

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

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

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

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

| NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ |  |
|-----------------------------|--|
| Titre                       | L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale |
| Volume                      | <a href="#">1969, n° 1 (janv.-mars)</a>  |
| Adresse                     | Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1969   |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Collation</b>                 | <b>1 vol. (71 p.) : ill. ; 27 cm</b>   |
| <b>Nombre de vues</b>            | <b>76</b>  |
| <b>Cote</b>                      | <b>INDNAT (86)</b>   |
| <b>Sujet(s)</b>                  | <b>Industrie</b>   |
| <b>Thématique(s)</b>             | <b>Généralités scientifiques et vulgarisation</b>  |
| <b>Typologie</b>                 | <b>Revue</b>   |
| <b>Langue</b>                    | <b>Français</b>  |
| <b>Date de mise en ligne</b>     | <b>03/09/2025</b>  |
| <b>Date de génération du PDF</b> | <b>08/09/2025</b>  |
| <b>Recherche plein texte</b>     | <b>Non disponible</b>  |
| <b>Permalien</b>                 | <b><a href="https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.86">https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.86</a></b> |

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

### *Bibliographie*

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

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

S. E. I. N.  
Bibliothèque

# L'INDUSTRIE NATIONALE

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

*fondée en 1801  
reconnue d'utilité publique*

Revue trimestrielle  
1969 - N° 1

N° 1 — JANVIER-MARS 1969

## SOMMAIRE

### TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES.

- Problèmes de corrosion et moyens d'étude dans une grande industrie, par M. Claude CABRILLAC ..... p. 5

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

#### Rapports sur les Prix et Médailles décernés au cours de la séance du 21 septembre 1968.

- Distinctions exceptionnelles ..... p. 37  
— Médailles d'Or ..... p. 44  
— Médailles et Prix spéciaux ..... p. 56

Publication sous la direction de M. Jacques TREFOUËL

Membre de l'Institut, Président

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

Service et dépôt de la Revue : 15, rue Beauregard, Paris-2<sup>e</sup> (Tél. 236-74-37)

Abonnement annuel : 28 F le n° : 7,50 F C.C.P. Paris, n° 618-48

Rédacteur en chef  
J.-J. Papillon

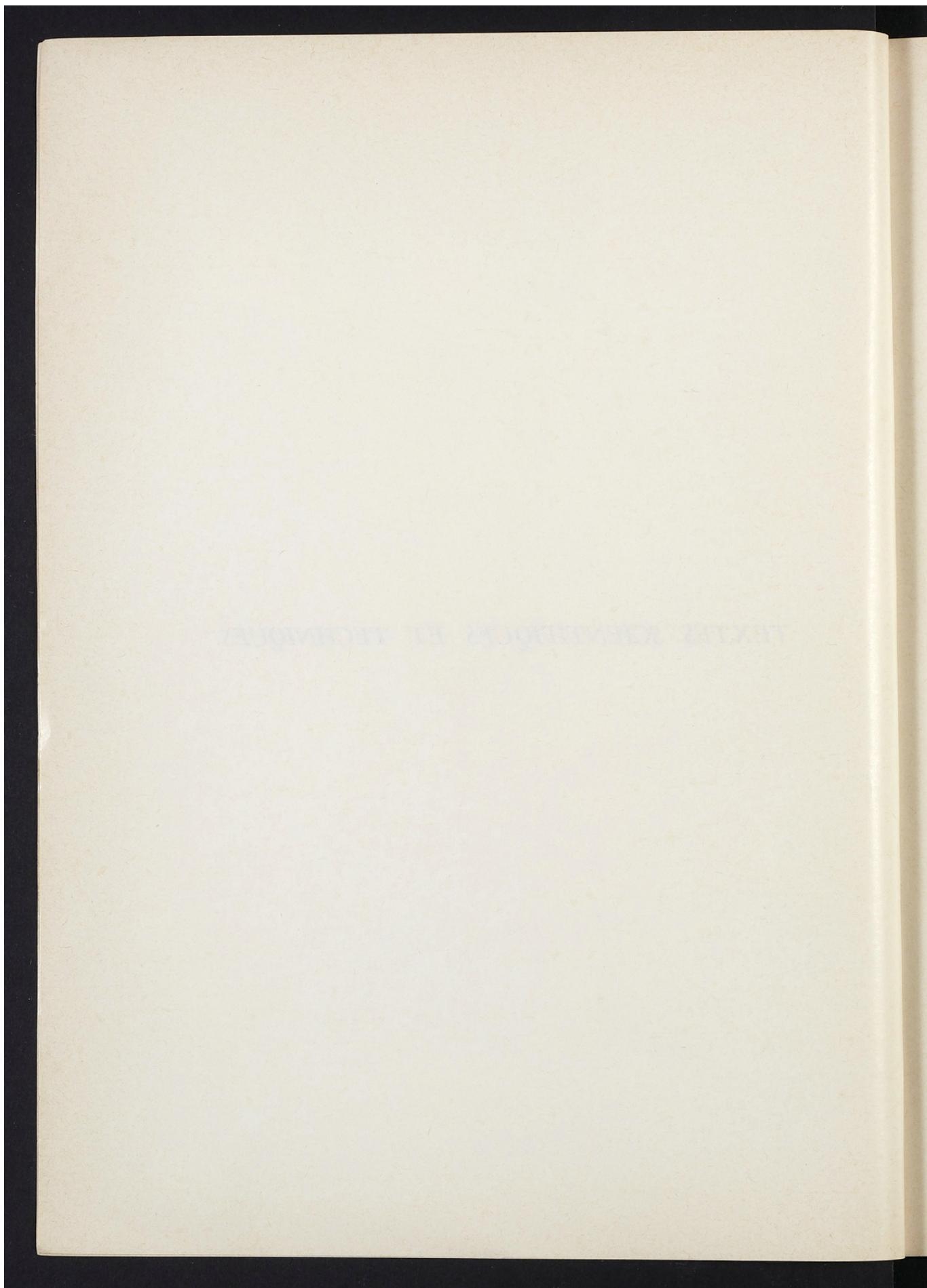
Secrétaire de rédaction  
T. Le Lionnais

*L'INDUSTRIE  
NATIONALE*

*ANNÉE 1969*



*TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES*



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

# *Problèmes de corrosion et moyens d'étude dans une grande industrie : Électricité de France \**

par M. CLAUDE CABRILLAC

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION.

#### 1. — ENUMÉRATION ET COMMENTAIRES DE QUELQUES CAS TYPES DE CORROSION À E.D.F.

- 1.1. Corrosion à haute température  
*dans les Centrales Thermiques.*
- 1.2. Corrosion Centrales Nucléaires.
- 1.3. Protection Charpentes métalliques.
- 1.4. Corrosion Usine Marémotrice.

#### 2. — MOYENS D'ÉTUDES ET D'ESSAIS.

##### 2.1. Moyens d'essais technologiques.

2.1.1. *Essais synthétiques de laboratoire.*

2.1.2. *Essais in situ.*

1.2.1. *Essais en stations.*

1.2.2. *Essais dans les conduits  
de fumées de Centrales  
Thermiques et dans la cham-  
bre expérimentale de Dun-  
kerque.*

1.2.3. *Essais dans la conduite  
forcée de l'aménagement de  
l'Hospitalet.*

\* Conférence prononcée le 14 mars 1968 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

Remise de la médaille d'or Bardy à M. Cabrillac par M. le Pr Chaudron.

2.2. Moyens d'essais pour études fondamentales.

2.2.1. *Généralités.*

2.2.2. *Influence de la composition des zincs sur la tenue à la corrosion de la galvanisation.*

2.2.3. *Etude de la corrosion et de la passivité d'acières.*

2.2.4. *Etude de moyens d'essais accélérés de revêtements obtenus par métallisations.*

2.2.5. *Etude de la corrosion et de la protection de l'acier par peinture.*

2.3. Information :

*Travaux de normalisation.*

## INTRODUCTION

Les problèmes de corrosion à résoudre à E.D.F. sont multiples, du fait, d'une part, de la grande diversité des installations de production, de transformation et de transport d'énergie, et d'autre part de la très grande variété des conditions d'exposition et d'exploitation.

Il est cependant parfaitement possible de distinguer et de classer ces problèmes en deux catégories :

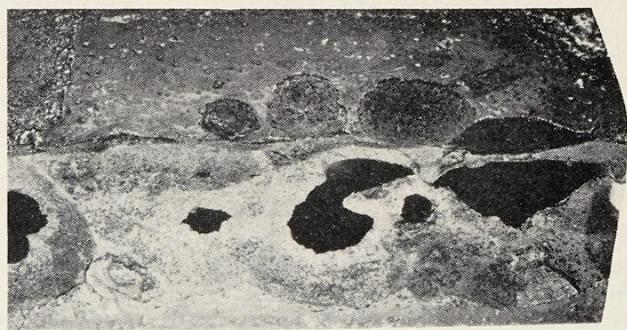
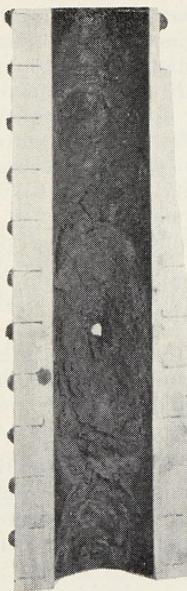
- *dans la première*, on peut inclure tous les cas particuliers, spécifiques d'une technique bien précise, nécessitant pour leur étude des appareillages spéciaux. Ces cas particuliers peuvent être illustrés par les essais de corrosion et d'anticorrosion entrepris dans le cadre des études de l'Usine Marémotrice de la Rance, ou par certains cas de corrosion particuliers aux techniques nucléaires de production d'énergie ;
- *dans la seconde catégorie* seront distingués les problèmes de corrosion classiques : par exemple, corrosions atmosphériques, corrosions par les eaux ou par les sols.

Classer les problèmes de corrosion en première ou deuxième catégorie n'implique pas que les uns soient plus importants que les autres ; il ne s'agit en fait que d'un artifice permettant de présenter et d'énumérer plus commodément l'ensemble des questions auxquelles nous devons apporter des solutions industrielles.

Je développerai davantage les problèmes du second type, parce que ce sont ceux que je connais le mieux, et que leur nature plus classique implique des modes de réflexion, des processus opératoires et des solutions présentant un caractère général qu'il est ensuite toujours possible d'étendre et d'adapter aux cas particuliers.

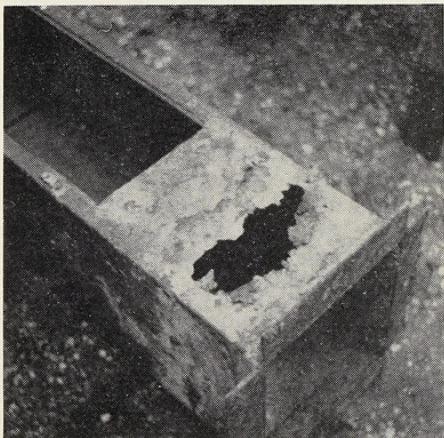
Le présent exposé comporte deux parties :

- la première est consacrée à l'énumération et aux commentaires des problèmes posés par la corrosion à E.D.F. ;
- la seconde traite des moyens d'études et d'essais de la Direction des Etudes et Recherches. Cette seconde partie se présente elle-même sous forme de triptyque, à savoir :



Corrosion de cornière de pylône exposée  
en atmosphère tropicale

Corrosion d'un tube  
écran de chaudière



Corrosion d'une base de  
candélabre d'éclairage public



Corrosion d'un boulon  $\varnothing$  8  
exposé 7 ans en atmosphère  
industrielle.

- 1° moyens d'essais technologiques en laboratoire et *in situ*,
- 2° moyens d'études fondamentales,
- 3° techniques d'informations.

\*\*

Je traiterai donc en premier lieu de l'énumération des cas de corrosion ; cette énumération est limitée à quelques cas typiques et spécifiques de notre Entreprise. Une énumération complète, mis à part son côté fastidieux, ne saurait être entreprise valablement par une seule personne étant donné la dimension et la pluralité des problèmes posés.

Je crois plus utile de présenter des cas types et d'insister sur un trait dominant, propre à notre Entreprise. Je fais allusion à la notion de « service ». Les deux grandes difficultés que nous avons en permanence à résoudre sont :

1° la recherche constante de nouveaux moyens de production à la loi inéluctable du doublement décennal de la consommation ;

2° la recherche d'une fiabilité de plus en plus élevée pour l'ensemble de nos équipements.

Cette seconde exigence fait — comme je le précisais précédemment — qu'il n'y a pas de problèmes plus importants les uns que les autres ; tous ont droit à notre attention. Qu'importe que toutes précautions soient prises pour éviter les corrosions sur le plus moderne des générateurs, si l'on ne se préoccupe pas de la protection du plus humble des boulons de la ligne évacuant l'énergie de ce même générateur.

La notion de service est donc insuffisante en soi, il faut y adjoindre la notion de « qualité du service » et connaître le prix de cette qualité.

Je voudrais rapporter une anecdote qui illustre parfaitement cette préoccupation. A un Ingénieur étranger qui s'étonnait du luxe de précautions que nous prenions pour que la fréquence du réseau de distribution soit la plus stable possible, et qui de plus précisait : « — Mais à quoi cela vous sert-il ? — Qu'est-ce que cela vous rapporte ? », un de nos Directeurs répondait avec vivacité : « — Comment qu'est-ce que cela nous rapporte ? Vous voulez dire qu'est-ce que cela nous coûte ? »

La permanence et la qualité du service, face à une clientèle exigeante, font que les problèmes de corrosion prennent de plus en plus d'importance.

Avant d'étudier les cas particuliers de corrosion, je voudrais vous donner quelques chiffres qui situent économiquement la dimension des problèmes corrosion E.D.F.

Entre 1960 et 1965, pour les services mixtes de distribution (d'électricité et de gaz), pour les Directions du Transport et de l'Equipement, le nombre de commandes à imputer à la lutte contre la corrosion se répartissait ainsi :

— près de 8.000 commandes (7.744) de peintures et vernis représentant un montant global de 594 millions de francs.

— près de 15.000 marchés (14.691) de travaux d'entretien de peinture — bâtiment, charpentes, gazomètres et autres canalisations représentant un marché de 131 millions de francs.

\*\*

## 1. — COMMENTAIRES SUR QUELQUES CAS TYPES DE CORROSION A E.D.F.

### 1.1. CORROSION A HAUTE TEMPÉRATURE DANS LES CENTRALES THERMIQUES.

Par hautes températures, il faut entendre celles comprises entre 600 et 700 °C. A ces températures, les cendres

de fuel contiennent des oxydes de sodium et de vanadium, qui selon leurs proportions respectives fondent aux environs de 650 °C. Le vanadium ou plutôt son oxyde peut à son tour oxyder les surfaces métalliques, le dépôt en s'éliminant laisse la surface métallique propre et très réactive.

Par contre, les corrosions constatées dans les centrales brûlant du charbon peuvent s'expliquer par le fait que les sulfates alcalins mis en présence de fer (et de ses oxydes) peuvent donner des sulfates doubles de sodium (ou de potassium) et de fer. Le fer est décapé par ces sulfates et il peut alors réduire le SO<sub>3</sub>, pour former un sulfure de fer qui donnera des oxydes de fer avec formation d'anhydride sulfureux et anhydride sulfurique.

Il a été également constaté que des cas de corrosion à haute température, de même nature que ceux déjà commentés, ont été modifiés par la présence de sels de sodium apportés par les embruns dans l'air de combustion.

Pour lutter contre ces corrosions, différentes techniques sont possibles :

- addition de produits (magnésie, silice, etc.) qui augmentent le point de fusion des cendres ;
- protection réfractaire de tubes.

#### 1.2. CORROSIONS : CENTRALES NUCLÉAIRES.

Sans entrer dans le détail de ces techniques pour lesquelles nous n'avons pas de compétence particulière, nous ne citerons que deux exemples qui illustrent parfaitement les dimensions des difficultés à résoudre.

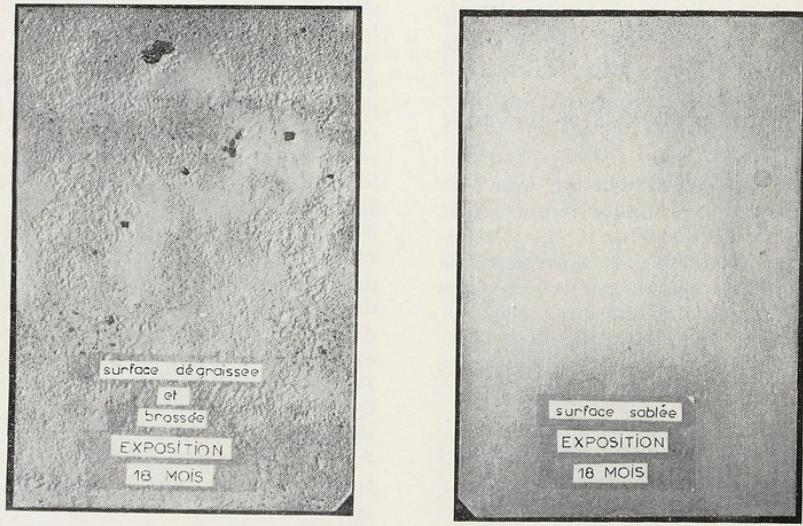
En ce qui concerne les filières classiques CO<sub>2</sub> graphite le rendement énergétique est relativement faible, il y aurait intérêt à se placer à une température aussi haute que possible ; actuellement, il semble difficile de dépasser 400° C, en particulier pour des problèmes de

corrosion. Ces problèmes se posent sur le graphite, sur les échangeurs et sur les éléments de structure. Ils ont pour conséquence possible d'altérer l'intégrité du modérateur et des surfaces d'échange (attaques d'ailettes) ou même de créer en certains points des contraintes de rupture dues à l'épaisseur supplémentaire que donne le film d'oxyde sur les pièces.

Pour les filières de demain, utilisant comme fluide le sodium liquide, c'est-à-dire pour les surgénérateurs, les problèmes sont de tout autre nature ; ils portent essentiellement sur les générateurs de vapeur qui auront des températures maximales de fonctionnement de l'ordre de 600° C. Les échangeurs peuvent être réalisés en deux matériaux, compte tenu de la présence de sodium et de l'eau, ainsi que des différences de températures possibles entre les diverses zones de l'échangeur. L'emploi de matériaux de nuance ferritique à 2,25 % de chrome et 1 % de molybdène pour la partie froide, d'une part, et austénitique du type 18.12, pour la partie chaude d'autre part (les premiers pour leur bonne tenue à la corrosion sous tension dans l'eau, les seconds pour leur bonne résistance au fluage et au sodium à haute température) pose le problème du transfert de masse de carbone, de la nuance ferritique vers l'austénitique. Ce transfert affaiblissant la nuance ferritique apporte à la nuance austénitique une certaine fragilité.

On conçoit aisément que l'utilisation dans ces générateurs du sodium et de l'eau, présente des risques qu'il faut absolument limiter, pour ne pas dire réduire. Aux températures prévues, la rupture d'un élément qui permettrait au sodium d'être en contact avec de l'eau, produirait une réaction exothermique avec élévation de température de 1.500 °C et un dégagement de H<sub>2</sub> extrêmement important, faisant que cette réaction pourrait s'assimiler à une explosion.

L'ensemble de ces problèmes est étudié en collaboration étroite entre nos Services et ceux qui leur sont analogues au Commissariat à l'Energie atomique.



### 1.3. PROTECTION DES CHARPENTES MÉTALLIQUES.

La protection des charpentes métalliques paraît relever d'une technique plus simple, les conséquences de la corrosion semblent mineures comparativement à celles précédemment évoquées.

Je rappelle cependant que nos équipements formant un tout, la fiabilité de l'ensemble fait que tout sous-ensemble — ou composant — doit présenter une sécurité de service absolue.

Pour illustrer cette préoccupation « charpente », je citerai deux exemples :

Si pour les charpentes de centrales, les modes de préparation sont « classiques », c'est-à-dire que l'on pratique un brossage et l'application d'un système à trois couches de peintures aux huiles ou glycéroptaliques, il est maintenant, sinon admis, du moins envisagé pour certains cas de pratiquer une préparation de surface par sablage ; cela entraînera une dépense supplémentaire importante acceptable, compte tenu de la valeur de l'enjeu (le brossage revient à 0,5 au m<sup>2</sup>, alors que le sablage revient à 5 F le m<sup>2</sup>).

Mais l'exemple de la protection des pylônes de lignes haute tension illustre mieux les progrès et l'évolution des techniques envisagées.

Si la protection — brossage et système multicouches — est essentiellement usitée, un intérêt tout particulier s'est manifesté parmi les Ingénieurs de la Direction du Transport pour des techniques plus élaborées. Il fallait d'abord intéresser les diverses professions à d'autres techniques compétitives avec la protection peinture. Ce fut le cas de la galvanisation. Outre un effort de modernisation des équipements, un esprit beaucoup plus « industriel » parmi les galvanisateurs a fait que les propositions présentées à E.D.F. ont permis de constater que si le prix de la galvanisation de pylône, au premier investissement, est toujours très légèrement supé-

rieur — de l'ordre de quelque pour cent — à celui de la protection peinture, il est plus intéressant, tenu compte du coût des opérations d'entretien nécessaires pour les systèmes-peintures. Mais sans doute plus que la différence entre les prix de revient des deux systèmes, le fait d'avoir une protection qui évite des interventions sur nos ouvrages, est l'élément déterminant du choix.

Mais nos investigations ne s'arrêtent pas là, on peut admettre que dans des conditions très agressives, les galvanisations et également les métallisations doivent être protégées à leur tour. On se trouve ramené au problème peinture précédent et c'est la raison pour laquelle des études sont actuellement entreprises sur des pylônes — échelle grandeur nature — réalisés en acier au cuivre et en alliage léger (type A.S.G.). A noter que la préoccupation visant à utiliser des matériaux plus ou moins inaltérables a des conséquences complémentaires touchant au domaine de la résistance des matériaux et à celui de la technique de transport.

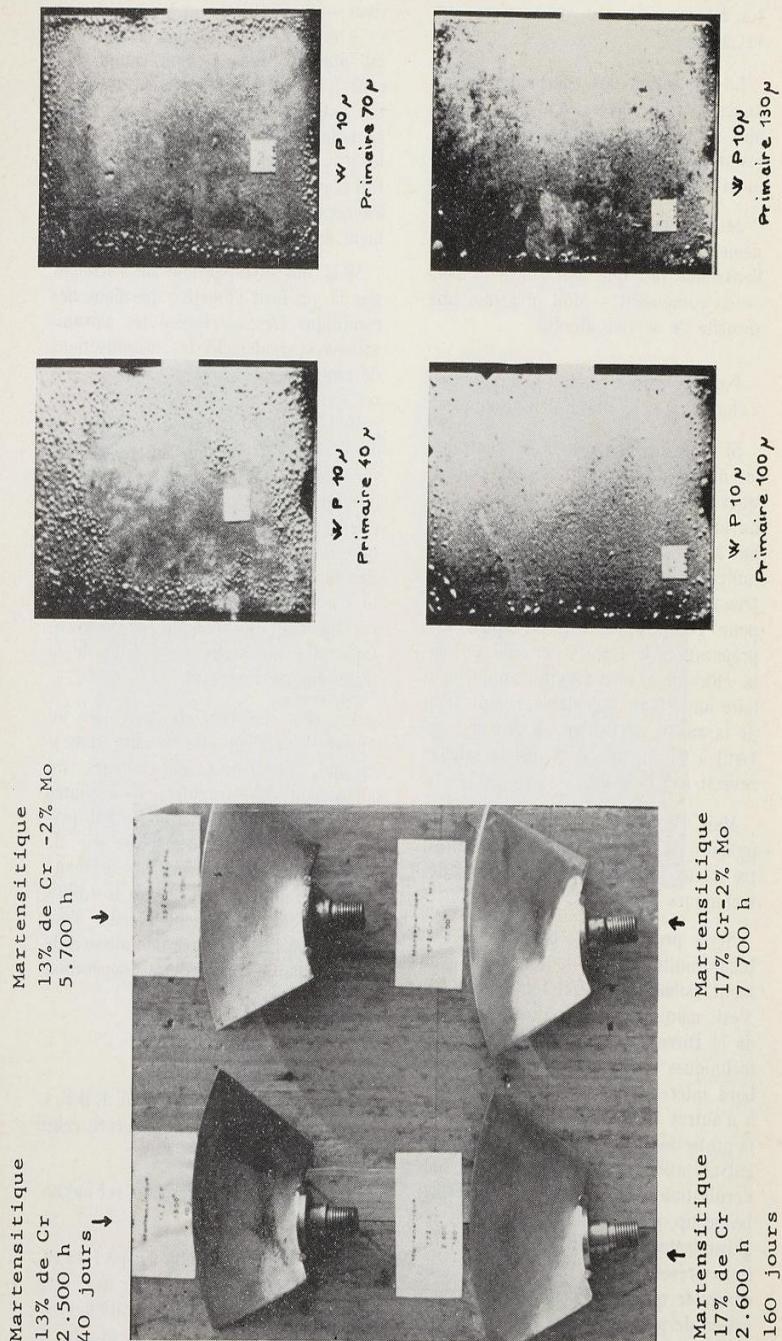
En effet, les cornières en acier au cuivre pourraient être à ailes minces ce qui entraînerait, par ailleurs, un allégement des structures, d'où source d'économie. L'utilisation de l'A.S.G. permet d'employer des transports par air (hélicoptère) dans les zones de haute montagne ou dans des régions très difficiles d'accès, en particulier celles d'outre-mer où E.D.F. exerce une mission de Conseil dans le cadre de la Coopération technique.

