

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

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

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

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1966, n° 2 (avril-juin)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1966

Collation	1 vol. (54 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	64
Cote	INDNAT (75)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.75

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*

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

Revue trimestrielle
1966 - N° 2

• •

N° 2 — AVRIL-JUIN 1966

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES (*).

- I. — **Les pollutions des océans et leurs répercussions sur les grands problèmes de la faim et de la soif dans le monde,**
par M. Maurice FONTAINE p. 1
- II. — **Quelques possibilités d'application de la spectrométrie de flamme par absorption atomique dans les contrôles industriels et notamment dans les dosages de traces d'éléments dans les gaz,**
par M. Georges THILLIEZ p. 17
- III. — **La normalisation des produits sidérurgiques dans ses rapports avec la recherche, la technique et l'économie,**
par M. Georges DELBART p. 35

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

Remise du Grand Prix Lamy à la Société des Fonderies de Pont-à-Mousson :

- I. — **Allocution inaugurale de M. Jean LECOMTE** p. 49
II. — **Rapport de M. Georges CHAUDRON** p. 50
III. — **Allocution de M. Bernard GARDAIR** p. 52

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

Publication sous la direction de M. Jean LECOMTE

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

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

Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale

fondée en 1801, reconnue d'utilité publique

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

Abonnement annuel : 28 F.

le n° : 7,50 F.

C.C.P. Paris, n° 618-48

est un peu moins vrai dans les îles tropicales où la pollution est moins importante que dans les îles tempérées, mais il existe des îles tempérées où la pollution est très importante.

Les pollutions des océans et leurs répercussions sur les grands problèmes de la faim et de la soif dans le monde

par M. MAURICE FONTAINE,

Membre de l'Académie des Sciences
Directeur de l'Institut Océanographique

Pendant des siècles, les populations côtières prélevaient, de la mer, ce qui leur paraissait utile ou agréable pour leur économie, sans méthode, sans planification, cependant que certains esprits curieux des choses de la nature cherchaient à connaître, de façon le plus souvent désintéressée, ce que recélaient les eaux marines. Mais aujourd'hui, sous la pression de l'évolution démographique et du développement industriel, tous les hommes sentent bien que l'océan est absolument indispensable à leur économie et qu'il nous faut l'exploiter rationnellement comme un agronome

qui cultive la terre et qui exploite ses champs. Or une exploitation raisonnable impose une protection. Un agronome ne permettrait pas que l'on vienne déverser des tonnes de déchets nocifs sur ses meilleures terres. La position des océanographes doit être la même car ils portent la responsabilité de conserver à l'humanité une source de richesses sans laquelle il lui serait impossible de maintenir son niveau de vie. Ils doivent même tenter d'accroître le débit de cette source par une sage exploitation, et celle-ci impose des protections variées : protections contre certaines dévastations (dévastations de

(*) Conférence prononcée le 16 décembre 1965 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

frayères, par exemple, qui se produisent au cours de certains chalutages répétés de façon abusive sur des zones de reproduction), protections contre les pollutions, et c'est de ces pollutions qu'il m'a été demandé de vous parler ce soir. Des pollutions en général, et c'est bien là que repose l'une des plus grandes difficultés de mon entreprise, car ces pollutions sont variées.

Il faut bien reconnaître cependant que cette question des pollutions marines est une question d'actualité. Pendant fort longtemps, les pollutions marines n'ont guère suscité d'intérêt, d'inquiétude. Cela paraissait si grand, la Mer ! Cependant il faut rappeler que pendant longtemps aussi le réseau hydrographique si dense de l'Europe occidentale n'a pas posé de graves problèmes : on disait le pouvoir auto-épurateur de ces eaux douces suffisant pour les préserver des déchets qui ne leur parvenaient d'ailleurs qu'en quantité limitée. Il est vrai qu'à Paris, sous Philippe Auguste, l'eau de la Seine était si claire que, du haut des ponts, les passants se distraient en regardant les poissons nager entre les pierres et les plantes vertes qui tapissaient le lit du fleuve ; et à Londres, au début du xv^e siècle, les membres du Parlement, entre deux séances, allaient pêcher le saumon dans la Tamise. Mais de proche en proche, avec la collecte des ordures ménagères, le rejet des eaux vannes, des eaux dites domestiques, avec le développement considérable des industries, nous en sommes arrivés rapidement à une situation catastrophique et chacun déplore aujourd'hui, à juste titre et pour des motifs variés, la pollution des eaux douces.

