur. Par contre de nombreuses techniques civiles ne sont pas auto-adaptatives car les connaissances scientifiques ne permettent pas de construire une technique de capteur suffisamment peu coûteuse. Pour cette raison les méthodes médicales, l'utilisation et la fabrication des médicaments, les productions chimiques, pétrolières, biologiques, la robotique, les machines-outils, le génie civil, etc... ne bénéficient pas des grands avantages de l'auto-adaptativité. Il convient d'apprécier que cette situation va changer à coup sûr grâce à l'optronique qui va entraîner de profondes mutations de la plupart des techniques.

Pour illustrer cette future évolution nous prendrons l'exemple du médecin qui se propose de faire un diagnostic sur l'état de santé du client venant le consulter. Supposons que pour prendre sa décision le médecin ait besoin du taux dans le sang, à 1 % près, de plusieurs composants : cholestérol, sucre, etc... Il serait trop coûteux d'installer les moyens de mesure chez chaque médecin. Celui-ci envoie donc son client dans un laboratoire d'analyses qui donnera les résultats deux jours après. Ainsi le médecin ne dispose pas « en temps réel » pendant la consultation des éléments qui lui sont nécessaires. S'il pouvait les obtenir il pourrait préciser l'état de son client en demandant immédiatement des mesures complémentaires. L'efficacité serait plus grande et la dépense moindre.

Les ondes optiques ont des fréquences correspondant aux fréquences de résonance de l'énergie électronique de la matière. Lorsqu'une onde optique de fréquence v_0 interagit avec une substance, des ondes de fréquences optiques v_1, v_2, \dots sont émises qui sont spécifiques de la matière. Une analyse du spectre des ondes optiques émises au cours de l'interaction nous donnera des informations sur la composition de la matière. Cette technique est largement utilisée dans les laboratoires de chimie et de biologie, depuis longtemps, bien avant la découverte du laser.

Supposons que le médecin soit relié par un guide d'ondes optiques à un laboratoire central situé à une distance qui peut atteindre, par exemple, 10 km. Il préleve une goutte de sang qu'il place dans une cellule dans laquelle pénètre le guide d'ondes. Le laboratoire émet une onde qui parvient chez le médecin où elle interagit avec le sang. L'onde qui résulte de l'interaction pénètre dans le guide qui la transmet vers le laboratoire où son spectre est évalué. On en déduit la composition de la matière et on transmet l'information au médecin.

Avant les découvertes du laser et du guide d'ondes on pouvait évaluer la composition de la matière par une méthode optique. Il fallait placer l'appareil de mesure, souvent lent et peu précis, à côté de la substance. Grâce au laser on peut accroître la cadence et la précision de la mesure.

Le guide d'ondes optiques permet d'effectuer la mesure à distance dans un laboratoire central ce qui dimi-

nue considérablement le coût. En effet un seul ensemble émetteur-récepteur sera nécessaire pour effectuer les mesures en un grand nombre de points, par exemple 1 000, alors qu'avant la découverte du guide d'ondes optiques à faible perte il était nécessaire de placer un ensemble émetteur-récepteur auprès de chacun de ces 1 000 points.

CAPTEURS OPTRONIQUES DE COMPOSITION CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE.

Il est aujourd'hui certain que toutes les télécommunications guidées seront optiques. L'exemple précédent montre que les perspectives offertes par l'optronique dépassent largement cette possibilité. Transmettre une information signifie qu'on est capable d'apprécier à distance pendant une brève durée si un système est dans un des deux états dans lequel il peut être, par exemple, émettant ou non. On conçoit que prendre l'information à distance sur une matière dont la composition est complexe est un problème plus difficile mais qui ouvre des perspectives encore plus larges que les télécommunications.

Un travail de recherche substantiel est nécessaire pour surmonter les difficultés, en particulier pour découvrir l'interaction la plus efficace.

Dans chaque cas particulier, celui de la mesure de la composition du sang ou du lait par exemple, il conviendra de définir une cellule d'interaction de l'onde avec la matière qui transformera l'onde incidente en une onde dont le spectre est porteur du « signal » correspondant à la composition. Cette cellule qu'on appelle une optrode doit être étudiée en tirant parti de toutes les connaissances scientifiques actuelles. Son efficacité doit être suffisante pour que l'information sur la composition puisse être obtenue avec une précision et une rapidité convenables en analysant l'onde optique émergeant de l'interaction. Le signal obtenu doit être traité en tirant parti des larges possibilités offertes par l'informatique. Ainsi grâce aux plus récentes découvertes de l'optique et de l'informatique on aura de bonnes chances d'obtenir un capteur optronique efficace et d'un coût convenable. La détermination de l'optrode appropriée à chaque cas particulier est un des objectifs essentiels de la recherche.

Compte tenu des propriétés des lasers, des guides d'ondes optiques et des lois d'interaction onde/matière aujourd'hui connues on peut considérer qu'il y a de bonnes chances pour qu'on puisse mesurer à distance la composition de la matière grâce à l'optronique. On peut prévoir que cette nouvelle technique permettra de réaliser l'auto-adaptativité des méthodes médicales et chirurgicales, de l'utilisation et de la production des médicaments, des productions chimiques, biologiques, agro-alimentaires, etc... Il est très probable que des unités de production très diverses, comme les raffineries de pétrole, l'élaboration du vin, du fromage, etc... feront un large appel à l'optronique.