### 1.4. USINE MARÉMOTRICE.

L'exemple type « Corrosion E.D.F. » restera pendant longtemps encore celui de la Rance.

Il est superflu de présenter cet ouvrage.

Avant d'en commenter l'aspect « corrosion », je voudrais insister sur l'esprit qui a présidé à l'élaboration et à la conduite des essais. Un groupe a



coordonné toutes les études ; il était formé de techniciens d'E.D.F. bien sûr, mais aussi de ceux G.D.F. qui ont apporté leur savoir, en ce qui concerne notamment la protection cathodique. A côté d'eux, les principaux métallurgistes français, et certains organismes particuliers, sont venus apporter leur contribution. C'est grâce à ce travail d'équipe — avec ce qu'il implique comme état d'esprit — ainsi qu'à la polyvalence et à la compétence de ces techniciens, que ces essais ont été, en dehors de leurs caractères original et inédit, une très grande expérience, particulièrement enrichissante, confirmée ensuite en exploitation.

Les essais entrepris ont été de deux types :

- 1° ceux traitant des revêtements anticorrosifs ;
- 2° ceux traitant des métaux nobles.

Pour les revêtements anticorrosifs (type peinture), les essais comportaient plusieurs conditions d'expositions :

- embruns marins,
- immersions totales,
- immersions alternées.

Pour les matériaux nobles, ont été prévus :

1° un groupe modèle réduit (échelle 1/18) représentant un bulbe de la future usine. Ce groupe expérimental était monté en un circuit fermé sur une citerne de 80.000 litres d'eau de mer, renouvelée tous les trois jours ;

2° dans une ancienne écluse du port de Saint-Malo, une station a été aménagée et comportait à l'échelle grandeur nature :

- une vanne à trois papillons,
- un groupe bulbe, diamètre de roue 5,80 m, tournant à 88,25 t

mn, accouplé à un alternateur de 9.000 kW.

Les résultats obtenus dans ces différentes conditions d'essais peuvent, très imparfaitement hélas, se résumer ainsi :

- sur 110 revêtements en *immersion totale*, les peintures bitumineuses au caoutchouc, glycéropthaliques, sont éliminées en un an. Les époxy tiennent trois ans,
- en *immersions alternées* — sur 114 produits — seules les métallisations au zinc avec finitions vinyliques ont résisté plus de cinq ans,
- aux *embruns* sur 102 revêtements essayés, ce sont encore les vinyliques qui ont le mieux résisté (plus de six ans) suivis des systèmes caoutchouc (ayant résisté cinq ans).

Les essais sur les matériaux nobles, entrepris sur le groupe modèle réduit, ont porté sur :

- 15 nuances d'aciers inoxydables dont la teneur en chrome variait de 13 à 24 %,
- 4 nuances de cupro-aluminium.

En tenant compte de leur limite de fatigue en eau de mer, de leur facilité de mise en œuvre, les matériaux intéressants sont :

- l'acier inoxydable : 18 % de Cr, 11 % de Ni, 3 % de Mo,
- cupro-aluminium à faible teneur en manganèse (1,8) et à une teneur en fer et nickel de l'ordre de 5 %, pour éviter les phénomènes de désalumination.

En ce qui concerne le groupe expérimental grandeur nature, les conclusions obtenues confirment celles du groupe modèle réduit.

Les conclusions ou remarques de caractère général, que l'on tire de cet essai, peuvent se résumer ainsi :

- Si le fait d'avoir sur une roue :
  - 1 pale en acier inoxydable peint,
  - 1 pale en acier inoxydable,
  - 2 pales en bronze

ne pose pas de problème de corrosion par couple galvanique important ( $1,8 \text{ mA cm}^2$ ), le fait que la roue soit à l'intérieur d'un manteau en acier ordinaire oblige à une production cathodique dont le potentiel de production est égal à  $1.100 \text{ mV}$  environ, la densité de courant étant égal à  $100 \text{ mA/m}^2$ . 40 anodes de platine ont été disposées le long des liaisons acier ordinaire-acier inoxydable.

— L'effet bénéfique du molybdène a été confirmé accidentellement sur la ceinture de roue, dont certains doublages présentaient des piqûres de corrosion, l'analyse de ceux qui étaient intacts a révélé qu'ils comportaient 1 à 2 % de Molybdène d'après analyse.

Des remarques importantes ont été faites sur le soin à apporter à toute une suite d'opérations technologiques, bien souvent négligées, par exemple :

- tous les angles vifs sont à supprimer, l'adoption d'arrondis de rayon égal à 5 mm est généralisée,
- sablage à blanc de toutes les surfaces, vérification de la surface, respect du temps de séchage, protection provisoire des surfaces peintes ou à peindre.

\*\*

## 2. — MOYENS D'ETUDES ET D'ESSAIS DE LA DIRECTION DES ETUDES ET RECHERCHES

Je rappelle que parmi les moyens d'études et d'essais créés au sein de la Direction des Recherches d'E.D.F., il convient de distinguer :

- a) les moyens d'essais technologiques classiques et *in situ*,

- b) les moyens d'essais et d'études à caractère de recherche fondamentale,
- c) les moyens techniques d'information (travail de normalisation, par exemple).

### 2.1. MOYENS D'ESSAIS TECHNOLOGIQUES.

Par moyens technologiques il faut entendre tous les dispositifs et appareillages :

- 1° visant à reproduire des ambiances agressives ou à provoquer des cinétiques de réactions plus ou moins semblables à celles produites en service réel,
- 2° permettant d'exposer *in situ* comparativement entre elles, des éprouvettes dans des atmosphères ou dans des milieux naturels particulièrement agressifs.

#### 2.1.1. Moyens technologiques de laboratoires — Essais synthétiques.

Certains de ces essais visent à reproduire artificiellement des milieux agressifs. Ils ont été pendant fort longtemps les seuls moyens d'étude de la corrosion. Encore convient-il de préciser qu'ils sont surtout des moyens de contrôle ou des recettes de réception de pièces dont on veut apprécier l'efficacité et la durabilité de la protection. D'ailleurs nombre de ces essais font l'objet de spécifications techniques ou de normes de réception ; l'exemple type étant celui de l'essai au brouillard salin.

Une remarque importante est à faire dès que l'on parle d'essai synthétique de laboratoire et, en citant volontairement le brouillard salin, je réveille la grande querelle de la validité que d'autres prétendent à cet essai que certains nient.

A la suite de la pratique sur plusieurs années d'essais au brouillard salin, après avoir participé aux travaux de nombreuses commissions visant à normaliser cet essai, je crois utile de faire à son sujet, plusieurs remarques que je considère

comme d'autant plus fondamentales et importantes, qu'elles peuvent être appliquées et étendues à d'autres essais technologiques.

Tout d'abord, dans ces essais, nous ne visons pas à reproduire des ambiances naturelles, mais seulement à pratiquer des essais comparatifs : *nous comparons une éprouvette A à une éprouvette B, toutes deux exposées dans une atmosphère rigoureusement définie* présentant des caractéristiques physico-chimiques telles, qu'elles permettront à l'utilisateur d'envisager et de prévoir avec une probabilité relative suffisante, le comportement en service de chacune des éprouvettes.

Il ne s'agit donc pas d'un essai essentiellement « représentatif » et de ce fait aucune extrapolation quant aux durées d'essais et à la tenue en atmosphère naturelle ne peut être faite.

Par ailleurs, ces essais ont été — comme il a été déjà précisé — considérés comme moyen de réception, c'est-à-dire que pendant trop longtemps, l'utilisateur de ces techniques n'a eu comme seul souci d'observer les pièces soumises à cet essai que pour savoir si elles « passaient » ou non l'épreuve. Cette conception du « tout ou rien » faisait oublier l'aspect fondamental des phénomènes observés. *On ne peut en effet formuler des conclusions valables d'un essai, aussi simple soit-il, que si les données fondamentales des réactions qu'il provoque sont connues de l'expérimentateur* et ce ne fut pendant trop longtemps malheureusement pas le cas, pour ce qui est du brouillard salin, celui-ci peut être considéré soit comme un essai de corrosion, soit comme un essai de contrôle de la porosité. En effet, on sait, je m'excuse de rappeler quelques notions bien connues, qu'un métal plongé dans une solution quelconque prend, par rapport à cette dernière, un potentiel dit de dissolution, repéré à l'aide d'une électrode de référence.

Ainsi les différents métaux que l'on peut utiliser comme revêtements protec-

teurs de l'acier peuvent, par rapport à ce dernier, prendre un potentiel négatif ou positif. Le magnésium le zinc, le cadmium seront moins nobles (électro-négatifs) ; le nickel, le chrome seront plus nobles (électro-positifs). On se rappelle que dans le cas d'une pile — c'est-à-dire de deux électrodes plongeant dans un électrolyte — c'est celle au potentiel négatif, dite anode, qui se dissout et dont le métal passe sous forme d'ions hydratés.

Dans le cas de l'essai par exposition au brouillard salin, l'électrolyte est formé par les condensats d'eau distillée additionnée de 20 % chlorure de sodium. Les électrodes seront, dans le cas où le revêtement à étudier présente des solutions de continuité, formées par le revêtement d'une part et par le métal à protéger d'autre part.

Si le métal de recouvrement ou de protection est par rapport au métal support, électronégatif, il s'oxydera sacrifiellement au bénéfice du subjectile, plus cathodique, donc plus noble. Il y aura consommation et autodestruction du métal de recouvrement, son effet protecteur étant fonction de l'épaisseur de son dépôt. Par contre, si le métal de protection est électropositif, le support étant alors électronégatif, la plus petite solution de continuité dans le revêtement sera cause de l'attaque du subjectile. La protection étant alors fonction de l'homogénéité du métal de recouvrement.

Il faudrait éviter de penser que ces données fondamentales classiques sont trop complexes, compte tenu du caractère simpliste des essais technologiques. Si les essais et leur conduite sont simples, les observations, l'énumération non subjective des effets qu'ils produisent sont fort difficiles, et c'est sans doute l'absence « d'algèbre » et de moyens d'expression numérique de la corrosion qui font que certains utilisateurs critiquent ces essais. La bonne compréhension des phénomènes de corrosion observés ne peut se faire qu'en essayant, je le répète, de les rattacher à quelques prin-

cipes fondamentaux de physique, de chimie et de métallurgie. N'attendons pas de ces essais qu'ils nous donnent de simples recettes, mais seulement des informations dont le dépouillement ne peut se faire qu'après étude rigoureuse.

Parmi les essais technologiques il en est un dont le principe même fait l'objet de très nombreuses controverses, je veux parler des essais de corrosion et de vieillissement (en m'excusant de cet anthropomorphisme) des protections par système de peintures.

Tout en reconnaissant le bien-fondé des objections présentées et que la plupart d'entre elles émanent de spécialistes très avertis, je ne peux que marquer mon étonnement en constatant que par suite d'une trop grande prudence on préfère « ne rien faire » plutôt que de commettre la plus petite erreur. Pourtant un essai imparfait vaut mieux que « pas d'essais du tout ».

A l'inverse, des chercheurs trop optimistes ont voulu donner aux essais de vieillissement des significations et des finalités que ces essais ne pouvaient atteindre.

Il est ainsi très surprenant de constater qu'au contraire de ce qui se passe dans le domaine des grandes techniques nouvelles, les progrès faits en chimie profitent plus au laboratoire d'usine, pour la mise au point de nouvelles formules de peinture, qu'à celui de la recherche où l'on se contente, par exemple, d'étudier encore l'adhérence à l'aide de l'essai de quadrillage ou de déterminer la viscosité par la coupe d'écoulement Ford, etc.

Ce constat pessimiste quant à moi ne m'étonne plus, ayant eu l'occasion très récemment d'entendre parler dans une réunion professionnelle de « monstre de laboratoire » et de ne pas avoir entendu un seul mot concernant les études à caractère fondamental et appliqué, entreprises dans des laboratoires, lesquels, s'ils sont aujourd'hui peu nombreux, voient leur nombre augmenter sensiblement.

ment et sérieusement depuis quelque temps déjà.

Pour en revenir à notre propos, il faut définir ce que nous entendons par essais accélérés et par vieillissement ; cette précision me semble nécessaire, car ces deux termes sont souvent mal interprétés.

— *l'essai accéléré* est celui qui dégrade un matériau dans un laps de temps plus court que celui nécessaire dans les conditions de son utilisation, pour l'amener à un état identique.

— *par vieillissement* nous entendons les modifications irréversibles d'un matériau, prises dans le sens de l'altération et dont l'évolution est une fonction du temps. C'est une expression très générale que nous utilisons quand nous soumettons des matériaux divers (métalliques, synthétiques) à des contraintes plus faibles que celles rencontrées au cours des essais de corrosion, mais se rapprochant par contre des conditions d'utilisation de ces matériaux.

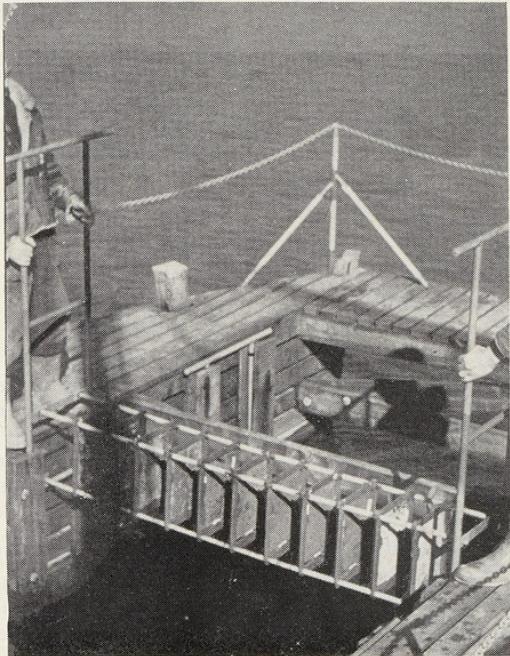
C'est autour de ces définitions et de ces quelques remarques préliminaires que s'articulent toutes les investigations que nous avons à entreprendre dans notre laboratoire. En conséquence, afin que les différentes campagnes d'essais envisagées mettent tous les échantillons dans des conditions rigoureusement identiques, nos essais devront :

#### 1) ETRE COMPARATIFS.

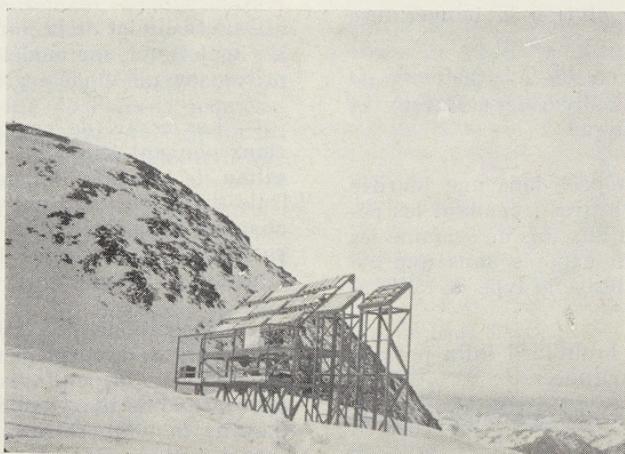
Nous devons en effet être capables de faire aujourd'hui *très exactement* ce que nous avons effectué hier.

#### 2) ETRE REPRÉSENTATIFS.

Pour cela les critères d'agressivité choisis seront ceux auxquels nos matériaux peuvent être normalement exposés ; mais la valeur absolue de cette agressivité ne devra pas être trop élevée, afin de ne pas modifier trop profondément la nature du processus de dégradation. Cette dernière condition risquant



Station d'immersion



Station d'essai en atmosphère naturelle

d'augmenter la durée de l'essai — allant de ce fait contre le but cherché — le facteur accélérateur devra être donné par :

- a) une fréquence élevée d'exposition à chacun des critères choisis,
- b) la superposition de contraintes par exemple : mécanique ou électrique dans l'essai climatique,
- c) la recherche d'un déséquilibre thermodynamique entre l'échantillon et le milieu.

Le cycle le plus utilisé est celui défini par le Centre d'Essais du Bâtiment et des Travaux Publics, à savoir :

- 30 mn dans l'enceinte à chaleur humide. L'appareil est réglé de façon à ce que la température varie quatre fois pendant l'exposition des échantillons de 53° à 57° pour une humidité relative de l'ordre de 95 à 98 %,
- 1 heure au rayonnement ultraviolet (2.700 Å) à une température de 80 °C et un dégagement d' $O_3$  de 25 ppm,
- 30 mn de froid à — 20,
- 30 mn de pluie à la température ambiante,
- 30 mn au froid à — 20,  
ou 2 % d'anhydride sulfureux et gaz carbonique.

Ce cycle est repris dans une journée de travail de 9 heures ; pendant les périodes de nuit et aux fins de semaine les échantillons sont exposés dans une armoire qui caractérise le type de cycle, à savoir :

- armoire à brouillard salin pour le cycle « maritime »,
- armoire à chaleur humide pour le cycle rural,
- armoire à chaleur humide avec anhydride sulfureux pour le cycle industriel.

C'est un tel cycle qui a été utilisé pour :

1° sélectionner les produits de bases utilisés dans la fabrication des gaines isolantes de câbles d'énergie pour le réseau de distribution basse tension ;

2° déterminer la durabilité de la protection électrique et mécanique de ces gaines isolantes.

#### 2.1.2. Essais *in situ*.

Les essais *in situ* sont d'une nécessité absolue dans toutes recherches visant à éclaircir certains mécanismes de corrosion, et à établir des comparaisons dans un milieu naturel (donc intégrant tous les effets de toutes les agressivités possibles).

Par essai *in situ*, il faut entendre toutes les expérimentations entreprises dans une ambiance (dans l'atmosphère, dans un sol, etc.) naturelle, en mettant le matériau ou le matériel dans des conditions d'exposition le plus proche possible de celles d'exploitation :

#### Exemples :

— Les études de la Rance, déjà citées, sur matériaux, sur modèles réduit et reprises sur un modèle grandeur nature.

— Les essais de corrosion de matériaux pouvant être utilisés pour la réalisation de blindage de cheminée de centrale thermique sont entrepris dans une chambre expérimentale — mise en dérivation sur les conduites de fumées de la Centrale de Dunkerque.

— Expositions en milieux naturels, d'éprouvettes de revêtements métalliques de systèmes de peintures de matériaux plus ou moins inoxydables. Cet exemple d'essais *in situ* est sans doute le plus caractéristique de ceux entrepris à la Direction des Etudes et Recherches. Nous disposons pour ces essais d'exposition de douze stations :

|                           |                                 |   |
|---------------------------|---------------------------------|---|
| Atmosphères industrielles | Saint-Denis                     | — station installée à côté de celle de l'I.R.S.I.D. |
|                           | Gosnay                          | — près de Béthune                                   |
| Rurale et haute altitude  | Picherande                      | — dans le Puy-de-Dôme                               |
|                           | Le Portillon                    | — près de Luchon (2.200 m d'altitude)               |
| Maritimes                 | Hyères (Var)                    |   |
|                           | Saint-Rémy-des-Landes           |   |
|                           | Lavera (B.-d.-Rh.).             |   |
| Tropicales                | Ayamé                           | — Côte-d'Ivoire                                     |
| Equatoriales              | Edéa                            | — Cameroun  |
| Immersions                | eau de mer radeau Rance         |   |
|                           | eau douce Cambeyrac             |   |
|                           | conduite forcée de l'Hospitalet |   |

Ces stations ont été choisies compte tenu de la spécificité et de l'agressivité de leur atmosphère.

Des précautions toutes particulières ont été prises pour que les conditions d'expositions soient identiques pour chaque échantillon. De plus, afin que l'exploitation des différents résultats puisse se faire rigoureusement, chaque station est équipée d'appareils permettant de mesurer les critères caractéristiques du lieu. Ainsi pour les stations rurales, on mesure l'humidité de l'air, la température, l'énergie solaire rayonnée ; pour les atmosphères maritimes, on ajoutera aux précédentes mesures celle des quantités de chlorures entraînés par les embruns. Quant aux stations situées en atmosphères industrielles, outre la température et l'humidité de l'air, les concentrations en SO<sub>2</sub>, les quantités de poussières en suspension font l'objet de mesures journalières.

Il n'est nullement question d'établir des corrélations entre les données climatiques et les taux de corrosion mesurés ; il ne s'agit que d'apprécier numériquement les conditions d'exposition, et éventuellement, de tenter d'expliquer certaines dégradations, compte tenu de la spécificité de ces atmosphères.

— station installée à côté de celle de l'I.R.S.I.D.

— près de Béthune

— dans le Puy-de-Dôme

— près de Luchon (2.200 m d'altitude)

— Côte-d'Ivoire

— Cameroun

— eau de mer radeau Rance

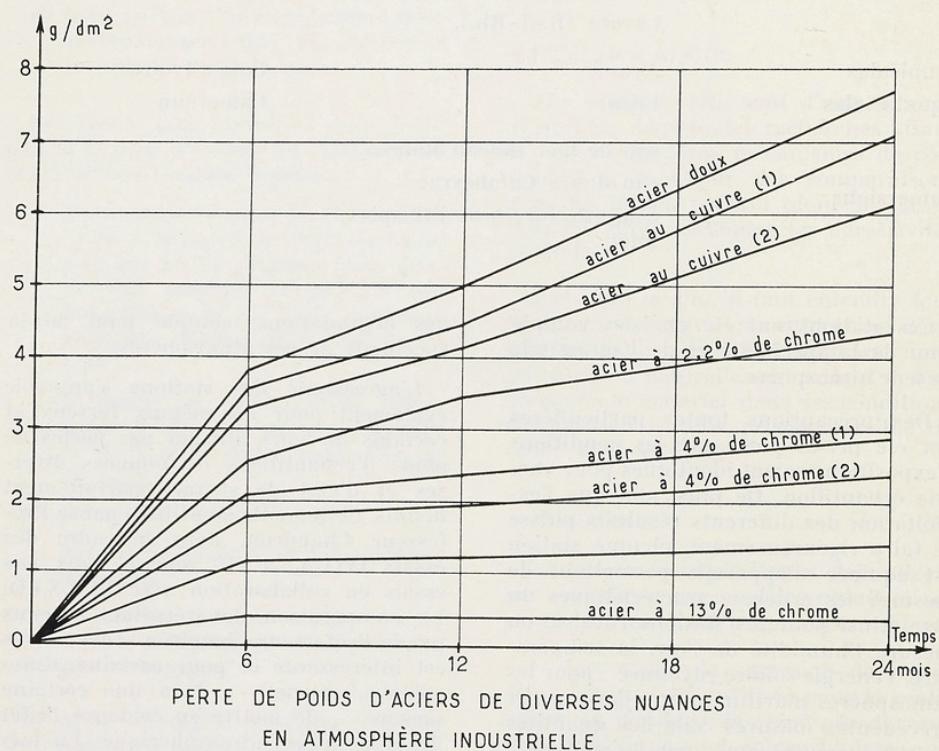
— eau douce Cambeyrac

— conduite forcée de l'Hospitalet

— mette en évidence l'effet de la pollution atmosphérique. La méthode par perte de poids est depuis quelque temps complétée par des mesures de conditions de passivité de ces mêmes échantillons (cette technique sera développée plus loin).

Dans l'ensemble de ces stations, 4.000 éprouvettes sont essayées et certaines le sont encore en place après sept ans d'exposition.

Parmi les éprouvettes d'acier ou de béton recouvertes de systèmes de pein-



ture de natures différentes, une partie d'entre elles a permis d'étudier un grand nombre de paramètres caractéristiques de l'altération de ces matériaux, citons :

1° l'effet extrêmement bénéfique de préparations mécaniques soignées, comme le sablage ou le grenaillage, sur la durabilité des protections, à condition toutefois que le pouvoir garnissant des peintures et les gradients dimensionnels des particules (pigments notamment) soient compatibles avec la valeur moyenne de la rugosité (Ra) de la surface ;

2° des méthodes précises de contrôle de l'adhérence des systèmes de peintures par arrachement, à l'aide d'un dispositif hydraulique, de pastilles métalliques collées à leur surface, avec des colles synthétiques (araldite) ;

3° appréciation de l'évolution des phénomènes bien particuliers spécifiques des peintures, tels que : faïençage, cloquage, fissuration, etc. ;

4° les qualités d'adhérence de produits de corrosion sur des métaux ferreux de nuances différentes ;

5° l'effet bénéfique de passivation chronique de revêtements électrolytiques de zinc et de cadmium ;

6° la progression et la forme de corrosion d'éprouvettes métalliques protégées par revêtements électrolytiques ou physico-chimiques (galvanisation à chaud par exemple) ;

7° des corrossions types de revêtements tels que métallisations de métaux ou alliages (zinc, aluminium et zinc aluminium) ou galvanisation permettant d'établir des clichés de références de ces corrossions.