Or, plus tardivement apparues, mais s'intensifiant rapidement, de multiples manifestations de pollution océane sont

aujourd'hui assez graves pour que les océanographes aient le devoir d'exiger que des mesures efficaces soient prises contre la pollution des eaux marines. Le naturaliste doit toutefois remarquer que si l'homme est le plus grand responsable des pollutions marines, il n'est pas le seul, car il existe des pollutions spontanées qui viennent de l'océan lui-même et de ses frontières, pollutions que nous pourrons qualifier de naturelles. Un exemple particulièrement frappant en est fourni par le phénomène qui fut désigné sous l'expression « les eaux rouges ». Ce phénomène est connu depuis très longtemps, puisque les textes anciens mentionnent, parmi les fléaux bibliques fameux qu'endurèrent les Egyptiens, des périodes « où la mer devient du sang, transformation suivie d'une insupportable puanteur ». Au xv^e siècle, l'Espagnol Cabeza de Vaca, qui visita le golfe du Mexique, mentionne, parmi les appellations coutumières des saisons par ces peuples, une saison « où les poissons meurent ». Et cette observation empirique avait permis de prendre au sein de ces tribus indiennes des mesures de prudence, notamment sous la forme d'un tabou qui interdisait de se nourrir de coquillages quand l'eau devenait rouge. Les sages rappelaient qu'une tribu qui n'avait pas observé cette prescription avait été complètement décimée.

Nous savons aujourd'hui que ces eaux rouges résultent d'une prolifération massive, par un rassemblement abondant, en un certain point des eaux marines, d'organismes, en général unicellulaires, dont la densité est telle que leur pigmentation propre détermine une modification de la coloration des eaux, car, en fait, si la couleur est le plus souvent rouge ou tirant sur le rouge, elle peut varier sensiblement selon l'organisme qui en est la cause et la densité de sa population. Cette pigmentation particulière de l'eau peut s'étaler sur des superficies très variables : de quelques milles carrés à

plusieurs centaines de milles carrés, occupant parfois des anses ou des baies entières. Il arrive que ce phénomène provoque une mortalité massive des animaux marins et en particulier des poissons, mais il peut aussi avoir des incidences plus ou moins graves sur la santé de l'homme. On a depuis longtemps observé sur les côtes américaines que, lorsque des phénomènes d'eau rouge déterminent une mortalité massive de poissons, il peut apparaître parmi les personnes qui vivent au voisinage des rivages ou même en pleine mer, une affection des voies respiratoires (maux de gorge, sensations de brûlure et d'irritation dans le nez, la gorge et les bronches). Ces manifestations s'observent chez les terriens lorsque le vent souffle vers la terre et ce sont en effet, comme on a pu le montrer, de véritables aérosols d'eau rouge, formés dans les brisants des vagues, qui sont la cause de ces accidents. Plus graves sont ceux causés par la consommation de mollusques eux-mêmes contaminés et qui peuvent aller jusqu'à la mort des individus.

On connaît maintenant les organismes responsables des eaux rouges, mais on discute encore sur les facteurs de leur prolifération et de leur accumulation dans une aire donnée. Quoi qu'il en soit, certaines zones de la mer peuvent être polluées par le développement de protistes élaborant des substances toxiques pour de nombreux animaux marins, et c'est là, parmi les pollutions naturelles, un type qu'on pourrait qualifier d'autopollution ou de pollutions endogènes.

Le sous-sol marin est, lui aussi, la cause de pollutions, par exemple par les volcans sous-marins, avec leurs émissions de produits toxiques. Certaines mortalités massives observées peuvent être dues à des éruptions volcaniques sous-marines.

Sur les côtes de Californie, de Louisiane, du Texas, du Mexique, de Cuba, du Golfe Persique, des pollutions par les hydrocarbures proviennent des champs de pétrole sous-marin qui émettent des produits liquides ou gazeux. Il est difficile d'évaluer l'importance de ces pollutions, mais elle n'est sans doute pas négligeable. Ces dernières pollutions sont naturelles, mais ce sont des pollutions exogènes — comme celles qui vont maintenant retenir notre attention et dont l'homme porte une lourde responsabilité — c'est pourquoi nous les groupons sous le terme de pollutions d'origine humaine. Elles intéressent généralement des aires beaucoup plus vastes que les pollutions naturelles. Ce sont, par exemple, en haute mer aussi bien que près des rivages, les pollutions par les hydrocarbures persistants (pétrole brut, mazout, pétrole Diesel lourd, huile de graissage) et les pollutions radioactives.