CAPTEURS OPTRONIQUES DE TEMPÉRATURE ET DE PRESSION.

Grâce à l'optronique, en particulier en tirant parti du guide d'ondes, on peut concevoir des capteurs de température et de pression qui permettront de déterminer ces paramètres en un grand nombre de points de l'espace d'une manière rapide et précise et pour un coût plus faible que celui des capteurs actuels.

On peut disposer le long d'un kilomètre de guide, par exemple tous les trois mètres, des éléments dont le coefficient de réflexion varie en fonction de la température. Si on injecte à l'entrée du guide une impulsion brève on pourra en mesurant l'énergie réfléchie en fonction du temps évaluer la température en 300 points. Les capteurs en chaque point de mesure sont passifs et pourront supporter de sévères contraintes d'environnement. Le coût pourra être modeste car il n'existe qu'un ensemble émetteur-récepteur en un point central. Grâce à une telle évaluation du champ de température rapide, précise et peu coûteuse on pourra rendre auto-adaptatifs le chauffage des grands immeubles, les grandes machines électriques et thermiques, les centrales nucléaires, etc...

En plaçant le long du guide des éléments dont les propriétés optiques, par exemple la biréfringence, varient avec la pression on pourra mesurer ce paramètre en un grand nombre de points. Comme pour la mesure de température l'ensemble émetteur-récepteur est unique. Grâce à cette méthode, en insérant le guide au cours de la construction de l'ouvrage, on pourra contrôler la prise du béton et son évolution au cours des années. Par exemple on pourra à partir d'un laboratoire central mesurer les contraintes à l'intérieur des ponts, des barrages, des grands immeubles, etc... et déterminer le vieillissement de l'ouvrage et prévoir sa ruine. Cette méthode offrira un moyen simple de mesure de la pénétration d'un intrus sur un site, de la position et de la vitesse des automobiles sur une autoroute, etc...

CAPTEURS OPTRONIQUES DE FORME, EN PARTICULIER POUR LA ROBOTIQUE ET LA MACHINE-OUTIL.

La robotique peut être définie comme l'ensemble des études et des techniques de conception et de mise en œuvre de machines effectuant des tâches déterminées en s'adaptant à leur environnement. Dans l'état actuel l'auto-adaptativité des robots n'est qu'exceptionnellement réalisée. Aujourd'hui ils déplacent une pièce d'une position bien déterminée à une autre par un processus en boucle ouverte. Il faut donc mettre en œuvre des bras suffisamment épais pour que leur fléchissement puisse être considéré comme négligeable. Si on disposait d'un capteur permettant de mesurer la position du poignet avec une précision, une cadence et un coût convenables on pourrait guider le déplacement du robot. Celui-ci serait allégé car il pourrait fléchir, le capteur permettant de prendre en compte cette déformation. La cohérence spatiale des ondes émises par les lasers permet de les concentrer dans l'espace d'une manière favorable à la mesure de la forme des objets. La cohérence temporelle a pour conséquence une concentration dans le spectre qui permet de diminuer l'influence du bruit issu des sources optiques environnantes. Le calcul montre que le laser, convenablement associé au guide d'ondes optiques, permet de réaliser des capteurs optroniques correspondant aux caractéristiques exigées par la robotique. L'optronique jouera donc un rôle essentiel dans l'évolution de la robotique car elle lui apportera le moyen de devenir auto-adaptative, donc plus efficace et moins coûteuse.

L'industrie des machines-outils devra pour progresser faire aussi un large appel à l'optronique. Aujourd'hui l'outil arrache la matière d'une masse métallique pour parvenir à la forme souhaitée. Il n'y a pas de capteur pour mesurer en temps réel la position de l'outil et de l'objet. La masse des machines doit être grande pour que leur

fléchissement soit négligeable malgré les grandes forces qui s'exercent au cours de l'usinage. La mise en œuvre des lasers et du guide d'ondes conduira à des capteurs optroniques dont la rapidité, la précision et le coût permettront souvent de réaliser l'auto-adaptativité de l'action des machines-outils, donc de les rendre plus efficaces et moins coûteuses. De même des capteurs optroniques pourront apporter la forme du cordon pendant le soudage malgré la lumière intense qui est émise.