Cette énumération qui, si elle devait être complète, deviendrait fastidieuse, ne donne qu'une idée fort vague des possi-

bilités offertes par les stations d'essais en atmosphères naturelles ; je résumerai cette utilité en disant que ces expérimentations en atmosphères ou ambiances naturelles nous permettent de :

- comparer des matériaux dans des conditions représentatives d'exploitation,
- étudier des phénomènes particuliers dont la connaissance est précieuse pour expliciter des comportements généraux et mettre au point des techniques d'essais de laboratoire.

Aux essais *in situ* en atmosphères naturelles, il convient d'ajouter ceux entrepris pour répondre à des préoccupations très particulières E.D.F., je veux parler d'essais *in situ* pratiqués :

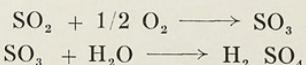
- 1° sur les circuits d'évacuation des fumées de centrales thermiques,
- 2° dans les galeries et conduite forcée de centrales hydrauliques,
- 3° sur les sites où doivent être implantées des centrales dont les condensateurs utilisent l'eau de mer (1).

#### *Essais de corrosion dans les conduits de fumées de centrales thermiques.*

La consommation de fuel lourd contenant 2 à 3 % de soufre, pose dans les centrales thermiques de très sérieux et très graves problèmes de corrosion de soufre, compte tenu des conditions de combustion (température et excès d'air), s'oxyde selon la formule.

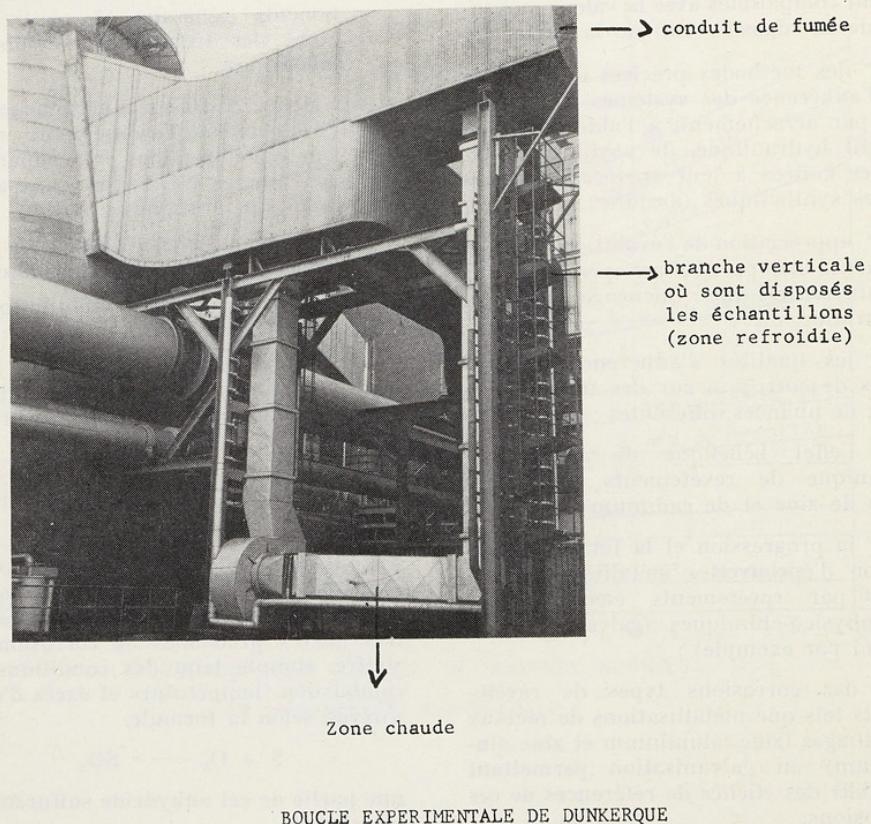


une partie de cet anhydride sulfureux se transforme



(1) Pour chaque site un condenseur expérimental permet d'étudier les effets de la corrosion, ainsi que ceux provoqués par la flore et la faune — c'est à cette fin que nous venons d'installer, non seulement une station mais un laboratoire dans le site de Martigues-Lavera.

## ESSAIS DE CORROSION EN CHEMINEE



Par ailleurs, on sait que si le point de rosée des fumées ne contenant pas — sous forme de vapeur — de  $\text{SO}_4 \text{H}_2$ , est relativement bas, il n'en n'est pas de même dans le cas de combustion de fuel chargé en soufre : dans ce cas le point de rosée est proche de 100°, température malheureusement voisine de celle des fumées et les conséquences d'une condensation sont graves. Rath a démontré « que si l'acide qui se forme à la température du point de rosée des fumées est 500 fois moins corrosif que l'acide dilué, il l'est cependant suffisamment pour détruire un réchauffeur d'air en un an ».

L'ampleur et les conséquences de ce problème ont fait que la Direction de la Production a installé dans ses Laboratoires une équipe chargée d'étudier tout spécialement les problèmes soulevés en cours d'exploitation : de son côté, la Direction des Etudes et Recherches a installé dans les conduits de fumées de quelques centrales de la région parisienne un certain nombre d'éprouvettes et a équipé une chambre expérimentale constituée par une gaine de section de 80 cm de côté et ayant la forme d'un U de 15 m de haut. Cette chambre est montée en dérivation sur le circuit des fumées de la Centrale de Dunkerque. Sur les deux branches verticales, sont disposées des portes sur lesquelles il est possible de poser un assez grand nombre d'échantillons-témoins. Les portes peuvent être refroidies à l'aide d'un circuit d'eau provoquant la condensation de l'acide sulfurique. Les échantillons disposés sont réalisés en matériaux réfractaires, ou métalliques. Ces derniers nous intéressent tout spécialement car ils pourraient éventuellement être utilisés pour réaliser les enveloppes internes de ces cheminées.

Seront envoyés ou sont déjà en cours d'essais :

- des aciers doux,
- des aciers au cuivre (0,5 %),
- des aciers faiblement alliés au chrome (4 à 6 %),
- des aciers inoxydables,
- des aciers avec dépôt chimique de nickel,
- des aciers aluminisés,
- des métallisations aluminium avec différentes finitions,
- des métallisations et des alliages de plomb,
- des oxydes métalliques (genre Cermet),
- des produits organiques : polyéthène, polyuréthane, epoxy, etc.

Dès le premier mois d'essais, il a été prouvé, comme d'ailleurs nous nous y attendions, qu'aucun revêtement de type peinture ne pouvait résister dans des fumées dont la température est de 110° en moyenne.

Si certains matériaux métalliques choisis résistent mieux que d'autres, ils n'apportent cependant pas une protection suffisante.

#### *Conduite forcée de l'Hospitalet.*

A l'intérieur d'une conduite forcée de l'aménagement de Hospitalet situé dans les Pyrénées, sont exposées des éprouvettes métallisées, au zinc, à l'aluminium, au revêtement zinc aluminium (85-15) et protégées par des systèmes de peintures diverses. Des observations effectuées après quatre ans permettent de classer dans un ordre croissant d'efficacité ces divers revêtements, à savoir :

|                         | <i>Après 33 mois</i>                              | <i>Après 4 ans</i> |
|-------------------------|---|--------------------|
| Métallisation<br>ZP 120 | Le revêtement a disparu<br>sur 90 % de la surface | disparition 100 %  |
| Métallisation<br>ZP 160 | Le revêtement a disparu<br>sur 75 % de la surface | disparition 100 %  |

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| Métallisation<br>ZP 200  | Enrouillage sur 50 % de la surface              | 90 % de surface atteinte           |
| Métallisation<br>AP 200, 300                                   | Nombreux points d'attaques de la métallisation  | pas d'évolution                    |
| Métallisation<br>zinc-aluminium<br>85 % zinc<br>15 % aluminium | Rien à signaler à part fixation de limons       | pas d'évolution                    |
| Peinture liant silicaté et zinc métal sur métallisation ZP 120 | 90 % de la surface sont dépourvus de peinture   | disparition à 100 % de la peinture |
| Même peinture sur métallisation AP 120                         | Léger cloquage                                  | Disparition totale de la peinture  |
| Même peinture sur métallisation Al 200                         | Léger cloquage                                  | Disparition totale de la peinture  |
| Peinture bitumineuse sur métallisation au zinc                 | Adhérence mauvaise et faible résistance au choc | pas d'évolution                    |

## 2.2. MOYENS D'ESSAIS POUR ÉTUDES FONDAMENTALES.

### 2.2.1. Généralités.

On constate depuis quelques années déjà que des efforts importants sont prodigues dans de nombreux laboratoires pour aborder scientifiquement les problèmes de corrosion et d'anticorrosion ; l'usage d'appareillages complexes (microscopie électronique), l'emploi des méthodes d'analyses fines (rayonnements X, chromatographie, etc.). Mais l'apport le plus original et le plus substantiel est à imputer à l'électrochimie. Cette science récente a notamment, depuis une décennie, acquis ses lettres de noblesse dans les laboratoires de corrosion, tant pour expliciter les phénomènes, que pour mieux choisir les systèmes de revêtement en fonction du mécanisme ou de la cinétique de protection, face à la nature des agents agressifs avec lesquels ils seront en contact. Pratiquement, et pour illustrer ces deux fonctions, je dirais que dans nos laboratoires l'électrochimie :

1° nous a apporté une meilleure connaissance des phénomènes de corrosion et de passivité de métaux ou revêtements exposés en atmosphères naturelles ou artificielles ;

2° nous a permis de mettre au point des méthodes d'essais accélérés.

Avant de procéder à l'énumération de ces essais et de commenter les principaux d'entre eux, il me semble nécessaire de faire une réserve importante quant à leur validité. En effet, si pendant très longtemps, un certain empirisme régnait dans les études de laboratoires, trop rapidement, quelques chercheurs ont par contre voulu voir, dans l'apport de l'électrochimie, le moyen de résoudre la plus grande partie de leurs problèmes. Aujourd'hui, il est fait preuve d'un peu plus de réserve et de rigueur, dans les applications, quant aux possibilités des investigation électrochimiques.

Il faut convenir que les méthodes électrochimiques sont irremplaçables pour l'étude — ou la reproduction —

des cinétiques fondamentales qui régissent les phénomènes se produisant à l'interface métal-ambiance ; mais les phénomènes de corrosion dépendent également d'autres paramètres. Par exemple : microgéométrie des surfaces - métallurgie et aspect métallographique des matériaux, nature physico-chimique des ambiances, etc.

En conséquence, pas plus que les autres sciences ou techniques, l'électrochimie ne peut actuellement seule, représenter ou résoudre tous les problèmes. Mais quand cette science est appliquée avec prudence, circonspection, elle présente l'avantage :

- 1° de pouvoir représenter les cinétiques des réactions mises en jeu,
- 2° de pouvoir réaliser d'une manière parfaitement reproduicible les différentes ambiances des moyens d'essais accélérés.

C'est dans ces deux fonctions que l'électrochimie est — depuis l'installation de nos laboratoires — très utilisée à E.D.F.

Parmi les principales applications, citons :

- Etude de l'influence de la composition des zincs sur la tenue à la corrosion des galvanisations à chaud.
- Etude des conditions de corrosion et de passivité d'acières de nuances diverses.
- Etude de la corrosion et de la protection d'acier, par systèmes de peintures.
- Etude des revêtements métalliques réalisés par projection (métallisation).

Dans le temps qui nous est imparti, il ne nous est pas possible de développer dans le détail ces quelques processus. Je me limiterai donc à définir très sommairement ce qui les caractérise :

### 2.2.2. L'étude de l'influence de la composition des zincs

sur la tenue à la corrosion de la galvanisation a été entreprise de deux façons, l'une portant sur des galvanisations réelles, l'autre sur les alliages fer-zinc réalisés synthétiquement par la métallurgie des poudres. Si le caractère électro-négatif des zincs se confirme comme étant fonction d'un haut indice de pureté, cette constatation n'est pas mise en évidence de façon très nette par la connaissance des potentiels de dissolution.

Par contre à l'aide d'une cellule réalisée pour l'étude des débits de pile, le courant qui prend naissance entre une électrode d'acier et une électrode d'acier galvanisé, varie comme indiqué ci-dessous :

|           |           |
|-----------|-----------|
| Zn 99,4 % | Zn 98,4 % |
|-----------|-----------|

milieu acide pH = 3,8 :

|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 11 mA/cm <sup>2</sup> | 9,9 mA/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------|------------------------|

milieu neutre pH = 7 :

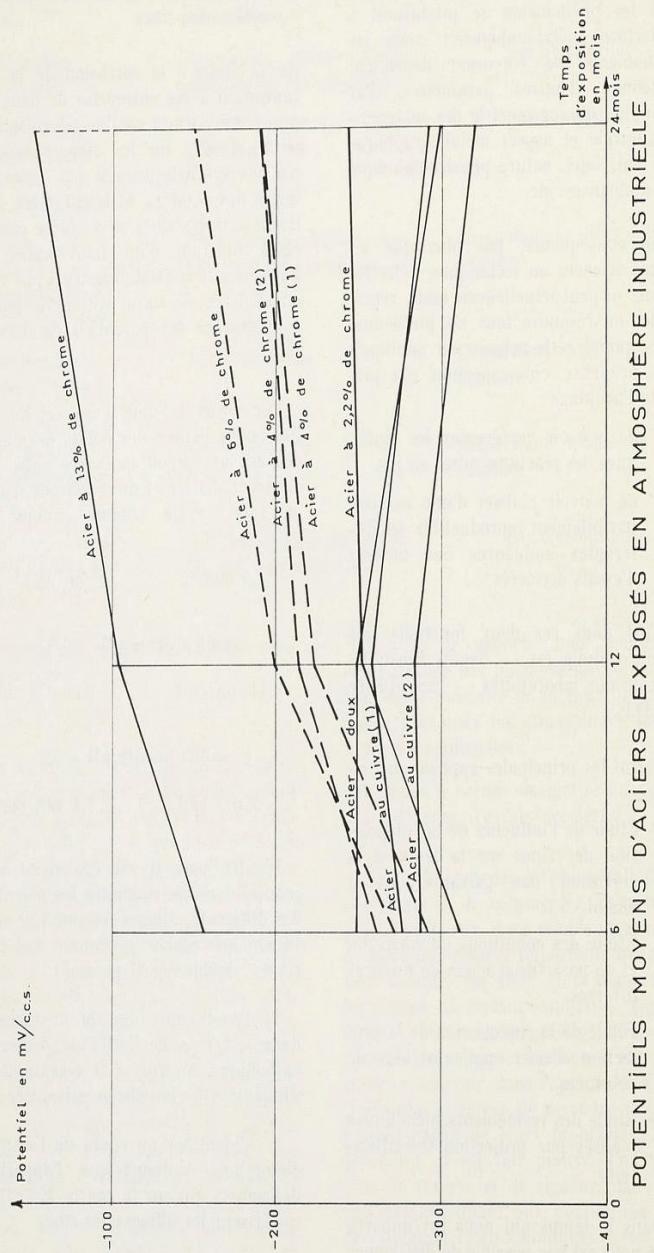
|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 2 mA/cm <sup>2</sup> | 1,3 mA/cm <sup>2</sup> |
|----------------------|------------------------|

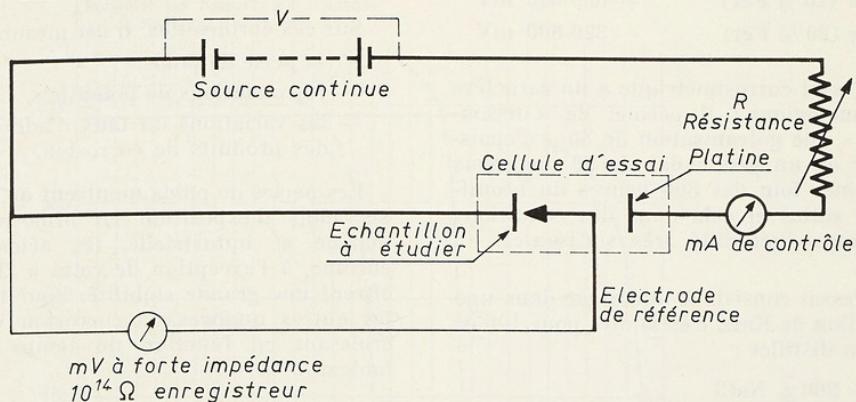
D'autre part il est également d'un grand intérêt de connaître les potentiels des différents alliages fer-zinc qui constituent une couche galvanisée. Cet intérêt est double car il permet :

1° d'avoir une idée de la variation dans le temps de l'effet de protection cathodique, au fur et à mesure de la dissolution de la couche galvanisée ;

2° d'identifier au cours de l'essai de dissolution coulométrique l'apparition des paliers qui sur la courbe  $E f(t)$  caractérisent les alliages fer-zinc.

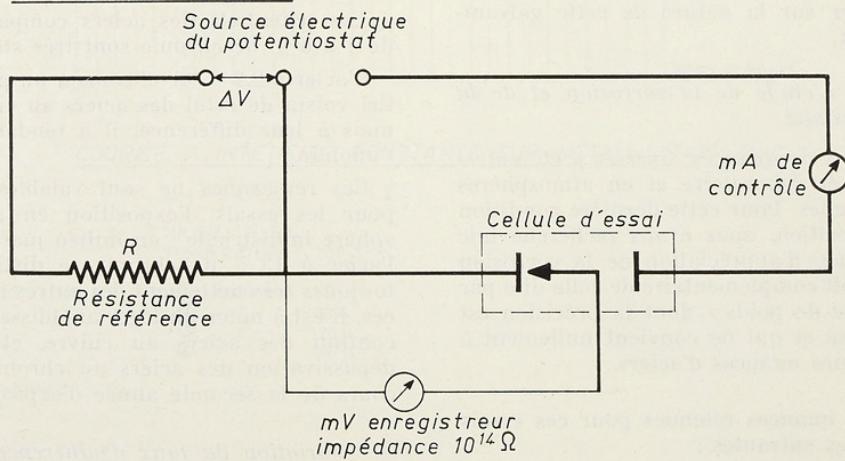
Les potentiels des alliages fer-zinc ont les valeurs suivantes : dans chlorure de sodium 3 %.



DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL POUR ESSAI CORROSIMÉTRIQUEA) Montage de principe.

La chute de tension dans les appareils de mesure de courant et dans la cellule sont négligeables par rapport à la chute ohmique dans la résistance R

S étant la surface de l'échantillon dans ces conditions la densité de courant est  $\frac{I}{S} \approx \frac{V}{R} \times \frac{1}{S}$  et constante

B) Montage utilisé.

$$I = \frac{\Delta V}{R} \text{ quelle que soit la nature du circuit}$$

## Alliages :

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| $\eta$ (Zinc pur)   | — 1.050 mV     |
| $\xi$ (2 % Fer)     | — 1.000-860 mV |
| $\delta$ (10 % Fer) | — 880-820 mV   |
| $\gamma$ (20 % Fer) | — 820-800 mV   |

L'essai corrosimétrique a un caractère technologique : il permet de « dissoudre » une galvanisation de  $80/\mu$  d'épaisseur en un peu moins de 90 mn (nous sommes loin des 800 heures du brouillard salin) et cela dans des conditions de reproductibilité très suffisantes.

L'essai consiste à immerger dans une solution de Katz, c'est-à-dire pour 100 cc d'eau distillée :

- 200 g. NaCl
- 100 g Zn SO<sub>4</sub>
- 10 g NH<sub>4</sub> SCN
- 2 cc H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>

et à imposer à l'échantillon une densité de courant égale à 42,5 mA/cm<sup>2</sup>.

Non seulement le temps de dissolution est proportionnel à l'épaisseur, mais l'apparition sur la courbe E f (t) de paliers correspondant aux différents alliages intermédiaires permet de se prononcer sur la nature de cette galvanisation.

### 2.2.3. L'étude de la corrosion et de la passivité

d'aciérs de nuances diverses a été entreprise en laboratoire et en atmosphères naturelles. Pour cette dernière condition d'exposition, nous avons recherché une méthode d'appréciation de la corrosion qui soit complémentaire de celle dite par « perte de poids » dont la précision est relative et qui ne convient nullement à certaines nuances d'aciérs.

Les nuances retenues pour ces essais sont les suivantes :

Aciérs doux (à 0,14 de C) :

acié au cuivre (Cu 0,3 % à 0,4 %)

|   |             |
|---|-------------|
| à | 2,2 % de Cr |
| à | 4 % de Cr   |
| à | 6 % de Cr   |
| à | 13 % de Cr  |

Sur ces éprouvettes, il est mesuré :

- la perte de poids,
- les variations de potentiels,
- les variations du taux d'adhérence des produits de corrosion.

Les pertes de poids montrent qu'après six mois d'exposition en atmosphères marine et industrielle, les aciers au chrome, à l'exception de celui à 2,2 %, offrent une grande stabilité. Pour toutes les autres nuances, la corrosion va en croissant en fonction du temps (voir tableau).

#### Variations de potentiels

Les éprouvettes sont exposées en atmosphères sur des supports isolants ; des cellules spéciales ont été réalisées.

Il est très intéressant de constater une parfaite similitude entre les résultats de cet essai et ceux obtenus par perte de poids.

Le potentiel le plus noble étant celui de l'acié à 13 % de chrome.

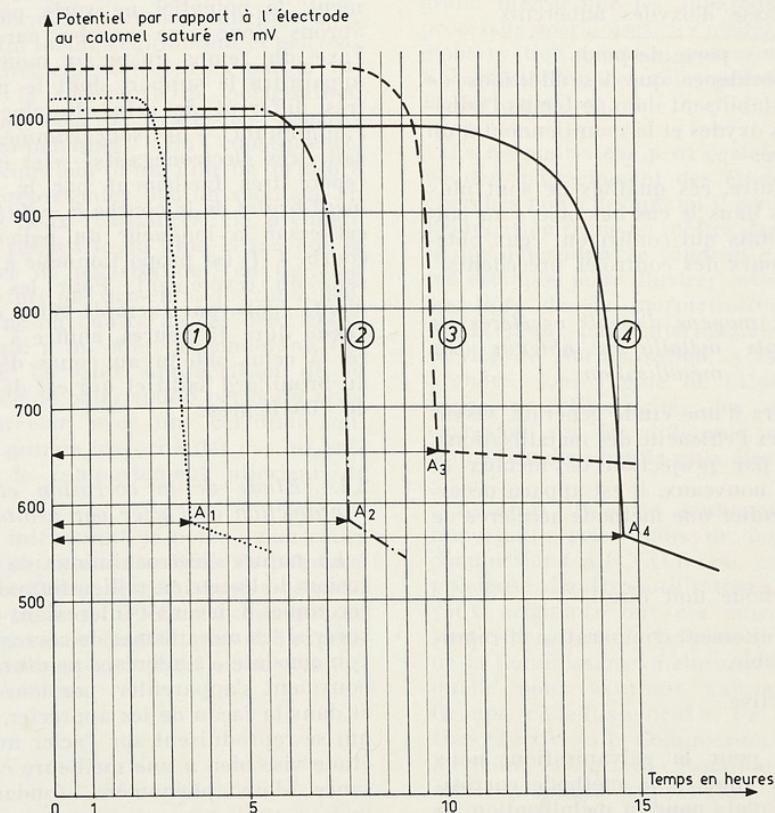
Les potentiels des aciers comportant de 4 à 6 % de chrome sont très stables.

L'acié à 2,2 % de chrome a un potentiel voisin de celui des aciers au cuivre, mais à leur différence, il a tendance à s'anoblir.

Ces remarques ne sont valables que pour les essais d'exposition en atmosphère industrielle ; en milieu marin, si l'acié à 13 % de chrome se distingue toujours très nettement des autres nuances, il est à noter un léger anoblissemement continu des aciers au cuivre, et une dépassivation des aciers au chrome au cours de la seconde année d'exposition.

#### Variation du taux d'adhérence

La détermination de la masse des oxydes adhérents n'est intéressante que par

COURBE A INTENSITÉ CONSTANTE SUR MÉTALLISATION ZINC
 $\frac{I}{s} = 8 \text{ mA/cm}^2$       pH = 2

 MILIEU : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 TEMPÉRATURE : 20° ± 1°C

- |   |           |       |
|---|-----------|-------|
| ① | épaisseur | 40 µ  |
| ② | "         | 80 µ  |
| ③ | "         | 120 µ |
| ④ | "         | 160 µ |

comparaison avec d'autres contrôles effectués sur les mêmes échantillons après des durées d'exposition identiques.

En particulier l'étude du rapport masse d'oxydes adhérents

perte de poids  
met en évidence que les additions de chrome stabilisent dans le temps l'adhérence des oxydes et la maintiennent à un taux élevé.

Par contre, ces qualités ne sont plus observées dans le cas des aciers au cuivre, résultats qui confirment ceux obtenus au cours des contrôles précédents.

*Etude de moyens d'essais accélérés de revêtements métalliques obtenus par métallisation*

Au cours d'une étude générale, visant à comparer l'efficacité des métallisations, réalisées par projection de métaux et d'alliages nouveaux, il est apparu nécessaire d'étudier une méthode accélérée de corrosion.