La consommation des produits pétroliers s'est accrue considérablement dans ces dernières décades et le plus grand volume de ces carburants utilisés est transporté par mer. Une source importante de pollution consiste dans le rejet des eaux de lavage des citernes ayant transporté le pétrole ou le mazout. De plus, à bord des nombreux navires utilisant le mazout comme combustible, le mazout brûlé est remplacé par de l'eau qui sert de lest. Cette eau polluée est ensuite rejetée. Enfin des accidents variés sont inévitables, par exemple une détérioration des réservoirs de mazout, une rupture des pipe-lines. Il arrive aussi que des hydrocarbures soient rejetés à la mer pour alléger un navire en difficulté, qu'une erreur de manœuvre se produise, libérant des volumes impor-

tants d'hydrocarbures et c'est l'accident spectaculaire récemment observé sur les rivages de la Côte d'Azur. On a tenté d'évaluer la quantité des produits pétroliers ainsi rejetés dans les eaux océaniques ; les évaluations varient beaucoup selon les auteurs, entre 500 000 tonnes et 3 millions de tonnes par an. De toute façon, étant donné l'étalement de cette masse en une couche de très faible épaisseur, vous imaginez quelle surface considérable des océans peut être polluée, puisqu'on admet qu'une tonne couvre environ 1 200 hectares. Les produits pétroliers ne se dispersent pas facilement, mais voyagent en surface, sous l'influence des vents et des courants, sur de grandes étendues, parfois des centaines de milles. Ils peuvent s'accumuler dans certaines zones de calme et un océanographe canadien qui est allé travailler, il y a peu de temps, dans la mer des Sargasses, me disait combien la pollution par les produits pétroliers y était grave, les mailles des filets à plancton étant recouverts d'une pellicule d'hydrocarbures. Sans doute existe-t-il, dans la mer, des bactéries qui oxydent ces hydrocarbures, mais avec une intensité très variable selon les régions, et manifestement la pollution actuelle est très supérieure aux possibilités de destructions bactériennes, au moins dans de nombreuses aires de l'océan. De plus, quand se produit une prolifération massive de ces bactéries oxydantes, il peut s'en suivre une chute considérable de la teneur en O_2 et des conditions anaérobiques défavorables pour de nombreuses espèces. Mais ces hydrocarbures peuvent être néfastes directement de diverses façons et en particulier sur nos produits alimentaires d'origine marine :

a) d'abord en donnant aux ressources alimentaires tirées des océans un goût qui les rend totalement improches à la consommation. Certains coquillages peuvent vivre dans des zones fort polluées par les hydrocarbures, car ils sont très

résistants mais ils sont immangeables ; de même les poissons capturés dans ces zones polluées et halés à bord des navires au travers des nappes d'huile ;

b) ils peuvent être néfastes au rendement des pêches par leur odeur, en éloignant, par exemple, certains poissons de leur aire de reproduction, en modifiant la route suivie par certains migrateurs et donc en perturbant largement la pêche ;

c) ils peuvent être nocifs par leurs produits non solubles adsorbés sur des particules qui sont consommées par des êtres marins et aussi par certaines fractions solubles dans l'eau et hautement toxiques pour maints animaux marins, nocifs surtout pour de nombreux éléments du plancton, pour les larves et œufs de poissons.

De plus, certaines chaînes alimentaires peuvent être brisées par les hydrocarbures. Ainsi a-t-on montré qu'une Diatomée *Nitzschia*, utilisée comme nourriture par une huître, voyait sa croissance inhibée par un film d'hydrocarbures sur l'eau dans laquelle elle vit. Un autre effet de la présence de l'hydrocarbure était de stimuler la croissance de certaines bactéries qui devaient si nombreuses que les *Nitzschia* succombraient. Et c'est bien ce type de rupture dans l'équilibre biologique qui inquiète souvent les naturalistes, dans le cas de pollutions qui n'apparaissent pas immédiatement ou directement très dangereuses, car ce déséquilibre des biocoénoses se fait dans un sens qui dépend de nombreuses conditions locales et qui est généralement difficilement prévisible. On peut assez facilement déterminer le degré de toxicité d'un polluant sur tel animal d'une espèce donnée. Il est beau-

coup plus difficile de dire comment un tel polluant, à dose non létale, modifiera la composition d'une biocénose.

Je viens d'évoquer l'action nocive des hydrocarbures sur un organisme microscopique, mais tout au long de l'échelle animale, des mortalités d'animaux par hydrocarbures ont été signalées : oiseaux notamment et même phoques à fourrure. En ce qui concerne les oiseaux, ils peuvent subir de véritables hécatombes par suite d'un mécanisme qui a été en partie élucidé dans les laboratoires de l'Institut Océanographique par mon maître, le Professeur P. Portier, et par M^{le} Raffy. On sait que les oiseaux sont des homéothermes dont la température centrale est particulièrement élevée, et que c'est grâce à leur plumage que les oiseaux présentent une résistance remarquable au froid. Les physiologistes admettent que le matelas d'air emprisonné dans les plumes constitue une couche isolante qui s'oppose de la façon la plus efficace à la déperdition de la chaleur propre de l'oiseau. Or, examinons un oiseau dont les plumes, imprégnées d'hydrocarbures, sont collées les unes aux autres ; ces substances ont chassé le matelas d'air qui adhère normalement au plumage et l'oiseau ne peut plus régler convenablement sa température centrale vis-à-vis d'une eau froide, et il meurt d'hypothermie. Les expériences de Portier et Raffy sur le canard ont parfaitement démontré la validité de cette hypothèse.