D'ores et déjà des résultats préliminaires encourageants ont été obtenus qui permettent d'affirmer qu'il sera possible d'améliorer l'efficacité et de diminuer le prix des robots, des machines-outils, du soudage grâce aux capteurs optroniques. Un travail substantiel reste à accomplir pour que le prix des capteurs diminue. Il importe de souligner que la récente découverte d'un laser semi-conducteur à fréquence contrôlable électroniquement ouvre la voie au balayage spatial du faisceau émis sans qu'il soit nécessaire de mettre en œuvre de pièces mécaniques mobiles. Le balayage sera obtenu en disposant à la sortie de l'émetteur un milieu dispersif qui jouera le rôle d'un prisme. Nous disposons aujourd'hui de principes physiques permettant à terme de réaliser tous les éléments du capteur : émetteur, déflecteur de faisceaux, matrice de détecteurs, etc... par des techniques de fabrications collectives analogues à celles qui ont conduit à l'essor de la micro-électronique. On pourra donc obtenir une technique, l'optique intégrée, qui présentera les avantages qu'ont apportés les fabrications collectives à la micro-électronique, c'est-à-dire la grande fiabilité et un faible coût. Il est très probable qu'au cours des prochaines années l'optique intégrée apportera à la robotique, aux machines-outils et aux ateliers flexibles les « yeux » qui leur manquent aujourd'hui.

MUTATION DE LA PRODUCTIVITÉ SOUS L'INFLUENCE DU GUIDE D'ONDES INFRAROUGES.

Dans l'état actuel des connaissances scientifiques et technologiques on sait réaliser des guides d'ondes à faible perte dans la plage optique et pour les longueurs d'ondes infrarouges inférieures à $1,8 \mu$. Les recherches en cours en chimie du solide nous permettent de prévoir qu'on pourra mettre au point des guides d'ondes transmettant dans l'infrarouge plus lointain jusque vers $5 à 6 \mu$. Lorsque ce résultat sera obtenu, ce que l'on peut légitimement espérer pour les prochaines années, des perspectives encore plus larges d'amélioration de la productivité grâce à l'optronique s'ouvriront. La physique nous apprend que l'évaluation de la composition chimique par la mesure du spectre d'absorption dans la plage $3 \mu - 6 \mu$ est une méthode très efficace. D'autre part, nous pouvons disposer dans cette plage de lasers de structure simple et fiable capables de délivrer des puissances moyennes importantes avec un bon rendement, par exemple 20 %. Nous pouvons penser que lorsque nous disposerons de ces guides infrarouges il sera possible de transformer encore plus profondément nos méthodes de production. A l'entrée d'une usine, d'automobiles par exemple, on pourra installer une unité de transformation de l'énergie électrique en énergie laser. Celle-ci sera guidée vers les postes de travail d'usinage, de découpe, de soudage, etc... La structure des robots qui conduiront ces opérations pourra être légère car l'onde laser n'exerce qu'une force très faible sur le guide qui permet de contrôler sa position. L'interaction des ondes infrarouges et de la matière est particulièrement efficace. On peut donc compter sur un bon rendement global des opérations qui seront conduites de matière auto-adaptative par des capteurs optroniques.

Cette évolution est amorcée dans la plage optique. Les chirurgiens disposent aujourd'hui de puissances moyennes de 100 W qu'ils peuvent guider vers la tumeur, par exemple pulmonaire, à détruire. Lorsqu'on saura guider 10 kW au voisinage de 5 μ un grand nombre de techniques, en particulier celles de l'automobile, pourront être profondément améliorées.

NATURE DES TRAVAUX A CONDUIRE. ORGANISATION PROPOSÉE.

La construction d'une industrie compétitive des applications de l'optronique à la productique demande une répartition des tâches entre les laboratoires d'État, l'industrie optronique et les autres industries concernées, par exemple celles de l'automobile, de la machine-outil, de la chimie, de l'agro-alimentaire.

Le but est l'amélioration de l'efficacité d'une industrie déterminée. C'est donc à cette industrie de fixer l'objectif à atteindre. Par exemple l'industrie de l'automobile précisera le traitement de surface qu'elle désire, l'industrie du lait, la rapidité et la précision de la mesure de la composition dont elle veut disposer, l'industrie de la machine-outil, le capteur de forme dont elle a besoin.

L'industrie optronique coopérera avec l'industrie utilisatrice pour déterminer la méthode la plus appropriée pour résoudre le problème posé. Elle devra construire le système et le commercialiser dans le monde.

Pour réduire le coût des recherches et des prédéveloppements, la coopération avec les laboratoires d'État et des établissements d'enseignement devra être organisée. Compte tenu de l'importance de l'impact économique et social des applications de l'optronique à la productique il apparaît souhaitable qu'un soutien substantiel de l'État vienne encourager une coopération entre les laboratoires d'État et les industries optroniques et utilisatrices qui permettra d'obtenir simultanément une heureuse formation de notre jeunesse et des débouchés industriels importants.

CONCLUSION.

L'orientation des recherches vers les applications de l'optronique à l'amélioration des méthodes de production apparaît particulièrement intéressante. Dès aujourd'hui les lasers de puissance permettent d'obtenir des traitements de surface, des découpes, des soudages dont les avantages s'imposent. Des capteurs optroniques tirant parti des propriétés des lasers et du guide d'ondes optiques amélioreront bientôt profondément la plupart des techniques en leur donnant la possibilité de devenir auto-adaptatives. Ainsi les méthodes médicales, l'utilisation et la production des médicaments, les productions chimiques,

biologiques, agro-alimentaires, les industries mécaniques, métallurgiques, électriques, nucléaires, du chauffage des immeubles, du génie civil, de la robotique, de la machine-outil, etc... devront, pour rester compétitives, faire un large usage de l'optronique. Il faudra plusieurs années pour que, grâce au guide d'ondes infrarouges, on puisse jeter les bases d'une mutation encore plus profonde de nos industries. Ces ondes produites avec un bon rendement à partir de l'énergie électrique dont nous disposons en abondance seront guidées vers les divers postes de travail pour accomplir les opérations de traitement de la matière avec une efficacité et un coût plus favorable que ceux des méthodes aujourd'hui mises en œuvre. Nous pouvons être assurés que l'optronique, association de l'optique et de l'information, jouera un rôle essentiel dans le développement industriel des prochaines années.