La méthode doit être :

- parfaitement comparative et reproducible,
- sélective.

Comme pour la galvanisation, nous avons fait appel à la méthode corrosimétrique, mais pour la métallisation, le problème est plus facile ; puisqu'il s'agit d'un métal caractéristique du point de vue électrochimique et appliquée sur un autre métal qui, lui, est très différent ; nous n'avons pas là d'alliages intermédiaires, aux potentiels mixtes, difficiles à définir.

Dans un milieu acide sulfurique de pH 2 une densité de courant égale à 8 mA/cm<sup>2</sup> est appliquée à l'échantillon : on note en fonction du temps la valeur du potentiel de l'échantillon. En début d'essai, nous avons le potentiel du métal projeté (Al - Zn - Zn/Al) dans la mesure où le revêtement ne présente pas de solution de continuité (ce cas est évidemment

bien vite décelé par cette méthode et c'est aussi un moyen d'apprecier l'homogénéité d'un revêtement). Au fur et à mesure de la dissolution du revêtement, le potentiel ne varie pas, nous aurons donc une courbe parallèle à l'axe du temps jusqu'au moment où apparaîtra le support dont le potentiel très différent de celui du zinc ou de l'aluminium — qui sont, comme chacun sait, très électronégatifs — et qui sera repéré très facilement par le changement brutal de la courbe  $E = f(t)$ . Dans cet essai la longueur du palier de la courbe  $f(t)$  est proportionnelle à l'épaisseur du revêtement. Pour les revêtements épais, par exemple 160  $\mu$  de zinc, l'essai dure 15 heures, chiffre à comparer à celui obtenu au cours de l'essai au brouillard salin et qui est de l'ordre de 700 heures.

**2.2.4. Etude de la corrosion et de la protection de l'acier par peinture.**

La nature électrochimique de la corrosion de l'acier en milieu humide étant reconnue, il devenait intéressant de s'assurer si les mécanismes de corrosion que l'on constate à l'interface peinture-métal pouvaient s'apparenter, par leur nature et dans la façon de les apprécier, à ceux qui se reproduisent sur l'acier nu. Cette étude vise bien à une meilleure connaissance d'un phénomène fondamental, mais a aussi pour conséquence de définir les conditions dans lesquelles les réactions d'oxydation pourraient être réduites, voire supprimées.

Si l'on admet qu'un film de peinture peut absorber sous forme ionique un certain nombre de substances, ce film deviendra une sorte de membrane en équilibre électrothermodynamique entre le milieu ambiant et le substratum : elle sera également le support d'un électrolyte qui, malgré une conductivité faible, permettra les réactions d'oxydation et de réduction à la surface du métal. Cette dernière remarque aide à comprendre les mécanismes de corrosion, et de pro-

tectons des aciers peints en schématisant de la manière suivante :

Le film sec de peinture présente une certaine résistivité ionique et les réactions d'oxydation et de réduction à la surface du métal s'équilibrent et peuvent être indirectement mesurées par la valeur de la résistance de polarisation, déterminée par le tracé des courbes intensités-potentiels. En conséquence, l'effet protecteur d'un film de peinture peut se représenter par un montage en série de deux résistances : la première étant la résistivité du film, la seconde la résistance de polarisation ; en fonction de la nature physico-chimique du milieu, c'est l'une ou l'autre de ces deux résistances qui a un effet prépondérant. Cependant, la seule appréciation de la résistance de polarisation permet *a priori* de prévoir, avec une certitude, qui dans la grande majorité des cas est suffisante, le comportement ultérieur de ce film.

Il est intéressant de noter qu'au cours de cette expérience les films de peinture, qui présentaient des résistances de polarisation égales à  $10^9$  étaient ceux qui, au cours des essais synthétiques et d'exposition en ambiances naturelles, se comportaient le mieux.

\*\*

### 2.3. INFORMATION.

#### *Travaux de normalisation.*

J'ai eu l'occasion de dire au sujet des essais technologiques qu'un très grand nombre d'entre eux ont fait l'objet de spécifications techniques ou de normes. On peut donc se féliciter de l'apport de la Normalisation ; le fait de généraliser des méthodes d'essais et surtout de rendre parfaitement comparables tous les résultats d'essais, est d'une grande importance. La capitalisation de tous ces enseignements, même de nature technologique, est précieuse, non seulement pour l'utilisateur, mais également pour

l'utilisateur chercheur. Compte tenu que nous attendons des essais technologiques de corrosion qu'ils soient plus comparatifs que représentatifs, il est d'un grand intérêt que les appareillages, les processus opératoires, les modes et codes d'observation soient rigoureusement définis. C'est l'un des rôles principaux de la Normalisation.

Le normalisateur peut également provoquer indirectement des études et recherches nouvelles quand il constate que l'empirisme règne en maître dans un domaine déterminé. Je voudrais citer comme exemple, pour illustrer cette seconde vocation de la normalisation, celui d'E.D.F. qui, par l'intermédiaire de son service de Normalisation, a fait entreprendre, sous l'égide de l'Union technique de l'Électricité, des essais de corrosion sur les différents modes de protection des chauffe-eaux électriques.

Je crois utile de souligner la part importante prise dans de nombreuses commissions A.F.N.O.R. où, avec l'aide précieuse d'autres utilisateurs, des travaux originaux ont été entrepris. En particulier, nous participons aux travaux de la Commission « Peintures » dans laquelle nous assurons l'animation du Groupe « Vieillissement ». La participation effective, à la Commission qui a mis au point la norme « Brouillard salin », nous a obligés à pratiquer un grand nombre d'expérimentations ; à ce sujet nous étudions actuellement le moyen d'apprécier, soit numériquement, soit à l'aide de clichés étalons (du type de ceux édités par l'A.F.N.O.R. pour les revêtements électrolytiques), le degré à partir duquel, au cours de l'essai au brouillard salin, on estime qu'il y a destruction franche d'un revêtement type de galvanisation.

Au sein même d'E.D.F. et de la Direction des Etudes et Recherches, une Commission de normalisation « Protection » a été créée et est présidée par M. Poyart. Cette Commission a déjà élaboré :

1° une spécification « galvanisation » qui se distingue des normes actuelles par :

- a) le fait qu'une qualité du bain et non du lingot est exigée,
- b) qu'un mode d'analyse spectrale des composants du zinc est proposé,
- c) qu'un contrôle du soin apporté au processus opératoire est défini. Nous pensons effectivement qu'il est illusoire d'exiger des produits de qualité ou des performances de plus en plus élevées, si l'on ne se préoccupe pas de la façon avec laquelle on doit contrôler les matériaux et le soin avec lequel ils sont mis en œuvre.

Cette Commission a mis au point :

2° une spécification « préparation des surfaces par projection d'abrasifs » accompagnée de clichés étalons réalisés par nos soins en collaboration avec « l'Office national d'Homologation et de Garantie des Peintures » ;

3° une énumération des surfaces-types des matériels E.D.F. est en cours d'élaboration. A chaque type de surface, pour des conditions d'exploitations référencées, il sera recommandé des modes de préparation et des types de protection.

Etant donné la nature de notre organisme, notre participation à la normalisation s'étend naturellement aux activités de l'Union technique de l'Électricité, et nous avons pu très récemment proposer au C.C.I.T.T.\* une méthode d'appréciation de la corrosion de l'aluminium basé sur le principe des essais intensostatiques, et un processus d'essai de vieillissement de matériaux synthétiques.

Pour conclure le chapitre « Normalisation », je voudrais insister tout particulièrement sur les rapports existant

entre nous-mêmes et le Centre français de la Corrosion.

C'est avec effectivement beaucoup d'intérêt que nous avons vu naître le Centre que vous présidez et cet intérêt s'est traduit par notre participation à de très nombreuses Commissions.

Le CEFRACOR était, à notre avis, une nécessité, et cela à plusieurs points de vue :

— il est le lien parfait entre l'Université ou le Laboratoire de recherches fondamentales et l'Industrie ;

— il est un lieu de rencontre, une plateforme commune, où s'effectue très aisément l'échange d'informations d'origines parfois très diverses.

Pour illustrer ces deux traits marquants du CEFRACOR, je voudrais citer :

— l'exemple de la Commission HERRENGUEL où près de 700 éprouvettes métallisation ont pu être préparées et exposées dans les stations E.D.F. où les membres CEFRACOR de la Commission peuvent se rendre quand bon leur semble.

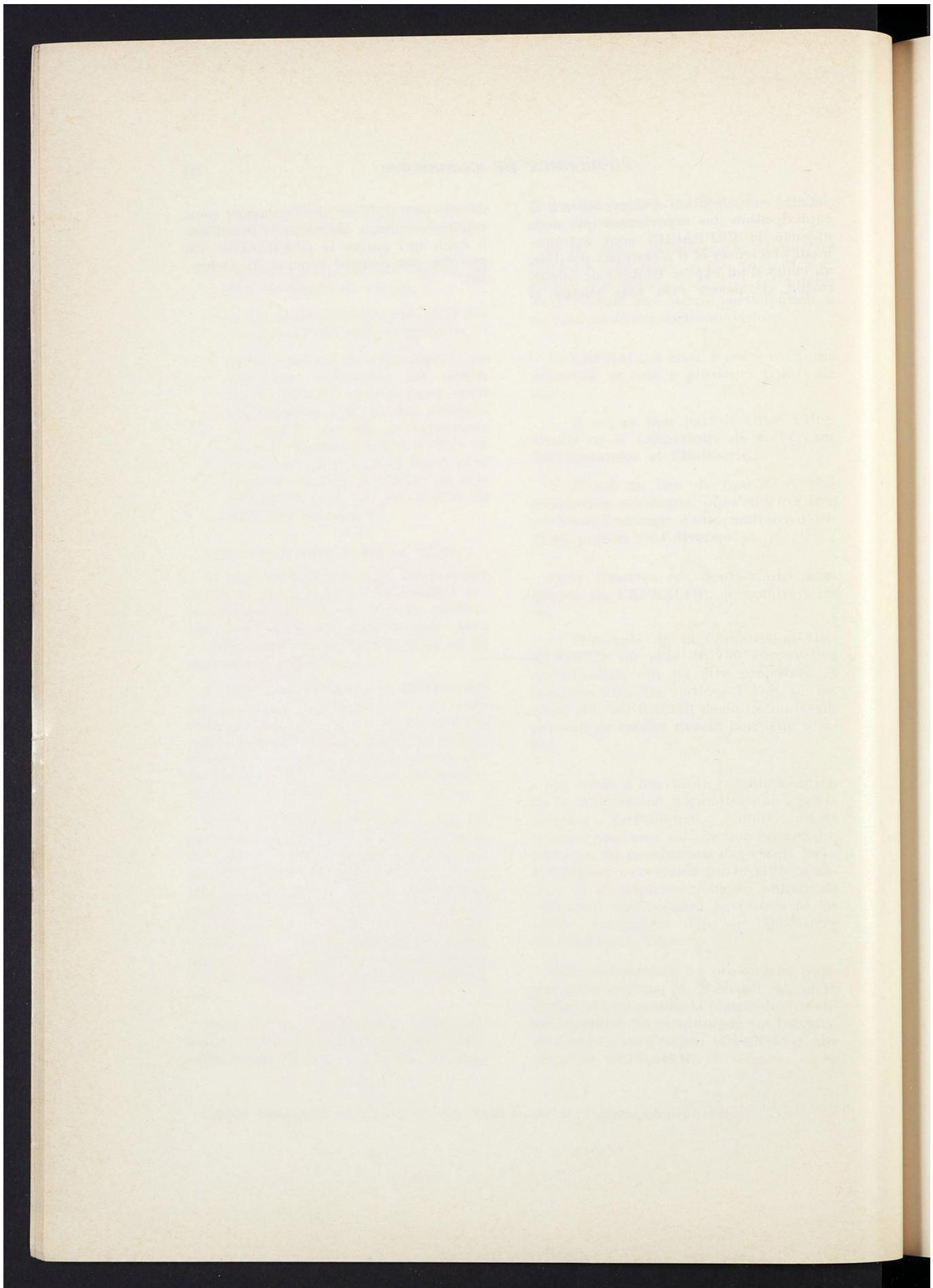
Au cours d'une toute récente réunion de la Commission normalisation « Revêtements métalliques », nous avons éprouvé une vive satisfaction en constatant que les conclusions des essais technologiques « corrosion au brouillard salin » et atmosphère riche en anhydride sulfureux confirmaient parfaitement les études entreprises dans le laboratoire du Professeur Talbot.

Cette satisfaction se prolongera puisque nous aurons, M. Morisset, M. le Pr Talbot et moi-même, le plaisir de présenter ensemble les résultats de ces travaux, au Congrès de Prague, et cela sous une étiquette CEFRACOR.

\* Comité Consultatif International des Téléphones et Télécommunications.

Cette confrontation d'idées, alliée à la capitalisation des expériences que nous apporte le CEFRACOR sont extrêmement précieuses et il n'était pas possible, au cours d'un exposé traitant de la corrosion, de passer cela sous silence et

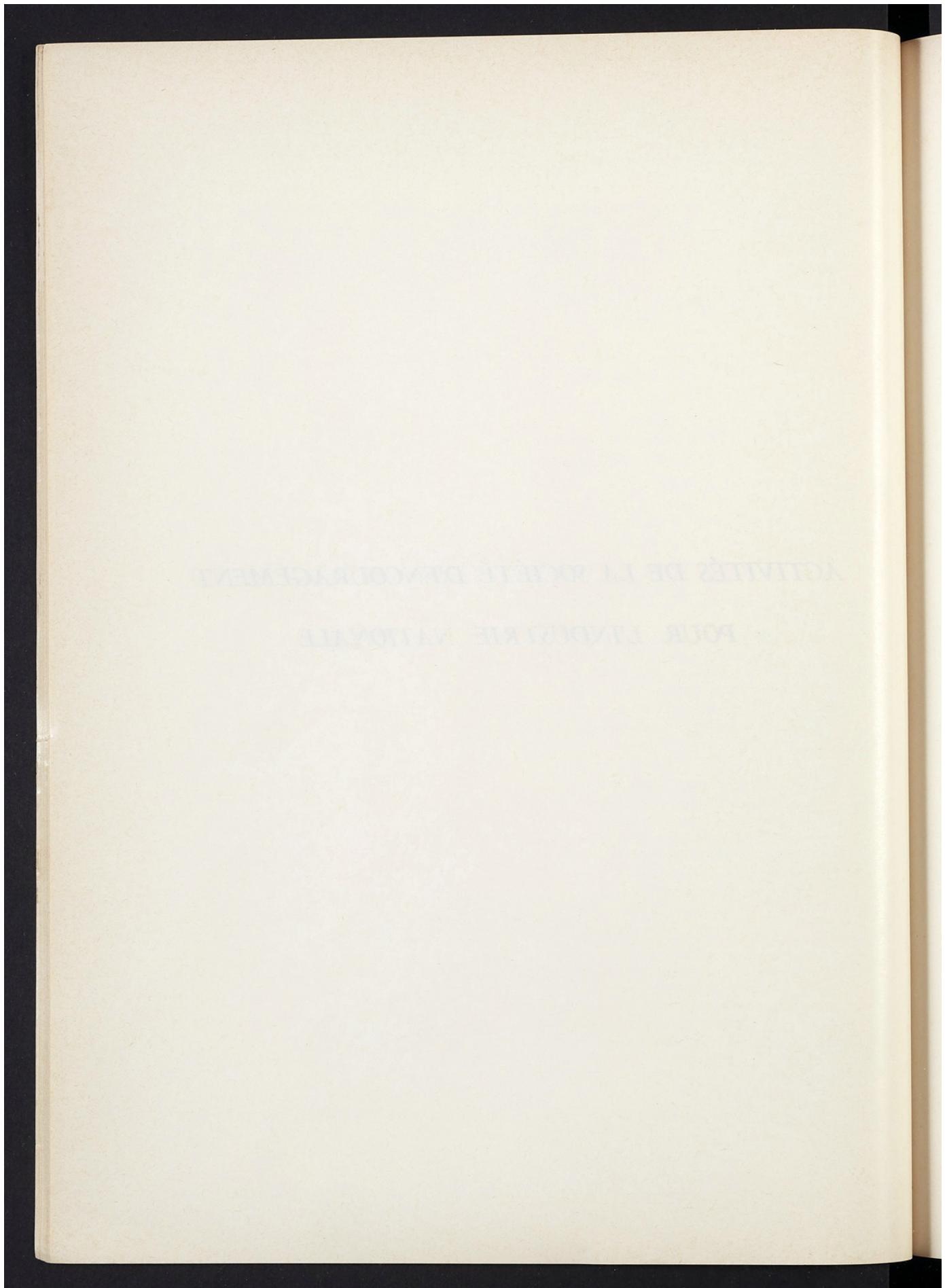
de ne pas profiter de l'occasion pour rendre hommage, Monsieur le Président, à celui qui anime le CEFRACOR, j'ai nommé, son délégué général, M. Orlowski.



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

*Rapport sur les premières médailles  
distribuées au cours de la saison du 21 septembre 1808*

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



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

*Rapports sur les prix et médailles  
décernés au cours de la séance du 21 septembre 1968*

*Distinctions exceptionnelles*

GRANDE MEDAILLE ANNUELLE DE LA SOCIETE D'ENCOURAGEMENT

*Rapport présenté par M. Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution de la Grande Médaille annuelle de la Société d'Encouragement à M. Ivan Peychès, pour l'ensemble de ses travaux en recherche pure et appliquée, et en particulier pour la contribution extrêmement importante qu'il a apportée aux techniques du verre.*

M. Ivan Peychès est né le 2 février 1906 à Libourne où il a fait toutes ses études primaires et secondaires.

Reçu à l'agrégation des Sciences physiques à Bordeaux en 1930, il effectue un stage d'un an (1931-1932) comme boursier de thèse à Strasbourg au Laboratoire des hautes températures (Professeur Ribaud), puis, comme boursier de la Caisse nationale des sciences, il poursuit sa thèse sous la direction du Professeur Eugène Darmois, thèse soutenue en 1936.

Dans sa thèse, I. Peychès prolonge les théories de Debye sur les électrolytes forts par une étude expérimentale de l'action des divers cations sur les propriétés spécifiques d'un anion déterminé.

En 1937, la Compagnie de Saint-Go-

bain, attirée par la double formation de I. Peychès dans le domaine des hautes températures et dans celui de la conductibilité électrolytique, lui confie une importante étude sur la fusion électrique du verre par effet Joule et lui offre la direction de son laboratoire d'essais thermiques où il restera de 1937 à 1944, présence coupée par deux années de guerre (1939-1941).

Le plein succès qu'il rencontre dans les problèmes de fusion électrique amène la direction de Saint-Gobain à lui confier en 1944 la direction des Recherches des Glacières de Saint-Gobain et, en 1957, celle de l'ensemble des Services de Recherches de cette Compagnie.

Depuis le début de sa carrière industrielle, il n'a cessé de développer son

activité vers la recherche dans l'industrie du verre, créant en particulier en 1949 un très beau laboratoire qui, actuellement, compte 600 travailleurs, dont 120 ingénieurs de recherches parmi lesquels une quinzaine de Docteurs ès Sciences.

Dans ce laboratoire, un cinquième du potentiel de recherches est consacré aux études fondamentales. Pour les dix dernières années, cette activité s'est traduite par deux cents publications dont 36 communications à l'Académie des Sciences. Ces recherches ont porté sur la structure moléculaire des corps à l'état vitreux, sur les propriétés d'une telle structure du point de vue optique et rhéologique, enfin sur les défauts dans ces structures entraînant des propriétés électroniques des verres (luminescence, effet laser).

En dehors de cette recherche fondamentale, M. I. Peychès a apporté une contribution extrêmement importante à la technologie du verre : fusion électrique, transfert de chaleur et effet de brassage thermique dans les fours, etc. La technique de la fibre de verre lui doit également un apport capital et, peut-être plus encore, la création — pour la première fois au monde — d'une chaîne continue et entièrement automatique de fabrication de la glace.

Il a pris 46 brevets, et ses procédés, dans le domaine des procédés de fibrage, ont fait que la Société Saint-Gobain est l'une des rares à avoir une balance positive en ce qui concerne les licences.

Dans toute sa carrière, M. I. Peychès n'a cessé d'œuvrer pour la liaison science - industrie. Membre de plusieurs commissions du C.N.R.S., il préside la sous-commission « Recherches » du Comité français d'électrothermie. Il a reçu de nombreuses distinctions de Sociétés savantes françaises et étrangères, notamment la Médaille d'or de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, la Médaille Lebeau de la Commission des hautes températures du C.N.R.S., la plus haute distinction décernée par l'American Ceramic Society et le titre de *Fellow* de la Society of Glass Technology. Il représente la France au Bureau exécutif de l'International Commission on Glass.

Par sa formation scientifique première : Agrégation, Doctorat et par les succès obtenus dans la recherche pure et appliquée relative aux techniques verreries, par son activité et son dynamisme, M. I. Peychès est digne de recevoir la Grande Médaille de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

#### GRANDE MEDAILLE MICHEL PERRET

*Rapport présenté par M. Pommier, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution de la Grande Médaille Michel Perret à la Société Huré, pour la place particulièrement importante qu'elle occupe sur le marché mondial, dans la fabrication des divers types de fraiseuses, en raison de la remarquable qualité de sa production.*

La S.A. Huré, dont M. Gilbert Huré est aujourd'hui Président-Directeur Général, vient de la fusion réalisée en 1967 de la Société Léon Huré et des Etablissements P. Huré.

M. Gilbert Huré était, avant cette fusion, Président-Directeur Général de la Société Léon Huré qui avait été créée

en 1928 par son père, et où il occupa les fonctions de Directeur, Directeur-Général adjoint, avant de devenir Président-Directeur Général.

Sous sa direction personnelle, grâce en grande partie à son dynamisme et à sa puissance de travail remarquables, grâce aussi au concours d'une équipe de colla-

borateurs de qualité dont M. Gilbert Huré a su s'entourer, la Société Léon Huré a connu, depuis la fin de la dernière guerre, un développement extrêmement spectaculaire qui l'amena au tout premier rang des constructeurs français de machines à fraiser.

Les effectifs de la Société étaient passés de 34 personnes en 1943 à 750 à la fin de l'année 1966, pour atteindre 1.100 personnes depuis la récente fusion.

Les ateliers d'origine, à Malakoff, ne représentaient pendant la guerre qu'une superficie de 1.500 mètres carrés. Ils se développèrent rapidement, d'abord rue de Ridder à Paris, puis, devenant rapidement insuffisants, furent transférés dans la banlieue sud de Paris, à Bagneux, où la Société tout entière se transporta en 1962. L'unité de production ultra-moderne est l'une des plus remarquables de la profession. Cependant, devant le développement des activités de la Société, les prévisions les plus optimistes furent rapidement dépassées et M. Gilbert Huré envisagea de nouvelles extensions dans le Loir-et-Cher, à Onzain, où il a créé depuis le début de 1965 un « Centre d'Etude de Fraisage » qui constitue une expérience unique en France, et peut-être même dans le monde, et où des stagiaires français et étrangers viennent perfectionner leurs connaissances pratiques dans le domaine des applications, extrêmement étendues, au fraisage.

La gamme de fabrication, partant à l'origine de deux modèles de fraiseuses, couvre pratiquement tous les types et modèles de fraiseuses utilisées dans l'industrie : fraiseuses à console, fraiseuse

à banc fixe, fraiseuses d'outillage, de production, à reproduire, fraiseuses de très grande capacité.

Plusieurs modèles de la gamme de fabrication sont fournis avec équipement de commande numérique.

Le chiffre d'affaires s'était accru dans des proportions considérables, doublant au cours des six dernières années précédant la fusion et plaçant la Société Léon Huré dans le peloton de tête des constructeurs français de machines-outils, avec une exportation ayant atteint jusqu'à 45 % du chiffre d'affaires.

C'est alors qu'en avril 1967 intervenait la fusion avec une autre Société fabriquant des machines-outils, les Etablissements P. Huré. Il s'agissait là d'une opération particulièrement souhaitable puisqu'elle réunissait deux entreprises portant le même nom et fabriquant les mêmes matériels.

Maintenant, M. Gilbert Huré, Président-Directeur Général de Huré S.A., est donc à la tête d'une entreprise spécialisée dans la fabrication de fraiseuses, dont les effectifs (plus de 1.100 personnes) doivent, selon les objectifs prévus, atteindre 2.000 personnes dans quelques années et qui dispose dans tous les pays industrialisés de solides réseaux commerciaux, appuyés sur des références de tout premier plan dans toutes les industries étrangères de pointe.

Ainsi donc, autant par sa taille que par la qualité de ses fabrications, il est possible d'affirmer que M. Gilbert Huré a placé sa Société aux tous premiers rangs des constructeurs de fraiseuses du monde entier.

## MEDAILLE OPPENHEIM

*Rapport présenté par M. l'Ingénieur Général Henri de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Oppenheim à M. Gérard Faure, pour les remarquables contributions qui lui sont dues dans le domaine de l'analyse expérimentale des contraintes.*

M. Gérard Faure, né à Bordeaux en 1903, a obtenu en 1926 le diplôme d'Ingénieur E.S.M.E. Sa carrière dans les Services de l'Aéronautique a débuté en 1928. Elle peut être divisée en deux étapes principales : de 1931 à 1946, M. Faure est Chef de Travaux titulaire à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique, puis, de 1946 à 1968, année où il atteindra la limite d'âge, il dirige les laboratoires d'extensométrie et de photoélasticité de l'Office National d'Etudes et des Recherches Aérospatiales.