Prenons un canard dont la température centrale est de 42° et maintenons-le dans de l'eau très froide (à 5°) ; sa température ne baissera pas.

Mais prenons ce même canard et imprégnons son plumage de mazout. Immergeons-le dans l'eau à 10°. Au bout

d'une demi-heure de séjour, nous le trouverons en très piteux état et sa température aura baissé de 22°.

Voilà ce qui explique que les hécatombes d'oiseaux par le mazout soient spécialement observées dans les eaux froides et pendant la mauvaise saison. Les animaux succombent alors par suite d'une disparition d'un mécanisme de la thermorégulation physique, thermorégulation physique essentielle pour le maintien de la température corporelle normale et ils meurent donc d'hypothermie. Les hydrocarbures diminuent aussi la flottabilité de l'oiseau, si bien que celui-ci doit nager de toutes ses forces pour se maintenir à la surface. C'est sans doute pourquoi les oiseaux contaminés mettent le cap sur la côte et, quand ils peuvent l'atteindre, sont si réticents à retourner à l'eau. Certainement, quand les nappes d'hydrocarbures polluent les oiseaux au large, la plupart d'entre eux coulent avant qu'ils aient pu atteindre la terre. Et il est tout à fait évident qu'en Grande-Bretagne et au Canada, certaines populations d'oiseaux ont connu une réduction sérieuse du fait de la pollution par les hydrocarbures. On estime que plusieurs centaines de milliers d'oiseaux sont tués chaque année par ce type de pollution.

Sur ces plages où l'on peut trouver, l'hiver surtout, ces spectacles de désolation, tous les touristes connaissent bien ces concrétions noires, bitumeuses, goudronneuses, résultant d'une transformation du mazout, sur lesquelles nous avons tous souillé nos vêtements ou notre peau. D'autre part, maintenant que l'on commence à comprendre la nécessité de la dessalinisation de grands volumes d'eau de mer pour satisfaire les besoins en eau des habitants de la planète, maintenant que nous avons les possibilités

techniques d'accomplir cette dessalination, la pollution par les hydrocarbures risque d'être, dans de nombreuses régions, un obstacle à cette réalisation, obstacle peut-être pas insurmontable, mais qui peut compliquer singulièrement, dans certaines régions, le problème de l'approvisionnement en eau. La pollution par les hydrocarbures revêt donc des formes très diverses, présente donc des inconvénients nombreux. Comment a-t-on tenté de les pallier ?

En créant à proximité des côtes une zone d'interdiction du rejet à la mer des produits pétroliers. Mais, en fait, cette mesure n'est qu'un pis-aller car, même si elle était suivie, ce qui n'est pas le cas, elle diminuerait peut-être la pollution côtière, mais laisserait entière la pollution océanique. D'ailleurs, il est à peu près impossible d'assurer l'observation de ce règlement. En fait, c'est l'interdiction totale du rejet qu'il faut édicter, et cette loi est d'ailleurs appliquée à tous les grands pétroliers neufs. Il existe en effet, maintenant, des systèmes séparateurs excellents pour les eaux de lest polluées et pour les eaux de lessivage des citernes, systèmes que tous les transporteurs pétroliers devraient installer à bord. Ceux-ci ne sont d'ailleurs pas seuls à polluer les océans. De nombreux autres bâtiments propulsés par moteurs Diesel, ceux des marines marchandes, des marines de guerre, les navires de pêche devraient aussi posséder de tels appareils pour épurer les eaux de lessivage de leurs soutes d'huiles combustibles, les eaux de leurs cales où stagnent des hydrocarbures provenant des fuites des machines. On doit créer, dans les ports, des installations recevant les résidus provenant, après séparation, des eaux de ballast, des eaux de cale, des vidanges, ainsi que les déchets plus ou moins visqueux, plus ou moins solides, issus des citernes des pétroliers. Il existe déjà quelques stations, dites de dégazage (nettoyage des réser-

voirs), mais qui sont insuffisamment utilisées. Sans doute peut-on espérer que ce type de pollution régressera, parce que, de plus en plus, l'usage des progrès techniques se généralisera permettant d'éviter cette pollution.

Mais un autre danger monte, résultant de l'exploitation des pétroles sous-marins. Non seulement l'installation de tels puits comporte de grands dangers sont installés, des fuites, des accidents de contamination, mais une fois qu'ils peuvent survenir, aussi bien aux têtes de puits qu'aux immenses réservoirs qui sont prévus pour stocker des quantités importantes de pétrole.