Les avantages de cette orientation des recherches sont très importants. Dans l'état actuel des connaissances scientifiques et technologiques on peut affirmer qu'elles ouvriront bientôt, dans les toutes prochaines années, des débouchés industriels larges et variés. L'ampleur des débouchés prévus est une condition nécessaire qui doit être remplie lorsqu'on propose une orientation des recherches. Elle n'est pas une condition suffisante du succès qui dépend de la qualité du travail mais aussi des difficultés scientifiques et techniques rencontrées ainsi que des fluctuations économiques et politiques. Si on peut prévoir une diversité de voies conduisant chacune à de larges débouchés on peut être sûr du succès si le travail est conduit avec efficacité et continuité. Ces conditions d'ampleur et de diversité des débouchés sont précisément remplies dans le cas de l'orientation des recherches que nous avons exposée. Cette situation doit être considérée comme exceptionnellement favorable.

L'orientation des recherches vers les applications de l'optronique à la productique apparaît particulièrement favorable à l'emploi. Elle permettra à l'industrie optronique de développer des activités industrielles en forte croissance. Grâce à cet effort les autres industries, chimiques et automobiles par exemple, disposeront des moyens indispensables au maintien de leur compétitivité. Grâce à l'optronique elles pourront sauvegarder un grand nombre de leurs emplois.

Un effort en vue de mettre l'optronique au service de la productique présente pour notre pays de grands avantages. Le travail à accomplir est d'un niveau scientifique et technologique élevé, il est donc de nature à accroître le rayonnement et la force de la France. Il peut à brève échéance être la source d'activités économiques nouvelles en forte croissante et du maintien de la compétitivité d'une large part de notre industrie. Grâce à lui nos compatriotes pourront trouver ou garder un emploi car ils disposeront d'un moyen d'une grande efficacité pour gagner la compétition internationale.

NOTICES NÉCROLOGIQUES

Le professeur Paul VAYSSIÈRE (1889-1984)

Le professeur Paul Vayssiére était membre de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale depuis 1932 et il sera rapidement Président du Comité d'agriculture jusqu'en 1973.

Il était entré au Comité Agriculture avec un grand renom acquis dans le monde agronomique.

Ingénieur agronome, Docteur ès Sciences, il avait fait carrière à la station entomologique de Paris et était professeur à l'Institut National Agronomique de la France d'Outremer. En 1942, on crée au Muséum, une chaire d'*entomologie agricole tropicale* et il en sera le professeur titulaire jusqu'en 1962.

Ses recherches sur les cochenilles et sur les sauterelles lui valent des Prix de l'Académie d'Agriculture (1923) et de l'Académie des Sciences (1934).

Il pousse ses études scientifiques sur les parasites ou déprédateurs des cultures jusqu'aux moyens de lutte et aux mesures de prévention sur le plan international. Il a

porté intérêt non seulement aux ravageurs des cultures tropicales, mais aussi à ceux des ravageurs des cultures métropolitaines et en particulier, aux insectes et acariens nuisibles aux produits alimentaires.

En 1949, il succède à l'Académie d'Agriculture à Paul Marchal, son Maître ; et il présidera cette Compagnie en 1955.

En 1958, il est élu membre de l'Académie des Sciences d'Outremer qu'il présidera en 1978.

En retraite, en 1982, il se livre à des activités nouvelles dans le domaine de la Protection de la Nature (Président de l'Office Français de Protection de la Faune — Président du Comité scientifique du Parc de la Vanoise — Membre du Conseil National de la Protection de la Nature).

Les membres rendent hommage à leur confrère qui était le plus ancien membre actuel de la Société.

Jean BURÉ.

Le vétérinaire biologiste Général GUILLOT (1902-1984)

Le vétérinaire biologiste général Guillot, qui était président d'honneur du Comité d'agriculture de notre Société, est mort brutalement le 10 septembre 1984.

Né à Lyon le 13 mars 1902, diplômé de l'École Vétérinaire de Lyon en 1923, major de promotion pendant ses 4 années d'études, thèse de doctorat récompensée par le titre de lauréat et la médaille d'argent, il sort encore major de l'École d'Application de la Cavalerie à Saumur.

Georges Guillot a mené de front avec une rare réussite sa carrière militaire et son œuvre scientifique.

Il participe de 1925 à 1926 à la campagne du Rif, il est nommé chef de service au Maroc, qu'il quitte en 1930, pour être affecté au Laboratoire militaire de Recherches Vétérinaires jusqu'en 1939. C'est là qu'il élève à l'École vétérinaire d'Alfort, je fais sa connaissance et suis accueilli dans son laboratoire.