C'est cette seconde étape qui a plus particulièrement retenu l'attention du Comité des Arts Mécaniques. Elle a en effet fourni à M. Faure l'occasion de fort intéressantes contributions à l'analyse expérimentale des contraintes sous ses divers aspects.

En matière de photoélasticité, la première en date de ces contributions a été, de 1945 à 1948, la réalisation d'un banc de photoélasticité très lumineux et à grand champ, facilitant pour les laboratoires industriels l'application de cette technique aux problèmes à deux dimensions. Mais, depuis 1965, M. Faure a fait œuvre plus originale encore dans le domaine de la photoélasticité tridimensionnelle : en collaboration avec M. Nicolas, il est en effet l'auteur d'une part d'un procédé de figeage des contraintes à température ambiante, d'autre part d'une technique de produc-

tion de très gros blocs homogènes de résine photoélastique.

En matière d'extensométrie, M. Faure s'est intéressé dès 1946 à la technique auxiliaire des vernis craquelants et l'a rendue accessible à l'industrie aéronautique française. Depuis la même époque, il a largement contribué à vulgariser en France l'utilisation des jauge à fil résistant, en s'attachant personnellement à l'étude des cas d'emploi les plus délicats, comme les mesures sur machines tournantes (ventilateurs de 15 m de diamètre de Modane) ou à haute température. Ayant accepté la charge de présider la Commission d'Extensométrie du Groupe pour l'Avancement des Méthodes d'Analyse des Contraintes (G.A.M.A.C.), il a notamment, à la demande du Laboratoire National d'Essais, organisé en 1965 et 1966 des Journées d'Extensométrie Pratique, qui, ayant rassemblé un grand nombre d'auditeurs, ont depuis lors inspiré de multiples imitateurs en dehors de Paris. Au cours de la Seconde Conférence Internationale d'Analyse des Contraintes tenue à Paris en avril 1962, il avait d'ailleurs exercé avec distinction les fonctions de rapporteur pour les mémoires consacrés à l'extensométrie.

Par cette fructueuse activité poursuivie plus de vingt ans durant dans le domaine de l'analyse expérimentale des contraintes, M. Faure a bien mérité la Médaille Oppenheim que la Société d'Encouragement lui a décernée cette année.

## MEDAILLE DUMAS

*Rapport présenté par M. Bergeron, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution d'une Médaille Dumas à M. Marcel Buchler, pour l'ensemble de sa carrière.*

Né le 20 mars 1902 à Labroque (Bas-Rhin), Marcel Buchler est l'aîné de quatre enfants.

Son père, en butte aux Autorités allemandes, à cause de ses sentiments francophiles, abandonne en 1909 son commerce, se réfugie en Lorraine, malade et sans ressources, et meurt en 1911.

En 1914, dès la déclaration de guerre, la maison des Buchler se trouve entre les lignes ennemis.

La famille se replie dans un dénuement complet à Remiremont.

En 1915, à 13 ans, Marcel Buchler se met au travail et s'embauche comme manœuvre sur un chantier de construction.

En 1917, il entre aux Ateliers de Mécanique Beha : s'entraîne au métier d'ajusteur. La guerre terminée, il obtient son C.A.P. d'ajusteur et suit les cours du soir de mécanique et d'électricité.

En 1923, après son service militaire, il est promu chef monteur de la section pompes aux Ateliers des Vosges, qui avait repris la Société Beha. Continuant sa formation, il se perfectionne dans la fabrication des pompes en particulier, et assure les essais en plate-forme des pompes spéciales.

En 1928, les Ateliers des Vosges, cessant leurs activités, la branche pompes est reprise par les Fonderies Gourdin à Chartres. Cette Société, au courant des qualités et des capacités de M. Buchler, le fait venir à Chartres pour suivre la fabrication, en tant que contremaître, à la section pompes.

En 1932, il est promu Chef de l'atelier mécanique (90 ouvriers).

Il est amené alors à installer et à organiser dans son atelier de nouvelles fabri-

cations, dont certaines pour la défense nationale.

Pour cette raison, il est affecté spécial sur place. En juin 1940, il exécute l'ordre d'évacuation du matériel, des archives et du personnel, mais revient le 26 juin pour constater les dommages et assurer le rassemblement progressif du personnel.

La Direction de la Société lui demande alors d'assumer l'intérim de la direction de l'usine avec toutes les difficultés qu'un tel poste comporte sous le contrôle des Allemands. Il arrive cependant à recréer un potentiel de travail et d'emploi, sans pour autant travailler pour l'occupant malgré les inquisitions de ce dernier.

Accessoirement, il y a lieu de signaler qu'après les bombardements du 14 et du 15 juin 1944, l'usine des eaux de Chartres ayant été gravement touchée et la population étant privée d'eau, M. Buchler, ayant réuni une équipe d'ouvriers de l'usine, réalise en vingt-quatre heures une installation provisoire, raison pour laquelle la Ville de Chartres lui décerne la Médaille de la Libération.

En 1945, M. Buchler est nommé Directeur de l'usine de Chartres des Fonderies Gourdin (240 salariés), poste qu'il occupe jusqu'à sa mise à la retraite fin 1967.

Sous sa Direction, cet établissement n'a cessé de développer et diversifier ses productions avec un succès continu. Cette usine n'a jamais eu à prononcer aucun licenciement ni même une réduction d'horaire.

M. Buchler a participé personnellement à la conception de la mise au point et à la production de plusieurs brevets.

Ainsi, malgré tous ses handicaps initiaux et l'interruption de ses études, M. Buchler, à force de travail, d'intelligence, de conscience et de courage, a franchi toutes les étapes, d'aide-terrass-

sier à Directeur d'une Usine moderne de fonderie et de mécanique, donnant ainsi l'exemple d'une promotion sociale exceptionnelle, due exclusivement à ses qualités morales et professionnelles.

#### MEDAILLE DUMAS

*Rapport présenté par M. l'Ingénieur Général Marchal, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution d'une Médaille Dumas à M. Albert Rousseau, pour l'ensemble de sa carrière.*

La carrière de M. Rousseau débute le 1<sup>er</sup> septembre 1919 à l'âge de 13 ans.

Il est embauché comme apprenti mécanicien dans l'entreprise Boudier, à Angers, qui assure notamment la réparation des moteurs rotatifs Clerget.

A l'issue de son service militaire, effectué dans l'aviation, M. Rousseau, ajusteur chez Gaumont, participe à la fabrication du premier appareil de cinéma parlant (en collaboration directe avec M. Gaumont).

Peu après, au service de la Société Industrielle des Téléphones, M. Rousseau voit démarrer l'automatique avec le montage des premiers centraux.

Vers la fin de la grande crise économique, M. Rousseau décide de tenter sa chance dans l'Aéronautique. Il est embauché comme ouvrier d'Etat, dépendant du Ministère de l'Air, en qualité d'ajusteur de précision « metteur au point d'aéronefs ».

C'est en 1937 que j'ai fait la connaissance de M. Rousseau lorsque j'ai pris par intérim la direction du laboratoire-atelier de moteurs à huile lourde du Ministère de l'Air.

Il s'agissait de mettre au point le moteur d'aviation à huile lourde Clerget 14 F de 500 CV 14 cyl. créé par M. Cler-

get. M. Rousseau s'est, dès le début, manifesté comme un mécanicien de la plus grande habileté, aux conseils toujours judicieux. C'est pourquoi, lorsque j'ai été amené en 1940 à continuer clandestinement ces sortes de travaux sous l'occupation, en créant sous l'égide du Ministère de l'Air une organisation qui prit le nom de Groupe d'Etude de Moteurs à Huile Lourde (G.E.H.L.), j'ai donné à M. Rousseau la responsabilité de l'atelier en le faisant nommer chef d'équipe en 1941. Pendant cette même période, M. Rousseau a jeté les bases d'un atelier de prototypes destiné à construire des moteurs d'avions et il a, sur mes ordres, mené à bien en 1944 une mission de récupération de machines-outils qui a permis de ramener d'Allemagne 70 machines — dont une machine à pointer — et de constituer le premier équipement de l'usine de Suresnes où était implanté depuis la Libération le G.E.H.L. qui devait être adjoint à la S.N.E.C.M.A. au moment où j'en devenais le Directeur Technique.

Dans cette même usine, M. Rousseau s'est trouvé associé aux premières réalisations mondiales permettant le freinage à terre et en vol des avions à réaction par inversion du jet.

Le G.E.H.L. étant intégré à la S.N.E.C.M.A. en 1946, M. Rousseau, Agent de Maîtrise détaché du Ministère de l'Air, signe son

premier contrat de travail avec la S.N.E.C.M.A. le 1<sup>er</sup> janvier 1947. Son détachement deviendra en fait permanent par voie de prorogations successives.

La même année, M. Rousseau est nommé Chef d'Atelier Principal. Il dirige la section de l'Atelier d'Etudes de Suresnes (mécanique, puis mécanique plus chaudronnerie), tâche dans laquelle il fait montre de remarquables compétences.

L'importance croissante des responsabilités qui lui sont confiées justifie sa promotion au rang de Chef de Service (1<sup>er</sup> janvier 1956).

Les années passent, marquées entre autres par l'étude et la réalisation à Suresnes du *Coléoptère* et l'étude du prototype *Atar 9 K*.

L'ensemble des ateliers prototypes de Suresnes, Kellermann et Billancourt de la S.N.E.C.M.A. sont placés sous l'autorité de M. Rousseau, promu le 1<sup>er</sup> juin 1962 chef du département « Fabrication Prototypes ».

Enfin, dans un passé plus proche, M. Rousseau est chargé d'assurer, en outre, la direction de l'atelier expérimental, dont la construction est décidée à Villaroche où l'ensemble du département « Fabrications Prototypes » se trouve regroupé à partir de 1965. A ce

moment, M. Rousseau exerce son autorité sur un millier de personnes environ.

Depuis cette date, sous son autorité, diverses réalisations ont été menées à bien :

- Structure arrière du « *Concorde* »
- Prototype « M. 45 »
- Compresseur « JT 9 D ».

Cette brillante carrière explique et justifie pleinement l'avancement parallèle de M. Rousseau dans la fonction publique. Le chef d'équipe professionnel de 1947 passe contremaître professionnel en 1951, technicien d'études et de fabrications en 1954, technicien chef de travaux en 1960, enfin technicien chef de travaux de classe exceptionnelle en 1966.

En résumé, M. Rousseau ayant commencé sa carrière à 13 ans a atteint le grade le plus élevé possible dans son corps d'origine, a créé un des plus importants ateliers de prototypes de France et y a réalisé des machines d'une technicité très élevée, certaines constituant même des premières mondiales. Pour toutes ces raisons, l'attribution à M. Rousseau de la Médaille Dumas sera justifiée et, en outre, honora la cette remarquable Institution destinée à reconnaître les efforts de ceux qui, sans avoir reçu une formation étendue, sont, néanmoins parvenus au sommet de la hiérarchie.

### *Médailles d'Or*

#### AGRICULTURE

*Rapport présenté par M. Vayssiére, au nom du Comité d'Agriculture, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. Yves Bétolaud, pour son action à la tête des Services de la Protection de la Nature et, notamment, pour la mise en place des parcs nationaux de la Vanoise et de Port-Cros, puis du parc national des Pyrénées occidentales.*

Yves Bétolaud, né en 1926, est actuellement Ingénieur en chef du Génie rural, des Eaux et des Forêts. Je précise toutefois qu'à l'origine il appartient au corps des ingénieurs des Eaux et Forêts. Il débuta au Maroc à la tête de la circonscription forestière de Tiznit, qu'il était chargé de créer et dont il fit un modèle du genre : délimitation de l'arganeraie de l'anti-Atlas, fixation de dunes, barrages pour alimenter les sources des palmeraies, reboisements et améliorations en zone aride, etc.

Toutefois, le Comité d'Agriculture a retenu le nom de M. Bétolaud surtout pour son action à la tête de la division de la Protection de la Nature qu'il fut appelé à organiser au Ministère de l'Agriculture. C'est à lui que revint le mérite de la mise en place des deux premiers parcs nationaux (La Vanoise et Port Cros). Il élabora un programme d'action pour l'aménagement touristique des forêts et la protection des espaces verts forestiers. En outre, il est invité à assurer la responsabilité de la protec-

tion des sols et de la forêt, notamment contre l'incendie.

Depuis janvier 1965, son service est devenu la sous-direction de l'Espace naturel qui regroupe les trois sections techniques centrales de la Protection de la Nature, des espaces verts et des équipements de protection.

Il a mis au point la création du Parc National des Pyrénées-Occidentales en 1967 et à l'étude le Parc National des Cévennes.

Nous sommes reconnaissants à M. Yves Bétolaud d'avoir montré une ténacité et une persévérance exceptionnelles dans l'accomplissement des missions dont il a été chargé, malgré toutes les difficultés qu'il a rencontrées tant localement que sur le plan administratif.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale veut marquer, par la Médaille d'Or qu'elle décerne à M. Bétolaud, le grand intérêt qu'elle a toujours porté à la protection de la nature et à l'œuvre de ceux qui s'y consacrent.

*Rapport présenté par M. Baratte, au nom du Comité d'Agriculture, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. Henri Geslin, promoteur de la bioclimatologie agricole.*

M. Geslin, licencié et Docteur ès sciences, entre à l'I.N.R.A. en décembre 1921 pour y poursuivre ses travaux jusqu'en

1966, date à laquelle il est nommé Directeur de Recherches honoraire.

Le sens de ses recherches fait qu'il

doit être considéré comme le fondateur de la bioclimatologie agricole sous sa forme moderne. Cette discipline peut être définie comme l'étude des variations des facteurs du milieu climatique dans lequel vit la plante (eau, chaleur, lumière) et de leurs relations entre eux et avec la croissance et le développement du végétal et l'évolution de la population végétale.

M. Geslin a su, avec un groupe de jeunes collaborateurs, donner une impulsion et des orientations originales à un ensemble de recherches dont on n'a compris que récemment l'importance agricole qui est considérable.

Les travaux personnels de M. Geslin et ceux qu'il a dirigés pendant plus de 40 ans ont eu de nombreuses conséquences pratiques. On peut citer notamment ceux qui concernent la croissance et le développement des céréales en fonction de la température, l'échaudage, la pritanisation, les gelées, l'évapotranspiration, les besoins en eau des cultures, les brise-vents.

Savant de réputation internationale, il a participé à de nombreux congrès ou commissions, effectué de nombreuses missions à l'étranger et joué un rôle important à l'Organisation météorologique mondiale.

Son œuvre est continuée et développée par une quinzaine de chercheurs plus jeunes qu'il a personnellement formés. Son rôle a été déterminant dans l'orientation et le développement de la recherche agronomique française. Il a d'ailleurs été appelé par l'Académie d'Agriculture de France à siéger parmi ses membres.

Il est Officier de la Légion d'honneur et Commandeur de l'Ordre national du Mérite, des Palmes académiques et du Mérite agricole.

Cette carrière exemplaire et féconde justifie à nos yeux la proposition que nous faisons de lui décerner une Médaille d'or de notre Société.

#### ARTS CHIMIQUES

*Rapport présenté par M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. Robert Lichtenberger, pour son action comme Directeur du Centre de Recherches de Lyon de la Société Ugine : perfectionnement de procédés, recherches de laboratoire et mise au point pilotes de procédés.*

M. R. Lichtenberger est né en 1916. Il a reçu son diplôme d'ingénieur à l'Ecole supérieure de Chimie de Mulhouse où son père était professeur, puis de 1939 à 1940 fut « officier chimiste » dans les ouvrages fortifiés.

De 1941 à 1943, il a préparé une thèse de Doctorat dans le domaine de la chimie organique en même temps qu'il était chef de travaux à l'Ecole supérieure de Chimie industrielle de Lyon. Puis il commença une carrière d'ingénieur à la Société industrielle des Dérivés de l'Acé-

tylène, filiale d'Ugine, qui fabriquait des solvants en Savoie.

A la Libération, une occasion unique pour un jeune ingénieur se présentait de connaître la prestigieuse industrie chimique allemande et, sous le couvert de la première A.F. puis du Gouvernement militaire, M. Lichtenberger passa deux années d'abord au Contrôle Interallié de l'I.G. Farben, puis à la BASF, comme officier de contrôle d'un des départements.

En 1948, il fut chargé par Ugine de

créer le Centre de Recherches de Lyon qui rassemblait les moyens de recherche des usines chimiques de la Société. Depuis cette date, entouré de collaborateurs de grande valeur, il y a dirigé la recherche et la mise au point de plusieurs procédés, exploités par suite à une grande échelle industrielle :

- Le fluor élémentaire et l'hexafluorure d'uranium, fabriqués maintenant à Pierrelatte ;
- Les Fluorochlorocarbures (Foranes), le Polytétrafluoréthylène, fabriqués par Ugine Kuhlmann à Pierre-Bénite. Les emplois de ces corps sont nombreux : machines frigorifiques, liquides vaporisables

et non toxiques pour création d'aérosols ;

- L'Acrylonitrile, fabriqué par Ugilor en Lorraine et près de Feyzin. Ce corps sert de base à la fabrication des polymères pour les fibres synthétiques du type Orlon, Acrylon ou Crylcor ;
- L'acide cyanhydrique, les esters acryliques, l'acrylamide, l'acroléine, etc., qui ont donné lieu eux aussi à des extrapolations industrielles uniques en France.

M. Lichtenberger a été nommé chevalier de l'Ordre du Mérite en 1961, pour la contribution de son Centre aux réalisations du Commissariat à l'Energie atomique.

#### CONSTRUCTIONS BEAUX-ARTS, ARTS ECONOMIQUES

*Rapport présenté par M. de Rouville, au nom des Comités des Constructions et Beaux-Arts et des Arts Economiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. André Thiébault, pour son rôle éminent, comme animateur du Service d'étude des autoroutes.*

Une visite récente du nouveau Service d'étude des autoroutes (près de l'Aérograge d'Orly), concurremment avec quelques articles sur le fonctionnement remarquable de ce Service, nous a révélé, à M. Majorelle comme à moi-même, qu'il y avait là matière à proposer une distinction de la Société d'Encouragement à l'égard de ce Service, singulièrement à l'égard du principal animateur de sa formation, M. Thiébault, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, qui en fut l'âme de 1959 à 1967.

Sans doute la création de ce Service remonte-t-elle à 1942, sous l'impulsion de M. Bouloche, alors Directeur des Routes au Ministère des Travaux publics (dont on n'a pas oublié la pénible fin en captivité), mesure ressortissant des manœuvres de défense contre les emprises de l'occupation allemande.

Ce Service végéta jusqu'à sa prise en main par M. Thiébault qui s'agrégua plusieurs collaborateurs éminents (1), formant avec lui une équipe très dynamique et féconde en idées novatrices.

(1) M. Thiébault nous en a donné la liste :

C'est d'abord M. Jean-Claude Leray, ancien élève de l'Ecole Polytechnique et Ingénieur des Ponts et Chaussées dont il avait rencontré le père en captivité, petite cause de hasard qui a peut-être produit de plus grands effets ;

M. Godin, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

MM. André Bonnet, Deligny, Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Ajoutons qu'au départ de M. Thiébault, promu Directeur de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, en partie pour la hauteur de ses vues prospectives, c'est M. Huet, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, auteur du pont de Tancarville, qui a pris la direction du Service d'Orly.

Le programme du Service d'études est affecté au sigle TEGI (tracés électromagnétiques en géométrie imposée) qui, même développé, serait peut-être un peu syllin et hermétique si nous ne l'éclairions par les quelques développements suivants :

La « géométrie imposée », c'est l'ensemble des paramètres ou éléments du projet, notamment ceux qui résultent du relief, de la géologie, du climat et de quelques facteurs économiques, politiques, humains, etc.

C'est un projecteur intelligent — et non encore la machine inintelligente — qui doit opérer les choix d'après les éléments, paramètres ou facteurs ci-dessus énumérés.

Plusieurs machines interviennent ensuite pour libérer les agents de la servitude des calculs ingrats, lents et coûteux par le temps à y consacrer, en opérant pour ces hommes :

— l'évaluation numérique des *terrassements* (remblais et déblais), d'après un *semis de points* représentatifs du terrain naturel par leurs coordonnées cartésiennes qui les rendent propres à être utilisés par un ordinateur ;

— les profils en long, les profils en travers ;

— la *mise en perspective mécanique* de tronçons d'autoroutes d'après la succession des profils en travers où l'on voit défiler, comme un film, ce que verra l'automobiliste utilisant l'autoroute.

C'est la partie la plus spectaculaire de l'élaboration d'un projet ; elle permet de corriger *in fine* ce qui peut choquer dans la perception des courbes et contre-courbes, talus et alternances des rampes et pentes.

Tout cet ensemble, très schématiquement résumé, où ses auteurs distinguent huit « suites » et onze « programmes », permet également l'étude des autoroutes urbaines, des échangeurs à niveaux différents, et même d'autres types de voies,

tels que routes ordinaires, chemins de fer, canaux, aérodromes, oléoducs, carrières, etc.

Les ponts courants sur autoroutes ont été, dès l'origine, établis de même façon, en série, ainsi que leur note de calcul, par les premières machines rassemblées.

C'est même par là que l'idée de l'automatisation est entrée dans le Service des autoroutes, quand on y fut frappé par la lenteur et la lourdeur de ces opérations répétées et analogues, portant sur de multiples ouvrages, qui exigeaient chaque fois des semaines de calcul fastidieux ; une machine s'en tirait beaucoup plus élégamment ; ce furent d'abord les ponts en béton armé, puis les ponts en béton précontraint, les ponts métalliques.

Il a fallu d'ailleurs former en premier lieu un technicien (M. Leray) à la pratique des machines IBM, par un stage de trois mois en Amérique.

Si les Etats-Unis ont devancé le Service français en quelque chose, ce fut seulement par l'application des ordinateurs au calcul des terrassements, mais sans aller au-delà.

Notre pays peut donc être regardé comme initiateur de l'enchaînement des méthodes et des diverses opérations précitées. Et il a pu, assez tôt, centraliser les études d'autoroutes, d'abord dispersées dans des dizaines de départements travaillant séparément et sans grandes vues d'ensemble.

L'amour-propre régional n'a heureusement pas opposé de résistance à cette concentration des pensées, des hommes et des moyens près de la capitale, grâce à l'esprit d'équipe et de camaraderie animant des ingénieurs issus d'un même corps ou de mêmes écoles, collaboration qui n'a pas existé au même degré dans les pays voisins, ni aux E.U.A., où l'autonomie d'Etats, de provinces, de comtés, etc., la multiplicité des bureaux d'étude à ménager, n'ont pas encore permis les mêmes résultats et les mêmes

possibilités en matière de production de projets.

\*\*

Sans doute faut-il éviter de confondre la vitesse de réalisation des autoroutes elles-mêmes, dont la lenteur du rythme défraie la chronique de la circulation, et celle, toute récente, de leur mise en forme sur le papier.

Il y a là tout l'abîme qui sépare le gros effort financier exigé pour chaque kilomètre de voie et l'ordre de grandeur, beaucoup plus modeste, de l'élaboration de projets finis, laquelle gagne d'ailleurs à porter sur d'assez grandes sections pour amortir le capital investi dans les machines et l'installation.

L'automobiliste ne voit évidemment que la longueur totalisée des voies qu'on lui ouvre et il tendrait à méconnaître l'effort d'intelligence qui préside aujourd'hui à leurs tracés ; ceux qui le déplorent ne sont pas responsables des impératifs financiers de leurs réalisations sur le terrain.

Tout en souhaitant que ces deux éléments, études et exécution, se rapprochent dans leurs réalisations respectives, soulignons que le Service d'Orly, ses Ingénieurs et ses machines, permettent déjà d'exécuter en quatre minutes ce qui exigeait quatre semaines avec les procédés classiques.

On voit l'économie en hommes qui peut en résulter ; et également l'économie en argent, car on a pu dire que les prix d'une étude se trouvaient réduits dans la proportion de 5 à 1.

\*\*

Subsidiairement, tout un programme de liaison avec les Services régionaux et de décentralisation partielle de certains éléments d'études tirera le maximum d'effet utile de la dualité inévitable d'une pensée centrale et des membres réunissant les données locales.

\*\*

C'est cette réalisation française, susceptible d'ailleurs de faire valoir et de répandre en d'autres pays un exemple de l'esprit de création d'un homme bien entouré par son équipe de techniciens, qu'au titre du Comité des arts économiques et du Comité des Constructions et Beaux-Arts de la Société d'Encouragement, nous proposons de primer en la personne du principal animateur de ce Service spécial des autoroutes et de ses méthodes de programmation par l'électronique :

M. André Thiébault, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

#### ARTS ECONOMIQUES

*Rapport présenté par M. Carrière, au nom du Comité des Arts Economiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à la Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne, pour sa contribution à la rénovation économique et à l'aménagement du territoire de cette région.*

Notre Société a considéré qu'un hommage à l'œuvre de cette Compagnie s'imposait d'autant plus que celle-ci n'est pas assez connue du grand public, et pourtant, il s'agit de la restauration d'une région du territoire national dont

la situation appelait d'urgents remèdes.