Quand se produit une telle pollution, que faire ? Bien sûr, les sels minéraux dissous dans l'eau de mer aussi bien que l'ultra-violet solaire catalysent une auto-oxydation des hydrocarbures. Les vents, les mouvements de la mer peuvent accélérer l'évaporation des fractions volatiles du mazout et le passage dans l'atmosphère, sous forme de fines gouttelettes, sous forme d'écume, d'une partie des hydrocarbures — des bactéries, comme nous l'avons vu, oxydent ces hydrocarbures —, mais la disparition spontanée d'une importante pollution peut être fort lente et ne se produire qu'après beaucoup de dégâts. Alors que faire ?

Les solutions adoptées pour faire disparaître les hydrocarbures à la surface de la mer ne sont pas elles-mêmes sans danger. On a préconisé l'incendie (mais les dangers du feu sont eux-mêmes évidents). On a répandu à la surface des eaux certains produits chimiques susceptibles d'absorber les hydrocarbures et, par suite de leur densité, de les entraîner sur le fond, notamment du quartz, du mica, des micaschistes aux-

quels on ajoute un mouillant : de la silice activée intimement mêlée aux sédiments naturels, mais ils se trouvent là en contact direct avec de nombreux organismes que nous voudrions protéger, et nous ne devons pas oublier que de nombreuses espèces (Mollusques, Holothuries, par exemple) sont arénivores.

D'ailleurs, contrairement à ce qu'on a cru d'abord, certains de ces produits ne coulent pas les hydrocarbures indéfiniment dans les sédiments ; une partie de ceux-ci se libèrent lentement pour un retour vers la surface. Couler l'huile ne décroît pas la toxicité des fractions solubles et, en fait, les met en contact plus étroit avec les organismes les plus affectés par eux. Certains solvants des hydrocarbures ont été suggérés comme un moyen de s'en débarrasser dans les aires critiques. Mais il n'est pas prouvé que ces solvants ou émulsionnateurs d'huile ne soient pas plus dangereux pour la vie marine que les hydrocarbures eux-mêmes.

De plus, l'ampleur de la surface polluée exigerait parfois des moyens dont l'importance financière dépasse les possibilités des organismes en cause. La seule solution actuellement satisfaisante est donc de réduire au maximum les déversements d'hydrocarbures, d'assurer une surveillance constante des installations pouvant présenter des fuites d'hydrocarbures ou de rechercher les dispositifs automatiques qui pourraient être adaptés à certaines installations dans le but de stopper des écoulements accidentels.

A côté de cette pollution par les hydrocarbures, il faut citer celle par les huiles de graissage usées et rejetées à la mer. Elles sont particulièrement dangereuses,

car elles ont été brûlées et contiennent, de ce fait, des cancérogènes qui s'accumulent dans certains organismes marins (Mallet et coll., notamment G. Tendron). Elles devraient être conservées dans des soutes et déchargées par la suite, afin d'être traitées dans les ports.

Une autre pollution qui nous préoccupe beaucoup est la pollution radioactive. Il est évident que le danger le plus manifeste est celui qui résulte des explosions nucléaires et thermonucléaires, et c'est pourquoi l'expérimentation dans ce domaine suscite des craintes justifiées. Si, en dépit des craintes, des réserves et des protestations qu'elles entraînent, de telles expérimentations ont lieu, je pense que c'est le devoir des scientifiques de mettre tout en œuvre pour obtenir une estimation aussi juste que possible de l'incidence de telles expérimentations sur la vie à la surface du globe et notamment sur la vie marine, avec ses retentissements inéluctables sur la vie de l'homme.

Les dangers des radionucléides sont trop connus pour que j'y insiste longuement : effets somatiques immédiats, effets létaux, c'est-à-dire la mort même des animaux lors de contaminations massives, effets sublétaux à la suite de contaminations plus ménagées — on doit remarquer que sont généralement particulièrement touchés les organes hématopoïétiques et les glandes génitales, cette dernière atteinte se traduisant souvent par une altération de la fertilité. Effets somatiques retardés (raccourcissement de la vie, affections néopla-