Pendant les années noires de l'occupation, il travaille utilement au Ravitaillement. Dès 1944, il réintègre l'inspection technique des Subsistances comme directeur du Laboratoire de Microbiologie des Subsistances, qu'il quittera colonel en 1950 pour être nommé Inspecteur technique du Service Vétérinaire.

Sous-directeur du service vétérinaire en 1953, promu général en 1955, il accèdera aux fonctions de chef du Ser-

vice Biologique et Vétérinaire des armées en 1961, jusqu'à sa limite d'âge le 13 mars 1962.

Auteur de plus de 120 publications, licencié ès sciences, il fut lauréat de la Faculté de médecine, de l'Académie de Médecine et de l'Académie Vétérinaire. Membre de nombreuses commissions scientifiques et techniques, nationales et internationales, civiles et militaires. Professeur à l'Institut français du Froid industriel, à l'École nationale supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires, au Conservatoire national des Arts et Métiers, le général Guillot a réussi la synthèse de vastes connaissances scientifiques, alliant les problèmes de pathologie vétérinaire et comparée, à ceux de l'hygiène et de l'industrie alimentaires.

Titulaire de plusieurs décorations françaises et étrangères, il était commandeur dans l'Ordre national de la Légion d'Honneur.

Il fut membre de notre Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale et aussi de nombreuses sociétés savantes : Académie Vétérinaire de France, Société française de Médecine des Armées, Société vétérinaire pratique, Association française du Froid, Société de Biopathologie comparée, etc... Animé du sens de la solidarité professionnelle, il appartenait de longue date à l'Association Centrale Vétérinaire.

Son assiduité et sa compétence dans les réunions scientifiques, dans les manifestations professionnelles médicales, pharmaceutiques, vétérinaires et agricoles, faisaient qu'il était connu, écouté et respecté de tous.

Chacun de nous a pu apprécier son amabilité sans failles et sa disponibilité. Documentaliste dévoué, nous recevions chaque mois toute une liasse de références dans notre spécialité.

Albert ARNULF (1899-1984), Professeur à l'Université de Paris Sud (Institut d'Optique)

A. Arnulf a été pour moi le collègue qui a guidé mes premiers pas dans le domaine de l'optique appliquée mais il a de plus été un ami très proche. J'aimerais rappeler ici les principaux traits de sa personnalité, à la fois sur le plan scientifique et sur le plan humain.

En 1922 la première promotion sort de l'Institut d'Optique. Parmi les quelques jeunes diplômés se trouve A. Arnulf à qui Ch. Fabry fait appel pour l'assister dans le développement de l'École Supérieure d'Optique mais aussi pour entreprendre des travaux de recherche ; c'est le début de la carrière scientifique d'Arnulf que je voudrais ici rapidement évoquer.

A. Arnulf a apporté de nombreuses contributions originales dans le domaine de l'optique instrumentale : c'est ainsi qu'il fait progresser tout d'abord les techniques de la métrologie des composants optiques, qu'il conçoit de nouveaux systèmes, qu'il participe à l'analyse spectrographique de l'émission du ciel nocturne, etc...

Mais la 2^e guerre arrive et A. Arnulf apporte alors une contribution à l'instrumentation infra-rouge et amorce par ailleurs des travaux sur la vision nocturne qui l'amènent à mettre en évidence la myopie nocturne ; c'est aussi à cette époque qu'il se fait l'avocat de l'usage des couches minces interférentielles antireflets dans l'industrie et qu'il développe à l'Institut d'Optique des travaux sur les techniques de réalisation par évaporation sous vide.

A. Arnulf est ensuite amené, au cours des « années 50 » à animer les activités optiques de l'O.N.E.R.A : usage des techniques interférentielles dans les souffleries aérodynamiques, études sur la transparence atmosphérique, études sur la détection de petits détails dans un champ visuel, etc... Par ailleurs ses recherches poursuivies à cette même époque à l'Institut d'Optique concernent surtout les propriétés du système optique de l'œil : aberrations, résolution et vision dans les instruments. Ces études amènent finalement Arnulf à la mise en évidence des microfluctuations d'accommodation oculaire.

Mais l'âge de la retraite universitaire arrive et il dispose alors de beaucoup de temps pour poursuivre des recherches d'optique physiologique ; il en profite pour faire de longs séjours à l'Institut d'Optique de Madrid où avec quelques chercheurs espagnols il réalise finalement la cinématographie de l'image rétinienne d'un point lumineux : c'est là un résultat spectaculaire qui permettra très probablement de mieux comprendre les mécanismes optiques et physiologiques de l'accommodation.

Ce rapide tour d'horizon montre l'activité d'Arnulf dans divers domaines et je crois opportun de revenir maintenant sur deux aspects particulièrement importants de son travail :

A la Société d'Encouragement, de nombreuses années, il a présidé avec efficacité la commission d'Agriculture. C'est pour notre Société une grande perte et le général Guillot laissera le souvenir d'un homme sincèrement bon et d'une culture scientifique approfondie. J'avais le bonheur d'être son ami.