\*\*

Aux termes de ses statuts (janvier 1959), la Compagnie a pour objet :

*« L'aménagement agricole des coteaux de Gascogne, notamment en vue de sa mise en valeur par l'irrigation et l'alimentation en eau pour usages domestiques et industriels ». En tant que Société d'Economie mixte, elle peut en outre être chargée par le Ministre compétent de toutes actions concourant à l'aménagement agricole de la région. Nous donnerons plus loin quelques éléments mettant en évidence la pauvreté de la région considérée ; dans ces conditions, la Compagnie ne pouvait raisonnablement limiter ses objectifs à des aménagements hydrauliques sous leur seul aspect technique, mais elle devait toujours penser « aménagement du Territoire ».*

En effet, par exemple, la création de plans d'eau par barrages et lacs collinaires sont de nature à favoriser le développement du tourisme, source de revenus que cette région appelle de tous ses vœux, conjointement à son développement agricole, objet principal d'activité de la Compagnie.

\*\*

Le 14 avril 1960, celle-ci recevait par décret une concession pour la construction et l'exploitation d'un certain nombre d'ouvrages hydrauliques.

Elle prenait ainsi la suite de l'Institution interdépartementale pour l'irrigation des coteaux de Gascogne qui avait sommairement équipé en réseaux de distribution par ruissellement une surface d'environ 3.000 hectares situés sur le pourtour du plateau de Lannemezan.

La Compagnie qui a été substituée à l'Institution interdépartementale a abandonné le système de l'irrigation par ruissellement et tous les réseaux qu'elle a construits sont des réseaux sous pression par aspersion.

Les surfaces équipées au début de l'été 1968 atteignaient : 26.800 hectares ; elle poursuit la réalisation de son programme.

\*\*

La région considérée est pauvre, en déséquilibre par rapport à la croissance des secteurs voisins.

Les précipitations sont irrégulières d'une année à l'autre, quoique l'été soit généralement marqué par une période plus ou moins longue de sécheresse accentuée. De plus, les eaux de fonte de neige des Pyrénées contournent la Gascogne, si bien que les affluents de la Garonne ne sont alimentés naturellement que par les pluies et sont pratiquement à sec du début juillet jusqu'au milieu d'octobre. La Gascogne étant un pays au relief essentiellement varié (succession de vallées et de coteaux aux pentes plus ou moins accentuées), il n'est guère facile de faire de l'irrigation par les moyens anciens procédant uniquement par ruissellement.

\*\*

Voici quelques chiffres caractérisant la pauvreté de la région :

Le département du Gers, qui représente plus de la moitié du périmètre d'action de la Compagnie, figurait dans les statistiques de l'I.N.S.E.E., en 1960, pour les chiffres suivants :

- Consommation d'énergie électrique par habitant et par an : 227 kWh (moyenne pour la France : 1.442 kWh).
- Produit de tous les impôts par habitant = trois fois moins que la moyenne en France.

*Gers France*

|   |         |         |
|---|---------|---------|
| — Revenu moyen par hectare de culture ..... | 580 F   | 1.100 F |
| — Revenu par habitant actif agricole .....  | 5.000 F | 7.100 F |

La pauvreté de cette agriculture entraîne, en fait, la pauvreté de toute la région, car les possibilités d'industrialisation sont, pour le moment, très limitées.

Le journal « Le Monde » avait intitulé une étude sur la Gascogne : « Le Gers : un département en pénitence ». Appellation caractéristique bien justifiée.

Les travaux d'aménagement hydrauliques effectués par la Compagnie ont pour but de s'assurer la maîtrise de l'eau, de permettre l'intensification culturelle sur les sols les plus favorables et l'ouverture de l'éventail des possibilités de productions.

En même temps, les terres les moins riches, soit par la nature des sols, soit en raison de leurs pentes, feront peu à peu l'objet de systèmes de cultures extensifs, comportant un accroissement des forêts et des paturages.

L'établissement des projets d'exécution des réseaux d'irrigation fut précédé d'études agropédagogiques détaillées, ayant pour but de déterminer avec autant d'exactitude que possible les besoins en eau, les caractéristiques hydrodynamiques des sols et la répartition des bornes d'irrigation.

\*\*

Les eaux des Pyrénées sont normalement drainées par la Neste qui se jette dans la Garonne, à Montréjeau, après avoir contourné le plateau de Lannemezan.

Dès 1860, un canal de dérivation, long de 27 km, permettait d'amener une partie des eaux de la Neste sur le plateau de Lannemezan et de les répartir entre les différents affluents de la Garonne. Ce canal, qui appartient à l'Etat, a été agrandi, sa capacité de transport portée aux environs de 18 m<sup>3</sup> à la seconde et un accord passé entre l'Industrie et l'Agriculture met à la disposition de cette dernière, à partir de barrages de haute montagne gérés par Electricité de France, un volume annuel de 48.000.000 de mètres cubes.

Le débit supplémentaire ainsi disponible est, soit réparti dans des canaux circulant sur des crêtes entre les vallées et

permettant gravitairement la desserte de réseaux sous pression, soit rejeté dans les rivières affluents de la Garonne d'où il est ensuite pompé pour alimenter également des réseaux sous pression.

D'autre part, la Garonne permet de desservir, par une série de stations de pompage, la plaine alluviale et les terrasses.

Mais ceci est loin de suffire : dans les nombreuses zones inaccessibles par gravité par la Garonne ou par ses affluents, les vallées secondaires sont desservies par stockage des eaux au moyen de lacs collinaires, les eaux provenant, soit du ruissellement, soit des Pyrénées par le canal de la Neste pendant l'hiver.

La Compagnie ne s'est pas bornée à des aménagements hydrauliques :

— Elle a assuré la location simple et la location-vente du matériel d'irrigation de surface, nécessaire à l'utilisation des réseaux d'irrigation sous pression.

— Elle a constitué des groupements dits « de vulgarisation », pour conseiller les agriculteurs sur l'utilisation de l'eau fournie.

— Elle a contribué à la constitution de groupements de producteurs (bovins et porcs).

— Enfin, elle offre sa collaboration aux organismes susceptibles de concourir à l'aménagement du Territoire, notamment pour la création de centres de tourisme en connexion avec les plans d'eau.

Il s'agit, en somme, de tout un ensemble d'aménagement et d'équipement que la Compagnie poursuit avec l'appui des autorités de la région et en collaboration étroite avec les populations intéressées.

La Société d'Encouragement, qui s'intéresse particulièrement à tout ce qui touche l'expansion régionale, et qui a déjà mis à l'honneur des réalisations analogues, est heureuse de couronner cette œuvre par l'attribution d'une Médaille d'or.

*Rapport présenté par M. Majorelle, au nom du Comité des Arts Economiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. Pierre-Donatiens Cot, pour les très importants travaux qu'il a dirigés, dans le domaine des ports maritimes, dans celui des ponts et dans celui des aéroports.*

M. Pierre-Donatiens Cot, Ingénieur général des Ponts et Chaussées, a été distingué par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale pour l'ensemble des travaux et des réalisations qui ont jalonné une carrière particulièrement brillante et efficace passée au Service de la collectivité.

Après être sorti Major de sa promotion à l'Ecole des Ponts, M. Cot a débuté, dans l'Administration, au Service Central Technique du Ministère des Travaux Publics, puis à la Direction de l'Exploitation du port de Boulogne.

Après la guerre, faite comme Commandant d'une Compagnie du Génie et qui lui a valu la Croix de Guerre, il est nommé en 1946 au port du Havre en même temps qu'à l'Arrondissement maritime de Dieppe et dirige à ce dernier titre les travaux préparatoires du pont de Tancarville.

Mais sa mission principale devait s'accomplir au port du Havre que dirigeait alors l'Ingénieur Général Callet, actuellement Président du Conseil général des Ponts.

Chargé de la reconstruction de ce port, dont il faut avoir vu l'état au lendemain de la Libération pour mesurer l'ampleur et les difficultés de l'effort qui devait être accompli, il étudie un nouveau plan de masse, dirige les services financiers et réalise de très importants travaux, no-

tamment plusieurs kilomètres de quais, dont le quai le plus long du monde.

Directeur des Travaux de l'Aéroport de Paris en 1951, il est nommé en 1955 Directeur général de celui-ci.

C'est sous son autorité qu'ont été menées les études du nouvel aéroport d'Orly et exécutée sa construction.

En même temps étaient mis au programme : l'extension et la modernisation des Aéroports civils de la région parisienne — en particulier Le Bourget — et aménagé l'Héliport d'Issy.

Enfin, était décidée, sur les propositions de M. Cot l'implantation du nouvel aéroport de Paris-Nord : Roissy en France.

En 1967 M. Cot était nommé Directeur général d'Air France.

A côté de ses activités principales, M. Cot a été chargé de nombreuses missions officielles et dans les Commissions qu'il a présidées ou auxquelles il a participé, a manifesté les qualités éminentes de clarté et d'autorité qui sont les siennes.

Il sera permis au Rapporteur de rappeler que M. Pierre-Donatiens Cot, vice-président de l'A.X., a été chargé par elle, à la tête d'une Commission « ad hoc », d'une étude approfondie de la situation des Grands Corps civils de l'Etat.

## ARTS MECANIQUES

*Rapport présenté par M. l'Ingénieur Général Carougeau, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. Pierre Naslin, pour sa triple carrière d'Ingénieur, de Professeur et de Chercheur.*

Le niveau élevé atteint maintenant en France, comme dans les autres grands pays industriels, par l'Automatique et

l'Informatique, ne doit pas faire oublier que c'est seulement depuis une vingtaine d'années que ces domaines ont fait

l'objet de si larges développements. Pour la France cependant, la coupure provoquée par la guerre et l'occupation avait été la cause d'un retard considérable. C'est dans ces conditions que doivent être appréciés les travaux auxquels l'Ingénieur en Chef Naslin a consacré toute sa carrière et qui ont eu pour but de contribuer à développer entre la Mécanique d'une part, et l'Informatique et l'Automatique appuyées sur l'Electronique d'autre part, des liens qui aujourd'hui paraissent si naturels.

Rappelons d'abord un certain nombre de réalisations, des plus avancées à l'époque, pour lesquelles il a su heureusement souvent associer, sous sa direction, l'action du Laboratoire Central de l'Armement et celle de l'Industrie. En dehors de différents travaux dans le domaine de la métrologie balistique et de la photographie et de la cinématographie ultrarapides, il faut citer :

- L'application de l'électronique à l'usinage par reproduction sur machines-outils ;
- Un appareil pour la détermination des fonctions de transfert des servo-mécanismes ;
- Une première calculatrice universelle binaire.

Pour l'ensemble de ces travaux, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale attribuait à M. Naslin, en 1953, la Médaille Oppenheim.

Mais, surtout lorsqu'il s'agit de domaines de pointe, en même temps que sont entreprises les premières réalisations et en vue des développements ultérieurs, il faut aussi avoir le souci de diffuser les connaissances et de former les hommes.

Une grande partie de la carrière de M. Naslin a donc été justement consacrée à la tâche, si importante, d'enseignement et de diffusion dans les disciplines qui nous intéressent ici.

Dès 1951, paraissait un premier ouvrage sur « Les systèmes asservis », qui présentait l'ensemble des théories applicables au calcul des servo-mécanismes.

Puis, à partir de 1953, M. Naslin faisait paraître successivement plusieurs ouvrages importants, parmi lesquels il faut citer :

- « Principes des calculatrices numériques automatiques » ;
- « Circuits logiques et automatismes à séquences » ;
- « Technologie et calcul pratique des systèmes asservis » ;
- « Les régimes variables dans les systèmes linéaires et non linéaires » ;
- « Calcul symbolique et diagrammes de fluence » ;
- « Introduction à la commande optimale » .

Cette œuvre considérable a été hautement appréciée, non seulement en France, mais également à l'étranger. Certains de ces ouvrages ont été traduits en plusieurs langues (anglais, allemand, espagnol), quelques-uns même en russe, roumain, hongrois. On doit s'en féliciter, car l'on sait l'importance que présente, non seulement pour la diffusion de notre culture scientifique, mais aussi pour l'industrie nationale et la réputation de nos techniques, la publication de tels ouvrages dans les pays étrangers.

Parallèlement à cette œuvre, d'ailleurs complétée par la publication de nombreux articles et mémoires, M. Naslin a assuré la formation de nombreux ingénieurs et chercheurs, en tant que professeur et conférencier en France et à l'étranger, notamment à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Armement, à l'Ecole Supérieure d'Electricité, à l'Institut Supérieur des Matériaux et la Construction Mécanique, à l'Ecole Technique Supérieure d'Ingénieurs de Barcelone.

Cette activité si absorbante de publication et d'enseignement ne devait cependant pas empêcher M. Naslin de poursuivre des recherches d'un haut niveau sur les servo-mécanismes. En 1960, il proposait un nouveau critère d'asservissement des systèmes asservis linéaires. Ce critère, plus complet que celui de Routh-Hurwitz, puisqu'il permet de traiter le degré de stabilité du système, et

d'application plus simple que le critère de Nyquist, a été aussitôt apprécié des automaticiens. Le critère de Naslin est maintenant couramment appliqué en France, notamment par l'Electricité de France, de même qu'à l'étranger, et les polynomes qui caractérisent l'asservissement réglable des systèmes asservis linéaires sont dès maintenant désignés, dans la littérature consacrée à ces questions, sous le nom de polynomes de Naslin.

Ainsi s'est poursuivie une triple carrière exemplaire d'Ingénieur, de Professeur, de Chercheur, au cours de laquelle l'Ingénieur en Chef Naslin a eu le mérite de faire bénéficier les Arts Mécaniques des progrès accomplis dans d'autres disciplines.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a voulu récompenser l'ensemble de cette œuvre par l'attribution d'une Médaille d'or.

#### ARTS PHYSIQUES

*Rapport présenté par M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution d'une Médaille d'or à M. André Guinier, pour l'ensemble de ses travaux qui sont, à la fois, de haute portée scientifique fondamentale et d'une incontestable utilité pour les industries chimiques et métallurgiques.*

André Guinier est né à Nancy en 1911. En 1930 il est élève à l'Ecole Normale Supérieure.

En 1930, Agrégé des sciences physiques.

En 1939, Docteur ès sciences physiques.

En 1940 il est Chef du Service du Laboratoire d'Essai du Conservatoire National des Arts et Métiers.

En 1944 Directeur adjoint de ce Laboratoire.

En 1946 Collaborateur scientifique à l'ONERA.

En 1949 Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris.

En 1950 Chargé de cours au Conservatoire National des Arts et Métiers.

En 1954 Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

En 1958 Titulaire de la chaire de Physique des Solides à Orsay.

En 1966 Directeur du Laboratoire de Physique des Solides d'Orsay.

Il a enseigné à l'Université de l'Illinois et à Harvard University, puis à Ameri-

can University au Caire et au Cours Panaméricain de Métallurgie nucléaire à Buenos Aires.

Il a été vice-président de la Société française de Métallurgie en 1951 ; en 1960, Président de la Société française de Minéralogie et Cristallographie ; en 1962, Président de la Société française de Physique.

Il est lauréat du Prix Ancel de la Société française de Physique en 1939, du Prix Louis Robin de notre Société en 1943, de la médaille Rosenhaim de l'Institut of Metals en 1951, du Prix Vernon Boys de la Physical Society de Londres en 1948, du Grand Prix des Sciences Mathématiques et Physiques de l'Académie des Sciences en 1966.

Le Professeur André Guinier a passé toute sa carrière scientifique à l'étude de la physique du solide et, plus particulièrement, des métaux. A cet effet, il utilise essentiellement la diffraction des rayons X. Il est l'auteur de plus de 160 comptes rendus à l'Académie des Sciences et Mémoires scientifiques, tous de très haute valeur et est l'auteur de six ouvrages d'enseignement, tout à fait remarquables.

Ses découvertes scientifiques et les méthodes d'investigation qu'il a mises au point sont en usage dans tous les laboratoires de métallurgie du monde entier et lui assurent une renommée universelle.

La *Chambre de Guinier* qui intercale un monochromateur à cristal courbe entre la source de rayons X et la chambre de diffraction, le tout sous vide, lui permet d'obtenir une finesse de focalisation et de résolution inconnue avant lui. Il en a tiré un très grand parti.

Il précise ainsi les variétés allotropiques des silicates de calcium des ciments ; il précise les écarts à la stoechiométrie de nombreux composés. Toujours grâce à la pureté des diagrammes de diffraction qu'il obtient, il peut observer la diffusion en dehors des réflexions de Bragg et qui est due aux atomes hors de leur position idéale.

La diffusion des rayons X aux petits angles, c'est-à-dire au voisinage immédiat du rayon primaire, et causée par des particules très fines, a été soumise à l'étude quantitative de l'intensité diffusée en fonction de l'angle. La loi de Guinier permet d'en déduire le rayon de giration des particules. Il l'a appliquée aux molécules d'ovalbumine et d'hémoglobine. Cette technique est devenue courante en biologie et en chimie macromoléculaire.

Dans les solutions solides métalliques sursaturées, le trouble d'homogénéité en amas plans qui précède la formation de précipités a été découvert par Guinier et est désigné : « zones de Guinier-Preston ». Découvertes par Guinier dans les alliages Al-Cu, il les a retrouvées dans de nombreux autres alliages. Ce phénomène de pré précipitation se trouve aussi dans les aciers à durcissement structural, qui prennent chaque jour une importance croissante pour les industries de pointe.

Guinier a aussi montré l'existence de structure à l'état d'ordre partiel dans les alliages, ce qui est aussi fondamental.

Il a aussi étudié les défauts dans les cristaux : qu'il s'agisse de défauts naturels ou de défauts créés par irradiation. C'est ainsi qu'en irradiant LiF par des neutrons, il a découvert une structure très particulière, un rassemblement d'atomes de lithium en zones planes de un ou deux plans atomiques parallèles. Il est remarquable d'obtenir ainsi un état métallique plan, noyé dans un milieu isolant. Ces travaux remarquables sont le fruit de toute une équipe dirigée par André Guinier. Ils mettent en jeu les méthodes les plus modernes de la physique des métaux et nécessitent le concours de l'irradiation neutronique, de la diffraction X, de la résonance magnétique et de l'analyse thermique.

Guinier a établi le principe de la microsonde électronique : sous l'incidence d'un rayonnement électronique ponctuel, l'échantillon émet un rayonnement X qui est analysé. Il a guidé R. Castaing tout au long de la réalisation de la première microsonde Castaing-ONERA. Cet appareil est actuellement universellement utilisé en métallurgie, pour analyser chimiquement les constituants mineurs finement dispersés dans les alliages, pour mesurer les hétérogénéités dendritiques de solidification, pour mesurer les hétérogénéités dues à la diffusion dans les solutions solides métalliques lors de la précipitation ou de la mise en solution d'un constituant micrographique.

Tout ceci vous montre que les travaux d'André Guinier sont à la fois de la plus haute portée scientifique fondamentale et, en même temps, tous d'un large secours pour les industries chimiques et métallurgiques.

Aussi, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a-t-elle décerné sa Médaille d'or à André Guinier pour l'ensemble de ses travaux.

## Médailles et prix spéciaux

### PRIX THENARD

*Rapport présenté par M. Baratte, au nom du Comité d'Agriculture, sur l'attribution du Prix Thénard à la Fédération nationale des Coopératives d'Utilisation de Matériel agricole (C.U.M.A.), pour l'action exercée par celles-ci en vue de la modernisation de l'Agriculture.*

La Fédération nationale des Coopératives d'Utilisation de Matériel agricole (C.U.M.A.) est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'en rappeler ici la structure. Mais il ne nous semble pas inutile de souligner le rôle considérable joué par cet organisme dans la modernisation et, en particulier, dans la mécanisation de l'Agriculture française.

En effet, la motorisation ne peut se concevoir qu'avec l'utilisation de matériels puissants, complexes, perfectionnés et par conséquent coûteux. Or, le nombre d'heures restreint d'utilisation de cet équipement dans de nombreuses exploitations agricoles, telles que celles connues sous le vocable d'exploitations familiales, ne peut permettre un amortissement raisonnable de ces matériels. Trop souvent, au début de la motorisation agricole, on avait pensé que des

petites machines pourraient équiper des petites exploitations, ce qui est une lourde erreur car bien des travaux ne peuvent être menés à bien sans faire appel à des matériels suffisamment puissants.

L'utilisation en commun, par l'intermédiaire des C.U.M.A. permet à tous les agriculteurs, quelle que soit l'importance de leur exploitation, de bénéficier des progrès actuels du machinisme sans pour autant déséquilibrer des budgets déjà si fragiles.

C'est pourquoi nous ne devons pas méconnaître l'importance du rôle joué par les C.U.M.A. dans la modernisation de notre agriculture depuis déjà bien des années.

A ce titre, nous proposons que le Prix Thenard soit attribué à la Fédération nationale des C.U.M.A.

### PRIX PARMENTIER

*Rapport présenté par M. le Vétérinaire Général Guillot, au nom du Comité d'Agriculture, sur l'attribution du Prix Parmentier à M. André Gac, pour ses travaux sur la conservation des denrées par le froid.*

Né à Strasbourg le 23 février 1924, André Gac est diplômé Ingénieur agronome en 1945, puis Ingénieur du Génie rural en 1947 et la même année Ingénieur frigoriste, après avoir suivi l'enseignement de l'Institut du Froid industriel, où je pus personnellement apprécier ses qualités au cours des travaux pratiques suivis dans mon ancien laboratoire de l'Inspection technique des Substances.

A sa sortie de l'Ecole Nationale du Génie rural, il est affecté au C.N.R.S. jusqu'en 1952, puis à la Section technique centrale du Froid du Ministère de l'Agriculture. Depuis 1956, il est Chef de la Section du Froid et des Industries agricoles du C.E.R.A.F.E.R. (Centre national d'Etudes techniques et de Recherches technologiques pour l'Agriculture, les Forêts et l'Équipement rural), après avoir brillamment obtenu en Sorbonne

le grade de Docteur-Ingénieur, avec une thèse intitulée « Contribution à l'étude de l'influence de l'humidité relative et de la vitesse de circulation de l'air sur le comportement des fruits cueillis ».

Depuis quinze ans, M. Gac — promu Ingénieur en Chef du Génie rural, des Eaux et des Forêts, le 1<sup>er</sup> janvier 1961 — a publié plus de 150 articles essentiellement consacrés à la conservation des denrées par le froid, qu'il s'agisse des denrées végétales, du lait, des viandes, des poissons... Tous sont le fruit de travaux expérimentaux poursuivis avec une autorité et une conscience dignes des meilleurs éloges. Sa valeur scientifique l'a spécialement désigné pour de fructueuses missions à Saint-Pierre-et-Miquelon (1956), en République fédérale allemande (1958), et comme conférencier à Bruxelles (1964, 1966, 1967), à Gembloux (1967), à Madrid (1964).

Ses remarquables travaux sur la « Détermination du refroidissement des denrées par réfrigération » lui ont valu le premier prix institué par l'Institut international du Froid, qui le lui remit solennellement lors du Congrès international du Froid tenu à Munich en 1962. Cet organisme l'a appelé à siéger à son Conseil scientifique et technique, en diverses commissions, lui confiant la présidence de son groupe de travail « Transport frigorifique » et la vice-présidence de sa Commission 7.

M. Gac est également un excellent Professeur dont l'enseignement est fort apprécié, à l'Institut français du Froid

industriel (Conservatoire national des Arts et Métiers), à l'Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, à l'Ecole nationale supérieure des Industries agricoles et alimentaires. Il anime, auprès de l'A.F.N.O.R., diverses commissions de travail et participe, comme Chef de délégation française, aux réunions internationales de l'I.S.O. Membre du Comité de technologie agricole de la D.G.R.S.T., il est vice-Président du groupe « Congélation ».

La confiance de ses pairs et des professionnels de l'Industrie frigorifique l'a appelé à siéger au Conseil d'Administration de l'Association française du Génie rural et de l'Association française du Froid.

Les industries agricoles et alimentaires bénéficient largement des travaux du Docteur-Ingénieur Gac, comme le prouve la nature de ceux-ci : équipement des chambres à fruits, influence des traitements subis par ceux-ci avant conservation, étude d'un navire bananier, ramassage, refroidissement et transport du lait, le froid dans l'industrie de la viande (sujet qui fit l'objet d'une très intéressante publication rédigée avec M. Zert, des plus utiles à tous les professionnels de la Boucherie et de la Charcuterie).

Officier du Mérite agricole, Chevalier du Mérite pour la Recherche et l'Invention, M. André Gac est donc pleinement qualifié pour recevoir le Prix Parmentier de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

#### MEDAILLE JOLLIVET

*Rapport présenté par M. Baratte, au nom du Comité d'Agriculture, sur l'attribution de la Médaille Jollivet à la Société Rivierre-Casalis, pour son rôle dans le développement du machinisme agricole.*

La Société Rivierre-Casalis, créée en 1886 par M. Rivierre, fabriquait à l'origine des locomobiles dans un cadre modeste. C'est en 1910 que, prenant la direction de l'affaire, M. Eric Rivierre

donne à la Maison un essor qui ne cessera de croître depuis cette époque.