ques). Effets sur les équilibres biocénotiques pouvant survenir probablement pour des radioactivités encore plus faibles (un fléchissement d'une fonction, une altération d'un comportement pouvant défavoriser une espèce plus radiosensible que les autres dans la lutte pour la vie et entraîner une rupture de l'équilibre d'une biocénose marine). Effets génétiques enfin, ceux qui nous inquiètent le plus, parce qu'ils peuvent résulter d'actions cumulatives à long terme de très faibles augmentations de radioactivité et parce qu'ils menacent de façon très difficilement prévisible l'avenir de la vie à la surface de notre planète (changements dans les proportions des sexes, morts embryonnaires ou larvaires, naissance d'individus malformés, les effets génétiques peuvent être très variés). Je sais bien que l'on a coutume de dire ou d'écrire que les animaux inférieurs sont moins sensibles aux irradiations que les animaux supérieurs. La majorité de la vie dans le milieu marin est assurée par des êtres vivants dits inférieurs, hormis les cétacés et oiseaux de mer. Ceci est rassurant à première vue pour la vie marine, mais il existe de telles différences spécifiques entre des êtres vivants de niveaux à peu près comparables et un si petit nombre d'espèces marines a été étudié qu'on ne peut vraiment pas, sans quelque témérité, affirmer qu'on se trouve ici en présence d'une loi absolument générale pour les êtres marins. D'autre part, ceci est assez inquiétant en ce qui concerne les animaux comestibles, car s'ils survivent après fixation de quantités importantes de radionucléides, ils peuvent être dangereux pour le consommateur humain. Sans doute la majeure partie des produits radioactifs est-elle souvent fixée par des tissus qui ne sont pas consommés. Par exemple, le Sr₉₀ se fixe, pour une part importante, sur le squelette du poisson. Mais des recherches ont montré que, lors de la cuisson ou de la mise en conserve, une grande partie du Sr₉₀ quitte les os pour passer dans le liquide imprégnant le muscle et peut donc être

absorbée. Et le retentissement direct de telles pollutions sur les ressources alimentaires marines est évident ; après les explosions américaines dans le Pacifique, des pêches importantes de thon durent être détruites parce qu'elles apparaissaient dangereusement radioactives pour l'homme.

D'autre part, il faut souligner que les premiers stades de développement des œufs de poissons sont beaucoup plus sensibles aux radionucléides que les animaux adultes. Des chercheurs russes, au laboratoire de Sébastopol, montrent que, pour des œufs de certains Téléostéens (*Mullus*, *Crenilabrus*, *Trachurus*, *Engraulis*), le pourcentage des anomalies de développement dans une eau contenant du strontium 90 et de l'yttrium 90 s'élève quand la radioactivité atteint simplement 10^{-6} microcuries par litre et même, dans certaines expériences, 10^{-12} microcuries par litre. Cette action biologique de très faibles augmentations de radioactivité a surpris certains spécialistes des problèmes de radioactivité. En effet, si l'on estime l'irradiation à laquelle les œufs sont soumis dans cette expérience, en supposant que la concentration de Sr₉₀ est homogène dans l'œuf, on arrive à une valeur qui représente seulement le double de l'irradiation naturelle moyenne et qui est très proche de certaines irradiations évaluées d'après les radioactivités trouvées dans quelques zones de l'Océan Pacifique et de la mer d'Irlande. Toutefois ces résultats s'expliquent probablement par le fait que le Sr n'est pas uniformément réparti mais concentré au niveau de certaines structures importantes où l'irradiation est plus forte. Quoi qu'il en soit, ces résultats doivent nous inciter à la plus grande réserve en ce qui concerne le rejet des déchets radioactifs dans l'Océan.

Les expériences relatives aux conséquences génétiques des radionucléides

qui ont été effectuées sur des animaux marins sont rarissimes et ne permettent actuellement aucune conclusion valable. Les biologistes ont donc le droit d'être inquiets chaque fois qu'une explosion ou qu'un tir expérimental risque de contaminer une zone d'océan. Or ce n'est un secret pour personne que notre pays a l'intention de procéder, dans les années à venir, à une telle expérimentation dans certains îlots de Polynésie. Que font les biologistes ? Ils ont, depuis plusieurs mois déjà, sous la direction du S.M.C.B. (*) commencé une enquête sur l'état actuel de la vie marine et terrestre autour de ces îlots et sur ces îlots, jusqu'alors très mal connus — et, naturellement, des conditions de milieu qui accompagnent cette vie. Des équipes travaillent à brosser un tableau aussi exact que possible des associations végétales et animales peuplant ces zones, envisagées comme futures zones d'expérimentation nucléaire, et d'autres zones aussi comparables que possible du point de vue géographique et biologique, mais qui sont considérées comme devant être à l'abri de toute contamination. On recherche les espèces les plus intéressantes à divers points de vue (importance économique, danger pour l'homme). On établit dès à présent la radioactivité actuelle de ces espèces et de leurs supports (sable, roche), des eaux dans lesquelles elles vivent, et l'on se propose de suivre l'évolution de cette radioactivité, les modifications somatiques et les altérations génétiques éventuelles que pourrait entraîner son accroissement. Un atoll constitue un magnifique exemple de biocoenose complète, permettant en son sein un développement harmonieux de la vie végétale, animale et parfois humaine, de la vie terrestre et marine. C'est une merveilleuse machine naturelle à produire et entretenir la vie que l'ensemble atoll-êtres vivants. Une atteinte à l'un des rouages de cette machine, un désé-