J. MORRE.

1. LE DÉVELOPPEMENT DES COUCHES MINCES INTERFÉRENTIELLES :

A. Arnulf s'est toujours intéressé au problème de la qualité des images (résolution, contraste) et à l'étude des causes de dégradation, en particulier à la lumière parasite provenant principalement des réflexions sur les diverses surfaces : la réduction de cette lumière nuisible implique la réduction des coefficients de réflexion par des couches minces interférentielles adéquates et l'on doit être reconnaissant à Arnulf d'avoir dans ce domaine fait œuvre de pionnier : c'est à lui que l'on doit l'ensemble des travaux menés à l'Institut d'Optique après la dernière guerre qui ont montré la voie de la réalisation de couches minces interférentielles sur les surfaces optiques. Il a rendu par là un service très important aux industries de l'optique en France.

2. L'OPTIQUE OCULAIRE :

A. Arnulf s'est constamment préoccupé de mieux connaître le fonctionnement de l'œil humain en lui appliquant dans la mesure du possible les nouveaux concepts, les nouvelles méthodes qui se sont développées pour caractériser les instruments. Si l'on fait le bilan de ses interventions dans ce domaine on note principalement :

— la mise en évidence des microfluctuations d'accommodation (en coopération avec O. Dupuy) :

Les mécanismes de l'accommodation oculaire posent de nombreux problèmes de physique et surtout de physiologie : comment agissent les muscles ciliaires sur le cristallin ? La convergence du cristallin est-elle lentement variable ou subit-elle des fluctuations rapides de faible amplitude ? Arnulf a eu le mérite d'imaginer une méthode sensible de détection des microfluctuations par photographie de l'image rétinienne d'une mire radiale et de montrer pour la première fois l'existence de ces microfluctuations, étroitement liées au mécanisme complexe de l'accommodation. Il a ainsi apporté une information très importante pour l'élucidation de ce problème.

— la mesure de la fonction de transfert de l'œil (en coopération avec O. Dupuy) :

A la suite des travaux de Duffieux il est apparu que la qualité d'un système optique pouvait être caractérisée par une fonction de transfert qui exprime l'aptitude du système optique à transmettre les diverses composantes (de Fourier) de l'objet. Cette méthode s'applique bien entendu à l'œil mais la mesure en est beaucoup plus difficile que pour les instruments. A. Arnulf a imaginé une méthode de comparaison de contraste de l'image au

contraste connu et réglable d'un champ interférentiel rétinien.

— plus récemment l'étude systématique des microfluctuations d'accommodation (en coopération avec J. Simon et P. Denieul).

L'utilisation d'un faisceau infra-rouge permet de connaître à chaque instant le défaut de mise au point du système optique de l'œil sans risquer de perturber la vision. On peut alors connaître l'amplitude des microfluctuations et éventuellement les relier à l'état physiologique du sujet ; on peut aussi s'en servir comme d'une donnée physiologique objective en particulier pour détecter la fatigue.

— enfin la mise au point d'une méthode de cinématographie de l'image rétinienne d'un point lumineux (en coopération avec MM. Bescos et Santamaria). En utilisant un laser comme source et un amplificateur de luminance il a été possible de cinématographier l'évolution de l'image rétinienne et d'observer ainsi sa cadence d'évolution (un peu supérieure à 2 Hz le plus souvent), sa qualité, son mode d'évolution, etc... Ce résultat a apporté une brillante conclusion aux travaux d'Arnulf à la fin de sa carrière et servira probablement à des travaux ultérieurs visant en particulier à mieux comprendre les mécanismes détaillés de l'accommodation : nature de l'information transmise au cerveau, mode de réaction sur les muscles ciliaires, problème des écarts à la symétrie circulaire (astigmatisme), etc...

Arnulf et les relations professionnelles :

D'une grande courtoisie et d'une grande amabilité, A. Arnulf a été l'un des acteurs du développement des relations professionnelles, tout d'abord dans le cadre national (et en particulier auprès de ses nombreux anciens élèves) par l'animation des rencontres de spécialistes de l'optique (réunions de l'Institut d'Optique, création de la Société Française d'Optique Physiologique, etc...) mais aussi sur

le plan international : dès 1946 une première réunion organisée à Paris a montré tout l'intérêt du développement de relations suivies entre les spécialistes de l'optique : on pouvait en fait y rencontrer Zernike, Toraldo di Francia, Van Heel, Hopkins, Otéro sans parler de Kastler ou de Jacquinot et Arnulf a été ensuite sous l'impulsion de P. Fleury l'un des artisans de la création (1947) et du développement de la Commission Internationale d'Optique au cours des années 50. Plus récemment en 1978, à l'occasion d'une réunion de la C.I.O. à Madrid, les collègues présents lui ont manifesté leur amitié et leur reconnaissance à l'occasion de ses 80 ans.