Après avoir construit des presses à paille destinées aux entrepreneurs de battage qui travaillent à poste fixe, la

Société s'oriente vers la fabrication des ramasseuses-presses et, depuis quelques années, attaque avec un succès grandissant l'équipement nécessaire à la récolte du maïs. Enfin, ce constructeur ajoute également à ses fabrications celle des appareils de manutention et de séchage des grains.

L'usine, autrefois installée dans la ville et détruite au cours des bombardements de 1944, est aujourd'hui reconstruite dans la zone industrielle d'Orléans où elle occupe 75.000 m<sup>2</sup> et où elle emploie environ 1.000 personnes.

Cette entreprise, totalement française, fait preuve d'un dynamisme tout à l'honneur de l'industrie nationale de la construction des machines agricoles. A ce titre, et en hommage aux services qu'elle rend à notre agriculture, nous proposons de lui attribuer la Médaille Jollivet.

#### PRIX OSMOND

*Rapport présenté par M. Chaudron, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques, sur l'attribution du Prix Osmond à M. Gérard Pinard-Legry, pour ses travaux en matière de métallographie et d'étude de la corrosion.*

M. Gérard Pinard-Legry est ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Paris, de la promotion 1961. Après avoir obtenu son diplôme, il est entré au Centre d'Etudes de Chimie métallurgique de Vitry (C.N.R.S.) pour y préparer sa thèse de doctorat dans le service de métallographie et d'étude de la corrosion, dirigé par M. J. Montuelle.

Le sujet de recherche proposé à M. Pinard-Legry est l'étude du comportement des alliages fer-aluminium en milieu aqueux, et en particulier de leur aptitude à la passivation en milieu sulfurique.

Plus récemment M. Pinard-Legry a

étudié la corrosion d'aciers spéciaux à caractéristiques mécaniques élevées ; il a montré que par diffusion d'un dépôt électrolytique de chrome ou de nickel sur des aciers spéciaux à structure martensitique, on crée une couche austénitique inoxydable qui confère à ces aciers une bonne résistance à la corrosion et en particulier à la fragilisation par l'hydrogène.

Ces résultats très intéressants seront présentés avant la fin de l'année comme thèse de doctorat ès sciences physiques. M. Pinard-Legry mérite donc tout à fait d'être encouragé par l'attribution d'une médaille de vermeil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

#### PRIX DE LA CLASSE 51

*Rapport présenté par M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques, sur l'attribution du Prix de la Classe 51 à M. Maurice Lefebvre, pour ses travaux dans le domaine des extincteurs.*

M. Lefebvre Maurice, Frédéric, Léonard, né le 24 janvier 1905 à Paris (1<sup>er</sup>), est Ingénieur-Chimiste de l'Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse.

L'activité de M. Lefebvre a débuté en 1929 à l'Office National de Recherches à Bellevue où, pour ses travaux dans le domaine d'extincteurs et prévention d'in-

cendie, il a reçu la médaille d'Argent de l'Encouragement au Progrès. Depuis, M. Lefebvre s'est consacré à la Chimie des hydrocarbures (utilisation des schistes, synthèse Fischer-Tropsch, synthèse des alcools à partir des gaz à l'eau).

Par son travail des dix dernières

années il a largement contribué à la mise au point et à la commercialisation de la formulation aérosol en France et a pris des brevets originaux dans le domaine des extincteurs formule aérosol (Brevets n° 1.373.038 du 17 août 1964 - 85.666 du 16 août 1965 - 1.445.496 du 6 juin 1966).

#### MEDAILLE MENIER

*Rapport présenté par M. Chovin, au nom du Comité des Arts Chimiques, sur l'attribution de la Médaille Menier à M. Henri Forestier, pour ses services au Laboratoire municipal, ainsi que pour ses travaux personnels.*

J'ai l'honneur de vous proposer la candidature de M. Forestier Henri, Sous-Directeur du Laboratoire Municipal, à une médaille de vermeil, récompense qui me paraît amplement justifiée par les services qu'il rend à la Communauté.

Affecté en 1946 comme Ingénieur au Service des Explosifs du Laboratoire Municipal, sa conduite et son travail lui ont valu de gravir les échelons de la hiérarchie, étant successivement nommé Ingénieur en chef du Service des Explosifs en 1959 puis Sous-Directeur en 1965.

A ces titres il a eu à diriger une équipe d'ingénieurs intervenant, comme lui-même d'ailleurs, en tout temps et en toutes circonstances, pour effectuer des enquêtes à la suite d'incendies suspects ou d'explosions, mais plus encore pour neutraliser les engins suspects, dont certains sont susceptibles d'exploser à tout moment.

Il a contribué par ses travaux personnels à mettre au point une technique analytique extrêmement délicate et fine qui permet d'identifier les traces d'explosif susceptibles de persister sur les matériaux qui ont été au contact des engins, ce qui permet aux services de police compétents d'avoir une action beaucoup mieux éclairée, beaucoup mieux dirigée.

Cette technique analytique est d'ailleurs susceptible d'une généralisation et a fait l'objet, ce jour-même d'une communication fort intéressante au 2<sup>e</sup> Symposium sur la chromatographie sur couche mince appliquée aux aliments, organisé par la Commission Internationale des Industries agricoles.

Ses qualités d'homme ne reculant pas devant le danger et celles de chercheur méritent à mes yeux la récompense pour laquelle je le propose.

#### MEDAILLE ARMENGAUD

*Rapport présenté par M. Majorelle, au nom du Comité des Arts Economiques, sur l'attribution de la Médaille Armengaud à M. Alfred Champagnat, pour la réalisation d'un procédé de production des protéines, à partir du pétrole.*

C'est en 1967 que les premiers travaux ont été effectués à la Raffinerie de la

S.F. BP à Lavéra. A cette date, en effet, une petite équipe de recherches micro-

biologiques a été créée à l'initiative de M. Champagnat dans le but d'étudier les possibilités offertes par les micro-organismes qui métabolisent certains hydrocarbures.

L'idée essentielle qui guidait cette petite équipe de recherches était surtout la destruction des paraffines normales dans le but d'améliorer la qualité des gasoils. Ses premiers travaux ont été menés avec l'aide, sur le plan fondamental, du Pr Senez et du Dr Azoulay, appartenant tous deux au Centre National de la Recherche Scientifique à Marseille.

Ils ont rapidement montré qu'un grand nombre de micro-organismes croissent facilement aux dépens des fractions de pétrole qui leur apportent l'énergie et le carbone nécessaires. Cette croissance n'est pas désordonnée et elle se fait plus facilement sur les paraffines normales de  $C_{10}$  à  $C_{30}$  présentes dans certaines fractions du pétrole.

En 1959, M. Champagnat et son équipe commencèrent à réaliser que la reproduction prolifique de certains micro-organismes sur les hydrocarbures paraffiniques pourrait être utilisée pour la production massive de protéines.

Quelques études avaient déjà été effectuées dans ce domaine, plus particulièrement en Allemagne ; elles avaient fait l'objet de publications par Félix Just en 1951 et Hoerburger en 1955. Ces chercheurs utilisaient des fractions de paraffines de synthèse provenant du Procédé Fischer Tropsch pour la synthèse d'hydrocarbures paraffiniques à partir du charbon.

Bien que la matière première utilisée fut d'une complexité bien moins grande que celle des fractions de pétrole, Hoerburger ne croyait pas à la possibilité de développer industriellement cette méthode de fermentation à cause des volumes considérables d'oxygène nécessaires et de la difficulté de séparer les micro-organismes obtenus des hydrocarbures non métabolisés.

En 1961, aux Etats-Unis, R. L. Raymond a publié les résultats de ses travaux sur la culture de micro-organismes à partir de paraffines normales et a

confirmé les difficultés relatées par Hoerburger dont il connaissait la publication. Le but des recherches de Raymond était la production d'une levure riche en lipides. Il ne semble pas avoir mesuré, à cette époque, l'intérêt de la production de protéines.

Entre-temps, dès 1959, l'équipe de Lavéra avait commencé à étudier les conditions de culture d'une certaine souche de levure sur des paraffines normales. Les résultats furent très prometteurs et l'équipe entreprit très rapidement d'étudier les conditions de culture de la même souche sur la fraction gasoil qui contient environ 10 % de paraffines normales diluées dans un mélange d'isoparaffines, de cyclanes et d'aromatiques.

Les deux premiers brevets datent de 1960 ; la première publication est de novembre 1962. Celle-ci annonçait la construction à Lavéra d'une unité semi-industrielle, première étape sur le chemin de la construction ultérieure d'une unité industrielle destinée à fabriquer des concentrés protéiques pour l'alimentation animale et éventuellement l'alimentation humaine.

Dès la mise en route, en mars 1963, de cette unité semi-industrielle pouvant produire jusqu'à 500 kg/j de levure, des essais furent entrepris avec le concours d'un laboratoire officiel hollandais de technique nutritionnelle appelé T.N.O. Les études postérieures, contrôlées par ces essais, ont permis de faire passer petit à petit l'unité semi-industrielle d'un système de production discontinue à un système de production continue, tout en améliorant les qualités de pureté et de richesse en protéines du concentré protéique obtenu.

En novembre 1967, les résultats auxquels on était arrivé à l'échelle semi-industrielle étaient si satisfaisants que la décision fut prise par le Groupe BP d'annoncer la réalisation à Lavéra pour l'année 1970 d'une première unité industrielle capable de produire 50 T/j de concentré protéique destiné, dans une première étape, à l'alimentation du bétail.

Ainsi donc, grâce à une poignée de chercheurs animés par M. Champagnat, un procédé de production de protéines à partir du pétrole a pu être découvert puis mis au point.

Ce procédé est susceptible d'apporter une contribution immense au problème de la malnutrition dans le monde.

La population mondiale actuelle de 3,5 milliards dépassera 6,5 milliards en l'an 2000. Parallèlement, l'augmentation des besoins mondiaux en protéines sera encore plus importante car elle sera due non seulement à cette expansion démographique mais également à la nécessité d'améliorer les rations individuelles dans les pays en développement : le problème de la malnutrition est peut-être encore plus grave, en effet, que le problème de la faim. La production mondiale de protéines animales qui était de 25 millions de tonnes en 1965 (exprimée en protéines pures) devrait atteindre, selon les estimations de la F.A.O., 42 millions de tonnes en 1980 et 65 millions de tonnes en l'an 2000 si l'on veut que les humains soient alors convenablement nourris.

Les protéines du pétrole sont des protéines animales. Compte tenu des besoins en ces protéines et des possibilités de leur production par les voies traditionnelles, il est à peu près inévitable qu'il y ait un déficit de 10 millions de tonnes en 1980 et de 20 millions de tonnes en l'an 2000. Ce déficit, le pétrole peut le combler puisque les 1 milliard 500 millions de tonnes de pétrole brut annuellement produits dans le monde pourraient permettre de fabriquer environ 20 millions de tonnes de protéines si l'ensemble des distillats moyens étaient soumis à la fermentation. Cette pratique ferait consommer environ 400 millions de tonnes de paraffines présentes dans ce distillat et plus ou moins inutilisables.

Telles sont les possibilités offertes par la biosynthèse des protéines par fermenta-

tation pétrolière. Elles mesurent pleinement l'importance des travaux effectués par M. Champagnat et son équipe.

#### *Annexes*

##### CURRICULUM VITÆ

Alfred CHAMPAGNAT

né le 2 novembre 1908

Ingénieur Arts et Métiers

Ingénieur Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Strasbourg

Ingénieur Ecole Nationale Supérieure du Pétrole

1934-1940 Ingénieur de recherches à la Raffinerie de Courchelettes de la Société Française des Pétroles BP

1941-1964 Ingénieur en chef des Recherches de la Société Française des Pétroles BP

Depuis 1964, Directeur de la Société Internationale de Recherche BP

##### ACTIVITÉ DE RECHERCHES DE LA S.F. BP DANS LES DOMAINES :

Raffinage du pétrole

Lubrifiants de remplacement à partir du goudron de houille

Détergents, Matières plastiques (invention des résines phénol/Huile rouge de goudron de houille)

Catalyse hydrogénante

Réduction des pertes par évaporation

(Invention des écrans plastiques flottants)

##### BIOSYNTHÈSE DES PROTÉINES A PARTIR DU PÉTROLE

Conception initiale, direction des recherches et animation du développement

Recherches fondamentales sur la microbiologie du pétrole et l'exploitation de la biomasse obtenue par fermentation du pétrole.

## MEDAILLE ROY

*Rapport présenté par M. Soulet, au nom des Comités d'Agriculture et des Arts Économiques, sur l'attribution de la Médaille Roy à M. Bernard Hepp, pour son étude sur la Monnaie et le Crédit en Afrique noire francophone.*

Les questions monétaires et bancaires dans les Etats francophones d'Afrique tropicale et à Madagascar sont peu connues et, lorsqu'on se penche sur elles, semblent de prime abord difficiles à saisir à cause de leur complexité et de leurs fréquentes fluctuations.

En avoir fait un exposé clair et complet est le grand mérite de M. Bernard Hepp, ancien Administrateur de la France d'Outre-Mer, actuellement Inspecteur général du Crédit Lyonnais.

Sa récente étude, qu'il a su rendre aisée à lire, a le double avantage de constituer une intéressante source d'information et un outil précis de travail concernant :

- d'abord les données de base sur la monnaie et le crédit dans les trois groupes d'Etats qui ont des relations monétaires particulières avec la France (Union monétaire ouest-africaine, Zone Afrique équatoriale-Cameroun, Madagascar) ;
- puis le rôle et le fonctionnement des trois instituts d'émission (dont deux

présentent l'originalité d'être multinationaux), leur politique monétaire et leur contrôle de la distribution du crédit ;

— enfin les organismes chargés de cette distribution :

- banques de développement succédant dans chacun des Etats aux Sociétés de Crédit social et pour lesquelles le rôle d'animateur joué par la Caisse centrale de coopération économique est bien mis en vedette,
- banques commerciales, dont beaucoup sont d'anciennes succursales des grandes banques françaises transformées en sociétés de droit local.

La tâche de financement à poursuivre reste immense, mais déjà les réalisations accomplies permettent à cette belle étude de conclure avec un optimisme raisonnable :

« La machine est sur de bons rails et elle est bien partie. »

## PRIX CARRE

*Rapport présenté par M. Grandpierre, au nom du Comité des Arts Économiques, sur l'attribution du Prix Carré à M. André Decelle, pour son œuvre dans le domaine de la production et de la distribution de l'énergie électrique.*

M. André Decelle, né le 29 juillet 1910 à Blénod-les-Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle), est ancien élève de l'Ecole Polytechnique. Il en sortit dans le Corps des Ponts-et-Chaussées.

Affecté tout d'abord au service des Ponts-et-Chaussées du département des Vosges il fut, après son éviction des camps allemands en août 1940, versé au Service technique des Grands Barrages.

A ce poste, il réalisa des études et travaux importants concernant l'équipement hydroélectrique de la Dordogne, et la construction du barrage-vôûte de l'Aigle.

Ingénieur en Chef aux Ponts-et-Chaussées de la Seine dans les années qui suivirent la Libération, il fut détaché en septembre 1950 à Electricité de France pour y remplir les fonctions de Directeur de la Région d'Equipement Hydraulique.

lique Alpes III. C'est alors qu'il fut donné de concevoir et de mener à bien l'œuvre considérable que représente l'équipement hydroélectrique et agricole de la vallée de la Durance, et l'édification du barrage de Serre-Ponçon.

Appelé ensuite à la Direction d'Électricité de France, il en fut nommé Directeur général en juin 1962. Au cours des cinq années d'exercice de cette fonction il eut de nombreuses difficultés à surmonter, et s'efforça d'établir une politique nucléaire conduisant à un abaissement du prix de l'énergie.

Depuis l'expiration de son mandat de Directeur général d'Électricité de France, M. André Decelle exerce la présidence de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique, et les fonctions de Conseiller d'Etat en service extraordinaire. De plus il assume la présidence de la Commission de l'Information du Ministère de l'Équipement et du Logement, ainsi que la

vice-présidence de la Compagnie Nationale du Rhône.

Blessé et cité au cours de la campagne 1939-1940, nommé Chevalier de la Légion d'honneur en mai 1945 pour sa part très importante dans l'organisation de la Résistance de la région d'Auvergne, promu Officier de la Légion d'honneur — en 1961 — également pour services rendus à l'Armée, M. André Decelle s'est ainsi acquis de très beaux titres militaires.

L'œuvre accomplie par lui dans le domaine de la production et de la distribution de l'énergie électrique, de même que ses éminentes qualités personnelles, et son abnégation courageuse dans toutes les circonstances où le pays a fait appel à lui, méritent à M. André Decelle l'hommage de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, hommage que traduit l'attribution du Prix Carré, décerné au titre de l'année 1968.

#### PRIX LETORT

*Rapport présenté par M. l'Ingénieur Général Carougeau, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution du Prix Letort à M. Armand Le Lan, pour sa carrière consacrée au progrès des machines-outils et, notamment, pour la réalisation des tours du système « Pilote ».*

Ingénieur des Arts et Métiers, M. Le Lan a consacré sa carrière aux progrès des machines-outils et notamment des différents types de tours, dirigeant le Service des Etudes de la Société Ernault, devenue par la suite Société Ernault-Batignolles, puis Société Ernault-Somua.

On lui doit la création de nombreux modèles originaux, répondant parfaitement aux besoins des fabrications mécaniques modernes. On peut citer à ce sujet d'abord les tours d'opérations type OP, puis toute une famille remarquable de tours automatiques, bien connus sous les noms de tours « Pilote » et tours « Transpilote ».

En poursuivant ces développements, M. Le Lan a été guidé par un certain

nombre d'idées directrices, qui devaient contribuer puissamment à la promotion des méthodes modernes de tournage, faisant appel notamment à l'emploi systématique du tournage par reproduction par passes successives, à partir de gabarits multiples, pour l'ébauche comme pour la finition.

Mais l'invention la plus remarquable de M. Le Lan porte sans doute sur l'ingénieux système « Pilote », qui a caractérisé toute cette famille de tours. Ceux-ci, en effet, sont tous à commande hydraulique de l'avance. On connaît les avantages de ce système de commande au point de vue souplesse et continuité des avances, mais il présente également des inconvénients, car la régularité de

l'avance hydraulique est souvent affectée par les conditions de coupe. Dans le système « Pilote », M. Le Lan a eu l'idée d'asservir le mouvement d'avance hydraulique à la rotation d'une vis, dite vis « pilote ». Ainsi, une avance régulière est obtenue, pendant toute la course de travail de l'outil.

Les tours de la famille « Pilote » ont été et restent hautement appréciés des

utilisateurs, non seulement en France mais à l'étranger. Ils sont d'ailleurs fabriqués sous licence dans de nombreux pays étrangers et ont assuré un excellent renom à nos fabrications de machines-outils.

Pour l'ensemble de cette œuvre, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a décidé d'attribuer à M. Le Lan le Prix Letort.

#### MEDAILLE FARCOT

*Rapport présenté par M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Farcot à M. G. Coupry, pour ses Mémoires touchant divers aspects du comportement des structures d'avions.*

Suivant l'usage établi, l'Association Technique Maritime et Aéronautique a soumis à notre Société, pour la Médaille Farcot 1967, deux candidatures fort intéressantes l'une et l'autre, en plaçant en première ligne celle de M. G. Coupry, Chef de Section de recherches à l'Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales (O.N.E.R.A.).

La contribution de M. Coupry aux travaux de l'A.T.M.A. s'est traduite depuis 1957 dans quatre mémoires, touchant divers aspects du comportement des structures d'avions dans l'environnement particulier où ces structures se trouvent placées en vol.

Une des conséquences importantes de cet environnement est l'éventuelle apparition de modes vibratoires, potentiellement dangereux pour la résistance desdites structures. En 1957 (Auscultation d'une structure par percussion), M. Coupry a montré comment, renonçant à l'excitation harmonique traditionnellement employée pour la mise en évidence des modes vibratoires, on pouvait exciter ces modes par l'impulsion de fusées mises à feu pendant le vol et les analyser en faisant appel aux ressources actuellement offertes par l'électronique. Cette présentation a donné lieu à de fructueux rapprochements avec les divers procédés utilisés dans un dessein analogue par les constructeurs de navires (relevés au

lancement, essais de choc par explosion sous-marine, etc.).

Les modes vibratoires élémentaires étant connus, les calculs de flottement se fondent sur l'hypothèse que toute déformation harmonique d'un avion en vol est une combinaison linéaire d'un nombre restreint de formes de vibrations, pouvant être relevées au sol. C'est ce que M. Coupry a vérifié expérimentalement dans son mémoire de 1960 (Détermination des formes en vol d'un avion), étant toutefois entendu que les mesures ne sont bonnes que par temps calme, c'est-à-dire en l'absence de rafales liées à la turbulence atmosphérique.

Cette turbulence elle-même, M. Coupry, dans son mémoire de 1965 (La turbulence et le comportement des avions), s'attache à la caractériser, en présentant le « moule mathématique » actuellement adopté pour la représenter, ainsi que les hypothèses sur lesquelles il est construit et les vérifications auxquelles certaines de ces hypothèses se prêtent. C'est là une base nécessaire pour la prévision des effets de la turbulence sur les avions et les engins, et notamment de leur résistance à la fatigue en milieu turbulent. La vitesse de déplacement des zones de turbulence étant d'ailleurs bien moindre que celle des avions, le problème doit être considéré comme

bien distinct de celui du navire sur houle, ainsi qu'il est ressorti de la discussion.

Plus mathématique encore est le travail consacré entre-temps (1958) par M. Coupry aux « Coefficients aérodynamiques instationnaires en écoulement transsonique bidimensionnel ». Cette étude qui se propose, par une approximation du second ordre, de lever certaines difficultés rencontrées lorsque le nombre de Mach infini amont est voisin de 1, constitue, selon l'expression de M. Maurice Roy, une tentative intéressante et honnêtement exposée pour résoudre un

problème difficile, celui du perfectionnement de méthodes de calcul jusqu'alors trop sommaires.

Ce rapide inventaire suffit à montrer combien l'Association Technique Maritime et Aéronautique a été heureusement inspirée dans ses propositions de cette année pour la Médaille Farcot. Affectée au domaine des machines pour la marine et l'aviation, cette médaille ne saurait en effet trouver meilleur titulaire que M. G. Coupry, dont les beaux travaux dans le domaine aéronautique ont éveillé tant d'écho dans le domaine naval.

#### MEDAILLE RICHARD

*Rapport présenté par M. Pommier, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Richard à M. Pierre Buisson, pour les progrès qu'il a fait réaliser, dans le domaine des industries relevant de la mesure et de la métrologie.*

M. Pierre Buisson, qui est Chevalier de la Légion d'honneur et de l'Ordre du Mérite pour la Recherche et l'Invention, est né en 1905 à Paris. Il a débuté comme téléphoniste, à 18 ans, et a fait son service militaire au 8<sup>e</sup> Génie, d'abord au Maroc, puis au Mont Valérien et au poste militaire de la Tour Eiffel, comme maître ouvrier, s'assurant ainsi une formation professionnelle de radio-électricien dans ces postes d'avant-garde où ses qualités l'avaient fait diriger.

Démobilisé, il crée une petite entreprise de fabrication d'appareils de TSF — suivant la terminologie de l'époque — puis deux ans plus tard, attiré par la mécanique et entré aux Etablissements Edgar Brandt, il devint Chef de contrôle de l'usine mécanique de précision, du boulevard Murat, où il réalisa un premier dispositif de mesure dimensionnelle en utilisant un amplificateur électrique.

Dès lors il a trouvé sa voie. Il crée en 1948 la Société E.A.M. : l'Electronique Appliquée à la Mécanique, au capital de 100.000 francs anciens, pour réaliser les premiers équipements de mesure et de

contrôle automatique « stop cote » asservissant le cycle de la machine de production à la dimension évolutive de la pièce en cours de rectification. Ses équipements de mesure et d'autocalibrage atteignent déjà en 1948 la précision du micron, puis du dixième de micron. Mais, si les fabricants d'appareils de mesure utilisent des étalons de précision au dixième de micron, ces étalons doivent être contrôlés avec une précision encore plus grande. M. Buisson est ainsi conduit à rechercher la lecture du centième de micron, ce que permettent sans doute les mesures interférométriques, mais à poste fixe par mise en œuvre de moyens importants, tandis que les équipements de M. Buisson, plus légers, mobiles, opèrent dans les conditions habituelles de l'industrie.

Allant plus loin, sur marchés de recherches accordés par la D.G.R.S.T., M. Buisson a réalisé des équipements capables du nanomètre — le millième de micron — qui, dans des séries d'essais ont accusé, par rapport à la moyenne des mesures, un écart maximum de  $\pm 3$  millimicrons. Un de ces équipe-

ments est utilisé par le Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres.

De nombreux brevets — une vingtaine — couvrent ces procédés, utilisés dans tous les pays industriels, qu'il s'agisse de travaux de laboratoire ou de production d'atelier : auto-calibrage, comparateurs, enregistreurs, machines à classer, machines à contrôler, etc.