quilibre introduit dans une partie de ce système biologique aura très probablement des répercussions sur l'ensemble de la vie de l'atoll. Ce sont ces modifications que nous voulons pouvoir éventuellement déceler par une étude aussi soignée avant le tir qu'après le tir. Je tiens à rendre hommage aux jeunes gens qui accomplissent ces travaux, car leur situation n'est confortable ni sur le plan matériel (ces îlots sont souvent d'accès difficile et il y a quelques semaines, alors que je me trouvais sur l'un d'entre eux, une baleinière s'est retournée sur le récif — incident qui n'est pas rare), ni sur le plan psychologique : il arrive hélas ! que ces jeunes gens reçoivent la critique de collaborer à une entreprise jugée condamnable. Mais cette entreprise, quel que soit le jugement porté sur elle par chacun d'entre nous, est prévue. Or j'estime que c'est le devoir des scientifiques, non pas de s'en laver les mains, et de laisser faire en s'imaginant qu'ils ne porteront dès lors aucune responsabilité dans cette affaire, mais bien au contraire de mettre tout en œuvre pour qu'une sonnette d'alarme soit en place, prête à traduire les inquiétudes ou les angoisses nées non pas de cogitations, mais d'observations précises faites à la suite de la première expérimentation. Je suis convaincu que si, à la suite de ces études, nous sommes conduits à dire : « Voici quelles ont été les conséquences d'une telle opération, qui apparaissent évidentes en tel ou tel point, voici quels sont ses dangers », notre position sera plus forte que si nous disons : « Voici quels sont probablement les dangers de l'opération qui a été conduite », et ainsi peut-être pourrons-nous infléchir la marche du futur. De toutes façons, je pense que c'est un devoir pour les biologistes d'être présents afin de pouvoir porter un jugement justifié sur les conséquences d'une telle opération.

(*) S.M.C.B. : Service mixte de contrôle biologique.

D'autres risques de pollution résultent du développement des industries atomiques, notamment des accidents toujours possibles qui peuvent entraîner des pollutions importantes et surtout de l'élimination des déchets. En l'état actuel de la technique, ceux-ci sont inévitables. Certaines nations rassemblent les déchets de moyenne radioactivité dans des récipients soigneusement clos et les immergent dans des fonds océaniques. De nombreux océanographes, et en particulier les océanographes français, ont toujours protesté contre une telle méthode. En effet, certains radioéléments présents dans ces déchets ont une durée de vie si longue que nous n'avons aucune garantie que les récipiens utilisés demeurent hermétiques jusqu'à ce que la radioactivité qu'ils renferment ait diminué dans des proportions qui éliminent tout danger. D'autre part, on a minimisé le danger possible de telles libérations en arguant de la lenteur des échanges entre les eaux de surface et les eaux de fond, de l'absence de courant dans ces profondeurs, de la pauvreté de la faune qui les habite, de l'absence d'échanges biologiques entre les eaux de surface et les eaux de fond. Mais les recherches actuelles ébranlent fortement ces dogmes. On sait aujourd'hui que les échanges entre eaux de surface et eaux de fond peuvent être beaucoup plus rapides qu'on ne le pensait il y a vingt ans. On sait qu'il existe des courants rapides en de nombreux points au fond des mers. On sait que des migrations verticales conduisent certains organismes vivants des couches profondes aux zones superficielles des océans — tels ces *Calanus*, petits Copépodes représentant une partie importante de l'alimentation des poissons et cétacés, et qui peuvent se déplacer de la surface à plus de 2 000 mètres.

Aussi, avec la majorité des océanographes, je ne crois pas raisonnable de déverser aveuglément, sans aucune possibilité d'intervenir ultérieurement, des

déchets dont nous ne savons ni quand ils seront libérés dans le milieu, ni par quels animaux ils seront concentrés, mais dont nous avons quelques raisons de penser qu'ils peuvent revenir plus rapidement qu'on ne le suppose vers les couches superficielles des océans, par le jeu de la chaîne alimentaire et des migrations de ses représentants notamment. Il est plus raisonnable de les entreposer à terre, en des lieux où les récipients qui les contiennent seront soumis à des forces corrosives moins dangereuses que celles existant dans les océans, où leur intégrité pourra être contrôlée et où nous pourrions intervenir si des fuites étaient décelées. C'est la solution qui a été retenue jusqu'ici en certains pays. Malheureusement, aucune réglementation, aucune police n'a pu empêcher d'autres pays d'accomplir de tels déversements dans les océans et on ne s'en est point privé.