Le sportif :

Le profil d'Arnulf ne serait pas complet si l'on négligeait de mentionner qu'Arnulf, originaire d'Évian était un grand amateur de sports alpestres et de voile sur le lac Léman. Ski et alpinisme lui étaient familiers et il avait d'ailleurs eu l'occasion de faire des expériences d'optique en haute altitude (au Jungfraujoch ou au refuge Vallot) pour l'observation de l'émission du ciel nocturne. Je me souviens aussi des promenades que nous faisions dans la vallée de Chamonix, qu'il connaissait parfaitement et où il aimait tant revenir alors que l'âge ne lui permettait plus les longues ascensions. Il aimait aussi beaucoup la navigation à voile qu'il pratiquait sur le Léman : il a été l'un des animateurs du club de voile d'Évian et a longtemps présidé au déroulement des régates.

Tel a été ce vieil ami : grand spécialiste de l'instrumentation optique et de l'optique physiologique mais aussi un homme de cœur que nous entourions tous de notre affection.

A. MARÉCHAL,
Ancien Directeur Général de l'Institut d'Optique,
Membre de l'Académie des Sciences.

Le Professeur Robert AUZELLE (1913-1983)

Robert Auzelle est décédé le 22 décembre 1983 à l'âge de soixante-dix ans. Avec lui disparaît une des figures les plus attachantes et des plus discrètes de l'urbanisme de notre temps.

Architecte D.P.L.G. Auzelle a été, aux côtés de Gaston Bardet, disciple de Marcel Poëte le fondateur de l'Institut d'urbanisme. Peu après son diplôme, consacré en 1943 aux « dernières demeures » (une thèse qui devait aboutir, outre les importantes réalisations de Clamart, des Joncherolles et de Valenton, à un remarquable ouvrage), il succède dans cet institut universitaire, à Jacques Greber comme professeur de composition urbaine, puis à Pierre Remaury comme professeur de théorie.

Durant toute la carrière de Robert Auzelle l'enseignement va tenir une grande place : à l'École des beaux-arts où il va fonder et animer l'atelier Tony Garnier (avec André Gutton, de 1961 à 1973), par de nombreuses conférences (dont le colloque national sur l'architecture, qu'il organisera en 1977 à l'U.N.E.S.C.O., alors qu'il préside l'Académie d'Architecture), par nombre de publications d'une haute tenue (citons seulement son *Encyclopédie de l'urbanisme*, réalisée avec l'assistance de Jancovic, son fidèle collaborateur), voire même par la mise au point d'une méthode d'exploration des maquettes.

Dès 1947 Auzelle a été chargé d'organiser l'exposition internationale de l'urbanisme et de l'habitation. Un an plus tard, au titre d'architecte en chef de la Reconstruction, il met sur pied le Centre d'études de la Direction générale de l'urbanisme, bientôt Direction de l'aménagement, et en assure la responsabilité de 1948 à 1957. Devenu urbaniste-conseil de l'Établissement public pour l'aménagement de la Défense (E.P.A.D.), son rôle est déterminant dans l'élaboration d'un nouveau projet (1959), qui devait aboutir à l'opération d'urbanisme que l'on sait.

Enseignant, haut fonctionnaire, Auzelle fut aussi exemplaire par son œuvre projetée ou construite, que ce soit à Neufchatel-en-Bray ou à Quimper, plus récemment à Troyes, ou encore à Tahiti avec le plan de Papeete dès 1951, au Portugal, ou dans la banlieue sud-ouest de Paris.

Inspecteur général honoraire de la construction et de l'équipement, correspondant de plusieurs académies étrangères, Robert Auzelle était entré au Comité des constructions et beaux-arts de notre société en février 1980.

Henri POUPÉE.

CHRONIQUE

« Il y a 100 ans... »

par M. Henri POUPÉE

Durant l'année 1885 les problèmes de combustibles solides restent à l'ordre du jour : l'extraction du charbon par bosseyaage au fleuret à air comprimé, pour éviter l'emploi d'explosifs, fait décerner une médaille d'or à deux Belges du Borinage, Dubois et François ; une autre sera donnée à Biétrix, de Saint-Étienne, pour avoir mis au point un procédé d'agglomération du charbon en briquettes. Les perfectionnements de la locomotive nous valent la description d'une manivelle hydraulique, due à J. Muller, médaille d'or, et le rapport d'Henri Tresca sur l'application par Mallet, autre médaille d'or, du procédé *compound* à la traction. Ce rapport est le dernier travail de Tresca ; ce professeur au Conservatoire vient de mourir en juin. Sa perte est ressentie au point de voir A. de Saint-Venant exposer à la Société le but théorique des principaux travaux du disparu. Faut-il souligner, à ce propos, la solidité des liens qui unissent la S.E.I.N. au Conservatoire ? Le nouveau président, Edmond Becquerel, n'est-il pas professeur au C.N.A.M., comme Péligot qui rédige le bulletin de la S.E.I.N. avec Ch. de Laboulaye, naguère directeur des Annales du Conservatoire ? Ce même Péligot en cette année 1885, n'utilise-t-il pas la Société pour lancer une nouvelle souscription en vue d'ériger une statue à Nicolas Leblanc, non plus à Issoudun, mais au Conservatoire ?