Dès 1958, M. Pierre Buisson avait déjà obtenu l'Oscar du meilleur produit

exporté, qui est attribué sous le patronage du Ministère des Affaires économiques. Délégué général des 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> biennales de la Mécanique de haute précision (1955 et 1957), il est aussi Administrateur de l'Association française pour le Contrôle industriel de qualité.

La S.E.I.N. a tenu à souligner l'importance de son œuvre en lui attribuant la Médaille Richard, précisément destinée à récompenser les services rendus aux industries de mesure et de métrologie.

#### MEDAILLE GIFFARD

*Rapport présenté par MM. Brun et Chaffiotte, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Giffard à M. Rodolphe Herrmann, pour ses études et réalisations de moteurs dans le cadre de la Société Hispano.*

M. Rodolphe Herrmann débute ses études techniques de mécanicien dans sa Suisse natale ; puis il vint en France acquérir le diplôme d'Ingénieur de l'Ecole technique d'Aéronautique et de Construction automobile (ETACA), tout en profitant de ses vacances pour construire de ses mains une voiture automobile d'avant-garde.

Il était donc tout naturel qu'il entrât en 1930, jeune ingénieur, à la Société Hispano pour la mise au point du moteur 54 chevaux-12 cylindres qui, peu après, équipe les fameuses voitures et les autorails Michelin ainsi que, en version à plat, des chars de combat.

Chargé en 1938 du laboratoire des moteurs d'avion, il introduisit en 1940 l'injection directe sur les moteurs à essence de la marque ; replié à Hispano-Barcelone, il équipe avec ce moteur les avions Messerschmitt rénovés par l'aviation militaire espagnole.

Revenu à Bois-Colombes en 1945, il réalise le moteur diesel pour camion qui deviendra le « Pegaso » après nationalisation de l'usine de Barcelone.

Hispano-France prend alors la licence de fabrication du moteur diesel américain Hercules mais M. Herrmann, qui, en 1952, s'est vu confier le département

diesel Hispano, en transforme la chambre de combustion, ce qui provoque, en retour, une prise de licence par Hercules. Parallèlement il acquiert dans le domaine des moteurs polycombustibles la confiance de l'armée française pour laquelle Hispano réalise le moteur 700 chevaux du char AMX 30.

Ces succès valent à M. Herrmann une réputation internationale : les sociétés américaines Hercules, Chrysler et Thio-kol lui confient des études, des recherches ou des expertises relatives à leurs moteurs polycombustibles.

En 1965, la D.R.M.E. charge Hispano de réaliser un moteur diesel polycombustible, développant 50 chevaux par litre de cylindrée ; M. Herrmann met alors au point une chambre de combustion à pression constante qui permet de doubler la puissance fournie au litre de cylindrée sans augmenter la pression maximale de combustion subie par le moteur.

Le moteur diesel reprend ainsi l'initiative dans la compétition diesel-turbine.

Prenant en considération les travaux et réalisations de M. Herrmann, la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale décerne la Médaille Giffard.

## MÉDAILLE MASSION

*Rapport présenté par M. Picard, au nom du Comité des Arts Mécaniques, sur l'attribution de la Médaille Massion à M. Pierre Debos, pour les progrès qu'il a réalisés, au cours de toute sa carrière, dans le domaine des fabrications mécaniques.*

A la fin de ses études d'ingénieur à l'Ecole Nationale d'Arts et Métiers de Cluny de 1916 à 1919, Pierre Debos entre dans l'industrie en octobre 1919, méthode courante en ce temps-là pour un ingénieur débutant, comme dessinateur au Bureau d'Etudes d'outillage des Automobiles Delage, avant même de faire son service militaire. Il a 19 ans et demi.

Son service militaire achevé, il reprend place à la planche à dessin. Il a comme maître un ingénieur-mécanicien de tout premier plan, Eugène Michard, qui lui inculque les grands principes de la science de l'usinage et lui permet de développer ses qualités d'organisation, de méthode et de précision.

Tout est à faire. C'est la période de reconversion des fabrications de guerre en production automobile. Pierre Debos s'y attache avec passion. Il crée l'organisation, les normes, les standards d'outils coupants, tout en poursuivant des recherches sur le taillage et la rectification des engrenages pour en améliorer sans cesse la qualité. Il gravit rapidement les échelons de la hiérarchie : Chef du Bureau d'Etudes d'outillage, Chef du Service Outilage et Mécanique générale.

Delage fermant ses portes, conséquence de la grande crise mondiale, Pierre Debos entre en 1935 aux Usines Renault comme ingénieur au Service Chronométrage. Fort de son expérience Delage, il y trouve un terrain à sa mesure pour développer ses connaissances de l'organisation et des méthodes.

De nombreuses missions à l'étranger : Etats-Unis, Allemagne, Russie soviétique, Angleterre, Japon, lui permettent d'acquérir une expérience unique de la construction mécanique et des machines-outils.

Il étudie l'implantation et met en route de nombreuses usines spécialisées, d'abord en France (Le Mans, Orléans, Cléon) : puis, la Régie Renault étendant ses productions à l'étranger : en Espagne, Brésil, Argentine, Italie. A chaque sortie de nouveaux modèles, il a la responsabilité de la définition, puis du lancement et de la mise en place des moyens de fabrication.

Parallèlement, il monte dans la hiérarchie très rapidement, pour, 5 ans avant l'âge de la retraite, aboutir, en 1960, à la Direction générale des Fabrications.

Pendant toute sa carrière de mécanicien, Pierre Debos n'a cessé de lutter pour, parallèlement, améliorer la précision des fabrications et diminuer les prix de revient par un progrès continu des méthodes et des moyens d'usinage. Mais il a aussi cherché à diffuser ses connaissances par de nombreuses conférences dans presque tous les pays industrialisés, des Etats-Unis à l'URSS, d'Argentine au Japon.

Nul n'est plus digne que lui de la Médaille Massion de notre Société. M. Debos nous a d'ailleurs fait une magistrale conférence, il y a quelques mois.

## PRIX MELSENS

*Rapport présenté par M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution du Prix Melsens à M. Guy Henry, pour son apport personnel dans le développement de techniques variées, aux multiples applications en métallographie et dans les industries métallurgiques et mécaniques.*

Guy Henry, né en 1927 à Saint-Eloï, entre au Laboratoire du Professeur Chevenard à Imphy à l'âge de 14 ans. De 1942 à 1952 il suit par correspondance les cours de l'Ecole des Travaux Publics, de 1952 à 1957 il suit les cours du C.N.A.M. dont il obtient le diplôme d'Ingénieur en 1957. En 1952 il entre à l'I.R.S.I.D., en 1956 il est nommé Ingénieur. Depuis 1962 il est chargé de la section de microscopie électronique. En 1967 il est nommé Chef de Service.

A l'I.R.S.I.D. Guy Henry a travaillé sur le microscope électronique avec toute une équipe de chercheurs dont Crussard et Plateau.

Guy Henry a mis au point et développé de nombreuses techniques de répliques avec extraction qui sont devenues d'un usage très général dans les différents Laboratoires. Nous citons en particulier les extractions attaque *in situ* des précipités dans le film de carbone, les répliques de carbone décollées dans le brome éthanol, les répliques non destructives en deux temps nickel-carbone.

Guy Henry a utilisé la méthode potentiocinétique d'attaque électrolytique pour différencier les phases d'un alliage, pour réaliser l'extraction sélective des précipités sur réplique. Ces répliques lui ont permis l'étude complète des constituants extraits par les trois méthodes électroniques de la microscopie, de la diffraction et de la micro-analyse à la sonde Castaing.

Ces techniques ont été utilisées par Guy Henry à l'étude de nombreux problèmes concernant les uns les précipités indésirables, tels que ceux qui dans les aciers austénitiques inoxydables provoquent la fragilité et la corrosion intergranulaires ; les autres précipités qu'il a étudiés sont ceux qui sont recherchés dans le durcissement structural pour renforcer la ténacité des aciers.

C'est ainsi que dans les premières préoccupations, il étudie les précipitations intercristallines de carbure de chrome dans l'acier austénitique 18 Cr 8 Ni et il confirme les théories de P. Chevenard sur l'existence de zones marginales déchromées et martensitiques et sur l'évolution des carbures au cours du revenu.

En ce qui concerne les traitements durcissants, il montre le rôle essentiel des dislocations comme centre de précipitation et l'influence favorable des déformations de trempe sur la répartition de ceux-ci.

Il étudie les aciers à 30 % Ni avec titane, amenés à basse température à l'état martensitique quadratique et leur durcissement par précipitation cohérente d'un composé intermétallique.

De même, Guy Henry étudie sur les aciers inoxydables martensitiques chrome-nickel et les différents mécanismes de durcissements secondaires par précipitations soit de carbonitrures, soit de composés intermétalliques.

Toujours en microscopie électronique, l'activité de Guy Henry a couvert un domaine tout différent, celui de la microfractographie, qui bénéficie de la grande profondeur de champ du microscope électronique.

Il débute par la mise au point de la technique de réplique au carbone sur la surface de fracture. Ensuite il étudie les différents types de faciès en relations avec l'origine et les cinq mécanismes de la rupture :

- 1° rupture ductile et rôle des précipités ;
- 2° rupture fragile, étude des rivières et des macles, relaxation des contraintes en tête de fissure ;
- 3° rupture intergranulaires et rôles des ségrégations intercristallines ;

- 4° rupture par fluage, étude des cavités ;
- 5° rupture par fatigue, étude de la propagation discontinue du front de fissure.

En conclusion, Guy Henry est devenu le grand spécialiste du microscope électronique à l'I.R.S.I.D. S'il s'agit de phases dispersées, les études sont conduites en liaison avec les diffractions et la micro-analyse à la sonde électrique... Celles-ci renseignent soit sur le moyen d'éviter des fragilités et des corrossions intergra-

nulaires, soit sur le moyen d'accroître la ténacité.

S'il s'agit de microfractographie, l'étude du faciès renseigne sur le mécanisme de rupture et sur les moyens propres à améliorer la tenue en service des pièces.

Ainsi donc les techniques développées par Guy Henry sont utiles autant aux savants métallographes qu'aux Ingénieurs métallurgistes ou mécaniciens. Aussi nous sommes heureux de décerner à Guy Henry le Prix Melsens de notre Société.

#### PRIX GALITZINE

*Rapport présenté par M. Pomey, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution du Prix Galitzine à M. Jean Hérenguel, pour ses nombreux travaux, notamment dans le domaine des recherches et des applications métallurgiques.*

M. Jean Hérenguel est né à Sens en 1909. En 1929, il est Ingénieur des Ecoles supérieures d'Arts et Métiers ; en 1930, Ingénieur-Chimiste et licencié ès-sciences de Lille ; de 1930 à 1935, élève du Professeur Chaudron à Lille.

En 1935, reçu Docteur ès sciences, il entre, comme ingénieur, aux Tréfileries et Laminoirs du Havre ; en 1945, il devient Directeur des Recherches métallurgiques ; en 1960, il devient, en outre, Directeur de la Division des Etudes et Fabrications nucléaires de Tréfimétaux.

Depuis 1950, il est Professeur à l'Institut supérieur des Matériaux et de la Construction mécanique ; depuis 1957, Chargé de cours du 3<sup>e</sup> cycle à l'Institut national des Sciences et Techniques nucléaires de Saclay.

En 1961, il est Président de la Société française de Métallurgie ; en 1966, membre d'honneur de la Deutsche Gesellschaft für Metallkunde.

En 1962, il est nommé Officier de l'ordre du Mérite et de l'Invention ; en 1964, Chevalier de l'ordre des Palmes

académiques et Chevalier de la Légion d'honneur.

Il a reçu la Médaille d'or de notre Société en 1936, la Médaille Eichner de la Société française de Métallurgie en 1963, et la Médaille Sainte-Claire Deville de la même Société en 1966.

L'activité de recherches de M. Jean Hérenguel a été marquée par sa double formation : la première d'ingénieur destiné à assurer, promouvoir ou développer des fabrications industrielles, l'autre qu'il reçut pendant cinq années dans le Laboratoire du Professeur Chaudron, où il prit les disciplines de la recherche dans le domaine de la métallurgie.

Son travail de thèse a été consacré à la purification du Magnésium et du Calcium par sublimation sous vide et refusion sous Argon. Certaines propriétés véritables de ces métaux, grâce à la pureté obtenue, ont pu être précisées ou établies. Mais des conséquences industrielles importantes ont résulté de ces études, dans le domaine de la technologie de la fusion et de la coulée du Magné-

sium, pour la rendre plus sûre et plus économique. On peut citer parmi ces conséquences le développement sur des bases et par des moyens purement français du matériau créé avec le C.E.A. pour le gainage des combustibles de la filière française du type graphite-gaz U naturel, et de la production industrielle des gaines elles-mêmes.

A l'usine du Havre de la Société des Tréfileries et Laminoirs du Havre, M. J. Héringuel a poursuivi de 1936 à 1939 des études sur la fusion, la coulée, et la transformation par laminage, extrusion, étirage, etc. des alliages Aluminium-Magnésium. Ces alliages, qui devaient avoir le brillant avenir industriel que l'on connaît, venaient de voir leurs intéressantes propriétés d'usage mises en évidence précisément dans le Laboratoire du Professeur Chaudron. Mais les conditions de fabrication industrielles des alliages d'Aluminium étaient, à l'époque, très mal adaptées à ces nouveaux alliages. C'est en transposant à cette technologie les sujétions de la fonderie du Magnésium, que les difficultés ont été surmontées. De plus, M. J. Héringuel entreprend dès ce moment des études sur les conditions optimales de transformation, notamment par extrusion, assurant l'optimum d'exploitation, tant du point de vue économique que de celui des propriétés d'usage des produits obtenus.

C'est aussi en 1939 que M. J. Héringuel commence ses études sur les alliages Al-Mg-Zn, études qu'il devait poursuivre pendant une quinzaine d'années. Il met en évidence les modalités particulières d'évolution métallurgique des binaires Al-Zn (durcissement structural très rapide après trempe pour les métaux purs, décohésion intergranulaire, rôle des additions), inconnues ou très mal connues jusque-là. Fidèle à sa démarche, il développe à partir de ces études des nuances d'alliages : à très haute résistance mécanique d'une part, à résistance moyenne mais avec un compromis heureux très large de propriétés d'usage d'autre part. On peut penser que cette dernière voie, la plus importante du

point de vue économique, n'est pas encore complètement exploitée.

Vers 1937, des difficultés industrielles considérables dans l'exploitation des procédés d'oxydation anodique des matériaux à base d'Aluminium ont conduit M. J. Héringuel à rechercher la part de responsabilité du matériau et des paramètres de sa transformation. Développées à partir de 1942 par la Commission des Etats de Surface présidée à l'époque par le Professeur Portevin, ces études ont conduit finalement M. J. Héringuel à créer en France la fabrication de nuances de produits adaptés à des branches spécialisées des traitements anodiques : décoration fine, bâtiment et architecture. La mise en ordre ainsi faite a permis le véritable démarrage industriel de ces fabrications, la structuration créée dès cette époque n'ayant fait depuis que se perfectionner.

Avec ses collaborateurs, J. Héringuel aborde à partir de 1946 des études sur les effets de la déformation — importante — sur la structure et la texture des matériaux recuits. Les études sont faites surtout par métallographie, grâce aux méthodes « par figures de corrosion » que P. Lacombe venait de mettre au point au Laboratoire du Professeur Chaudron à Vitry. Les études portent aussi sur les effets du chauffage des matériaux écrouis, et la structure et les propriétés spécifiques des états « restaurés », pour l'Aluminium et ses alliages. Les conséquences industrielles ont suivi à une échelle importante, débordant évidemment le cadre de l'Aluminium : les propriétés d'usage intéressantes des états « restaurés » ont motivé leur fabrication industrielle à grande échelle. Les moyens technologiques pour ces fabrications ont résulté, pour une part importante également, de ces études.

Les structures composites du type Métal/Oxyde ( $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mg}/\text{MgO}$ ) ont été abordées en ce qui concerne leurs propriétés d'usage, et tout particulièrement leur santé (aptitude au soudage) et leur ductilité au fluage. Diverses nuan-

ces adaptées à des applications nucléaires particulières ont été dégagées de ces études, en même temps que les règles métallurgiques à suivre pour leur fabrication industrielle.

J. Hérenguel et ses collaborateurs ont également étudié les problèmes d'anisotropie des produits laminés, toujours sous les deux points de vue de l'étude pour la compréhension des mécanismes, suivie de l'application de cette compréhension aux fabrications industrielles. C'est en Fonderie, sur l'influence de la coulée semi-continue et de son refroidissement rapide, que les études ont porté en premier lieu. Les textures de recristallisation, en fonction des paramètres des recuits et des écrouissages antérieurs, ont été également étudiées. Sur ce sujet vaste et complexe, les résultats sont venus apporter une contribution très notable à toutes les études entreprises de divers côtés, ce qui a permis en définitive de dominer les difficultés industrielles que la coulée semi-continue avaient causées, en contrepartie des grands avantages évidents qu'elle procurait par ailleurs.

Les études et applications industrielles poursuivies par J. Hérenguel ont porté aussi sur un certain nombre de métaux spéciaux, intéressant en particulier le domaine nucléaire :

- Le Zirconium et ses alliages, pour lesquels entre autres l'écrouissage « à tiède », l'influence de la structure et des conditions de la transformation sur la tenue à la corrosion, ont été étudiés. Des applications importantes ont résulté de ces études, qui ont, à titre d'exemple, conduit l'équipe de J. Hérenguel à réaliser dans des conditions économiques et sûres le laminage, le chaudronnage, le soudage, etc. de ces matériaux pour les applications nucléaires. En liaison étroite avec les Services du C.E.A., les combustibles du Prototype à terre, puis ceux des Sous-Marins du programme français ont été réalisés sur la lancée de ces études.

- L'Uranium et ses alliages ont fait l'objet d'études de déformation à chaud et à froid : des applications importantes sont faites également des résultats acquis.

- Des alliages les plus variés — avec des additions de composition isotopique particulière — ont été étudiés et réalisés à la demande des neutroniciens. Certains de ces matériaux sont fabriqués sur une échelle industrielle, mais avec une précision et une rigueur de composition, de structure et de dimension qui auraient autrefois été considérées comme irréalisables ou utopiques.

Cette position a conduit la Compagnie Pechiney, lors de la fusion récemment intervenue avec la Société Tréfimétaux, à confier à cette dernière, par le canal de son Département de Recherches métallurgiques, la responsabilité des études, des fabrications et des développements de tous les Métaux spéciaux intéressant le Groupe, parmi lesquels il faut citer spécialement le Titane, le Béryllium, le Tantale, le Niobium et leurs alliages.

Les matériaux à base de cuivre ne sont pas pour autant absents des recherches et applications que dirige J. Hérenguel. Pour illustrer ce domaine, on peut citer deux réalisations les plus récentes :

- Les études sur les conducteurs à base de cuivre à haute résistance mécanique et à haute conductibilité, pour câbles avancés travaillant au-dessus de la température ordinaire.
- Les études sur un conducteur composite du type « Aluminium-Cuivre », alliant les propriétés avantageuses des deux matériaux.
- M. J. Hérenguel est l'auteur de plus de 300 publications scientifiques et techniques.

Pour l'ensemble de ces travaux, la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale décerne le Prix Galitzine à M. Jean Hérenguel.

## MÉDAILLE GAUMONT

*Rapport présenté par M. Ponte, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques, sur l'attribution de la Médaille Gaumont à M. Raymond Blanc-Brude, pour ses travaux de micro-cinématographie biologique.*

C'est une curiosité très vive pour tout ce qui touche aux problèmes de la vie qui est à l'origine des travaux de M. Blanc-Brude en microcinématographie biologique.

Il fut ainsi tout naturellement amené à mettre sa passion pour la photographie et le cinéma d'amateur au service de sa maîtrise dans l'art du micrographe.

A une époque (1948) où l'on ne disposait pas d'accessoires intermédiaires pratiques entre microscope et caméra, il fit œuvre de pionnier notamment dans le domaine des appareils de visée où il a introduit un dispositif mesurant la luminosité de l'espace-objet à travers le système optique, principe largement généralisé depuis et qui, perfectionné sans cesse, connaît le succès que l'on sait.

De 1948 à 1960, M. Blanc-Brude a réalisé, pour le compte de l'Institut de Pédagogie Nationale de la rue d'Ulm, un certain nombre de films d'enseignement et de vulgarisation. Ces films traitent

essentiellement du cycle vital de certains protozoaires :

- L'eau qui dort,
- Quelques protozoaires,
- La Paramécie,
- Quelques Flagellés symbiotiques du termite lucifuge.
- Fonctionnement des spores de Polypodium.

M. Blanc-Brude a collaboré également à la réalisation de films destinés au grand public :

- « Aux frontières de l'Homme », sur un scénario de J. Rostand.
- « Bestiaire d'amour », sur un scénario de J. Rostand.
- « Le Grand Secret », mise en scène de Gérard Calderon.

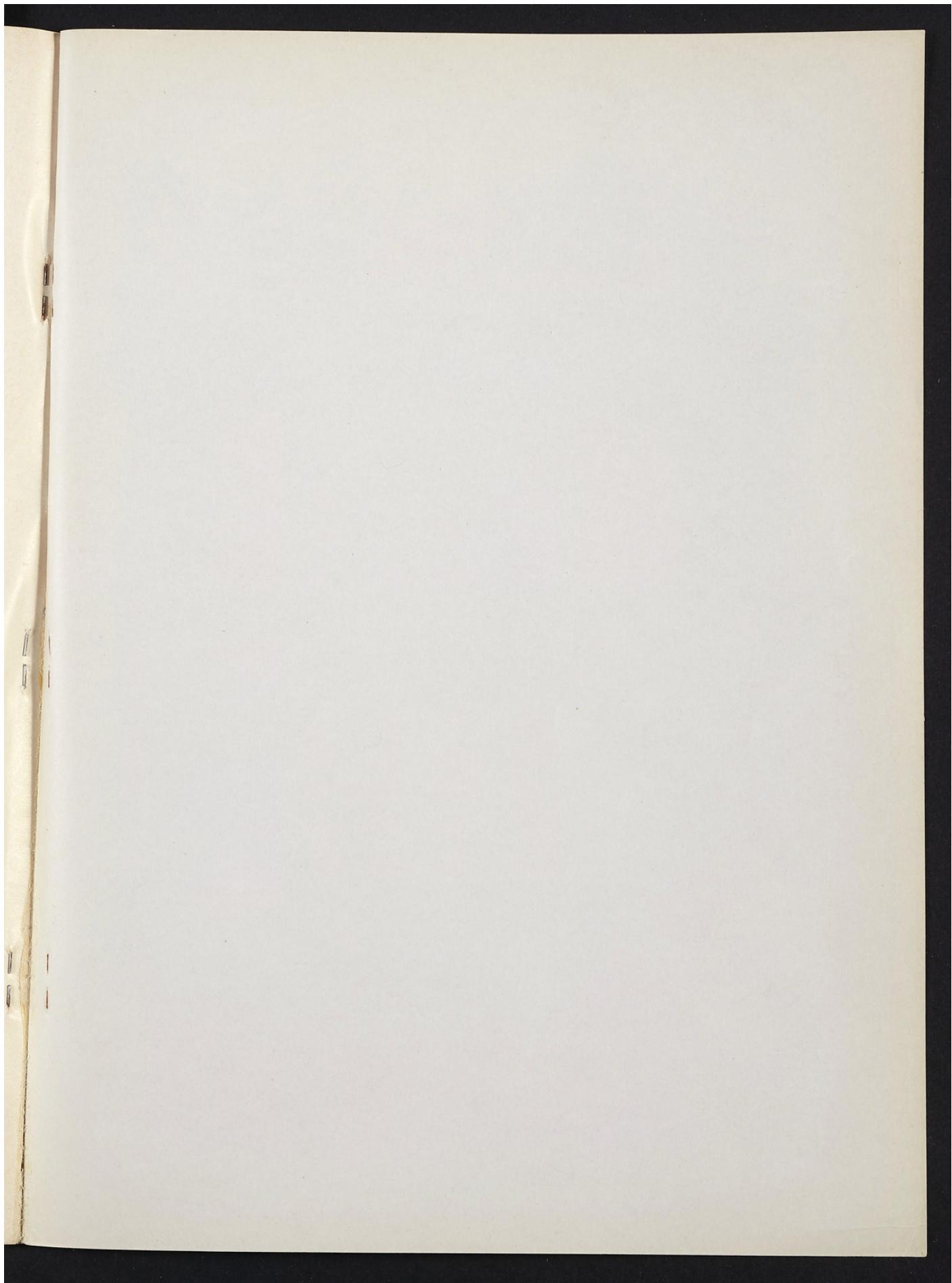
Il a en outre réalisé de courtes séquences pour la télévision américaine : « L'Hydromètre », « La Puce », etc. et pour la Shell : « Plancton et diatomées ».

---

*Le Président de la Société, Directeur de la publication : J. TRÉFOUËL, D.P. n° 1.080*

I.F.Q.A.-CAHORS. — 90.568 — Dépôt légal : I-1970





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