Au sein même du Conseil se nouent des relations suivies. Dix années de participation commune à ses travaux autorisent Bischoffsheim à proposer à Pasteur, épaisse de travail, un séjour dans sa villa de Bordighera ; et Pasteur finira par accepter en 1886. Grâce au mécénat du banquier, Nice va être dotée d'un observatoire astronomique. Le 22 mai Gustave Eiffel invite le Conseil à en examiner la coupole flottante, en construction à Levallois ; le 12 juin il en présente les plans, dus à sa collaboration avec Charles Garnier, et le modèle au 1/10^e d'un pont portatif. Ces remarquables charpentes métalliques vont lui faire obtenir le prix quinquennal Elphège Baude.

Le Comité des constructions et beaux-arts s'intéresse aussi aux céramiques architecturales, appelées à s'imposer — avec le fer — lors de la prochaine exposition universelle : J.P. Loebnitz reçoit une médaille d'or sur le rapport du professeur de Luynes ; et, grâce à ce dernier, Léon Appert, déjà connu pour le soufflage mécanique du verre, entre au Comité. Le colonel Goulier se montre de son côté bon prophète en faisant décerner une médaille de platine à l'architecte marseillais Gémy pour sa table à dessiner mécanique. Il n'a pu obtenir de récompense pour le palmer à micromètre de Bonnaz, par ailleurs lauréat du Comité de mécanique pour un entraîneur universel.

Les problèmes de pollution préoccupent au point de voir Delattre père et fils, de Dorignies-les-Douai recevoir

une médaille d'or pour l'épuration des eaux résiduaires de leur usine, et l'architecte Wery une médaille d'argent pour un dispositif fumivore. La silicatisation des façades d'édifices s'étant avérée peu efficace, la fluation, pour laquelle L. Kessler reçoit une médaille d'or, est appliquée aux nouveaux édifices parisiens, à l'Opéra dont les parties hautes sont déjà attaquées par l'atmosphère ambiante.

Les questions sociales, que ce soit le logement ouvrier (pour lequel les noms de Muller et de Cacheux sont à nouveaux honorés), ou le problème des handicapés, occupent le Conseil. Le prix d'Abouville est donné aux ateliers d'aveugles de la rue Jacquier, nouvellement créés.

La grande médaille, au nom du Comité des arts chimiques, est décernée à Michel Perret. Quelque peu méconnu après un siècle, puisque les biographes semblent lui préférer les architectes du même nom, originaires eux aussi de la vallée de la Saône, Michel Perret (1814-1900) mériterait qu'une étude sérieuse lui soit consacrée.

L'acide sulfurique employé par Leblanc pour extraire la soude, a été en ce domaine détrôné par le procédé Solvay. Il n'empêche que, durant tout Le XIX^e s. il était resté indispensable à l'industrie verrière. Pour l'obtenir, on a d'abord utilisé le soufre natif. Dès 1833 Michel et Baptiste Perret exploitent les pyrites de fer de Chessy, puis de Sain-Bel (près de l'Arbresle, Rhône) pour remplacer le soufre dans la fabrication de l'acide. L'aide des directeurs des soudières de Saint-Gobain va leur être précieuse, comme la crise provoquée par le monopole marseillais du soufre sicilien. Aussi, dès 1840 le procédé Perret gagne la Grande-Bretagne. Successivement Perret met au point la grille à barreaux mobiles, la grille immergée, le procédé *ad descendum*, sur soles superposées et plus tard perforées. Après un demi-siècle d'efforts il parvient à rendre utilisable le fer de ses pyrites, trop tard peut-être pour une sidérurgie en pleine mutation.

Alors Perret s'attache à utiliser des combustibles pauvres et pulvérulents, dans des foyers dérivés de ses fours. Ces foyers ont grand succès, dès 1874, dans l'industrie et même pour le chauffage des habitations ; un succès durable, affirmé encore à l'exposition universelle de 1900. Dans le cadre de notre Société le nom de Michel Perret, qui fut membre perpétuel et correspondant du Comité d'agriculture, devait se perpétuer grâce à la médaille quinquennale fondée par M^{me} Armengaud, membre de la famille, et décernée pour la première fois en 1910.

H.P.

Le Président de la Société, Directeur de la publication : J. BURÉ, D.P. n° 1080

● Imprimerie Tardy Quercy (S.A.) Cahors. — 5364 — Dépôt légal : juillet 1985
Commission paritaire n° 57497

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Fondée en 1801

Reconnue d'Utilité Publique en 1824

4, place St-Germain-des-Prés, 75006 PARIS

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

HISTORIQUE

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

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE EN 1824,

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

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

BUT

LA SOCIÉTÉ S'EST PRÉOCCUPÉE, PARTICULIÈREMENT CES DERNIÈRES ANNÉES, DE DONNER AUX MILIEUX INDUSTRIELS DES INFORMATIONS EXACTES LEUR PERMETTANT DE SUIVRE LES DERNIERS DÉVELOPPEMENTS DE L'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE.

ACTIVITÉS

ELLE DÉCERNE DES PRIX ET MÉDAILLES aux auteurs des inventions les plus remarquables et des progrès les plus utiles ainsi qu'aux ouvriers et agents de maîtrise qui se sont distingués par leur conduite et leur travail. Elle organise des CONFÉRENCES d'actualité scientifique, technique et économique.

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