Il existe une autre source de pollution radioactive qui consiste dans le rejet dans les fleuves et donc, par suite, dans la mer — ou directement dans la mer — des eaux faiblement polluées par leur utilisation dans les usines nucléaires et notamment dans les usines de purification des minerais radioactifs, dans celles de traitement des combustibles irradiés, dans les piles expérimentales, dans les réacteurs de puissance avec centrales nucléaires associées. Sans doute ces eaux sont-elles très faiblement radioactives, mais leur volume est important et déjà, dans une zone voisine du débouché d'une usine fonctionnant depuis plus de dix ans, en Grande-Bretagne, on a pu constater une augmentation importante de la radioactivité des sédiments, des animaux et des algues. Il faut donc déployer une vigilance extrême, bien choisir, avant l'installation de l'usine, le lieu de rejet des eaux polluées, y connaître le renouvellement des eaux, leurs destinées, l'état de la faune et de la flore dans toute l'aire qui peut être touchée par les pollutions et en suivre

attentivement les modifications de radioactivité et les fluctuations éventuelles des populations. Les atomistes français ont compris cette nécessité, et l'implantation et le fonctionnement de la nouvelle grande usine de La Hague ont été précédés de nombreuses études d'hydrodynamique, d'océanographie physique et biologique. Un laboratoire de radiobiologie marine a été édifié sur place, où il sera donc particulièrement facile de suivre immédiatement toutes les évolutions radioactives et biologiques consécutives à la mise en marche de l'usine.

Enfin, il ne faut pas omettre comme source éventuelle de pollution radioactive les multiples centrales itinérantes qui se multiplient non seulement à bord des navires de guerre, des sous-marins, mais de bien d'autres types de navires (brise-glace, baleinier, navire-usine, etc.), qui ne sont point à l'abri d'accidents faisant apparaître des risques de pollution.

Mais, si préoccupant que soit ce secteur de la pollution marine, je dois envisager maintenant les pollutions provenant du déversement des eaux résiduaires des agglomérations urbaines, des industries et de certaines exploitations agricoles, pollutions qui peuvent parvenir à l'océan soit directement dans le cas des cités ou des industries implantées sur le bord même de la mer, soit par les fleuves, dont certains sont devenus de véritables égouts à ciel ouvert ; les pollutions qui peuvent résulter de l'emploi de composés hautement toxiques pour détruire certains animaux ou végétaux. Ces divers types de pollution se sont considérablement développés

avec l'extension du tout à l'égout, avec le développement des industries, l'apparition de nouveaux produits synthétiques (tels, par exemple, les détergents qui sont à l'origine de ces mousses que nous voyons souvent flotter sur nos fleuves), avec la vogue des insecticides, herbicides et d'autres produits plus ou moins nocifs.

De nombreux travaux ont mis en évidence l'action perturbatrice de certains rejets d'eaux d'égouts domestiques sur les associations animales. Des changements qualitatifs et quantitatifs apparaissent, et tout particulièrement dans la faune benthique, à la suite de pollutions de cette nature. On a signalé souvent combien de tels déversements étaient nocifs pour les bancs d'huitres qu'ils recouvrent d'une vase collante, molle, les rendant souvent impropre à la consommation humaine ou même les tuant. En pleine eau, une concentration subitement accrue en matières organiques entraîne une chute de la teneur en oxygène des eaux et parfois des conditions anaérobiques. Aussi, quand ces déchets organiques sont déversés directement dans la mer, doit-on le faire en des points où la diffusion soit la plus rapide possible.

Sans doute, certaines eaux d'égout passent d'abord dans des bassins de décantation ou subissent même une purification plus poussée, si bien que la majeure partie des matières organiques est enlevée. De telles eaux peuvent exercer un effet favorable sur la vie marine par leur contenu en substances fertilisantes et notamment en phosphates et nitrates, si le milieu est pauvre en éléments nutritifs. Mais rejettés en trop grande quantité, ces déchets peuvent entraîner la croissance des algues à une telle vitesse que la pénétration de la lumière est réduite et que la photosynthèse dans les couches

sous-jacentes à la couche superficielle est insuffisante pour compenser la demande d'oxygène.

Des déchets industriels contenant des métaux (cuivre, mercure, plomb) sont particulièrement toxiques pour la vie marine, et, par ricochet, pour l'homme. C'est parfois l'homme, d'ailleurs, qui sert de détecteur biologique d'une pollution, étant donné l'intérêt porté à sa santé. Par exemple, au Japon, on a décrit depuis 1953, chez les pêcheurs et les consommateurs d'animaux marins de la baie de Minamata, une maladie relevant manifestement d'une atteinte du système nerveux. Elle se manifestait par une encéphalopathie diffuse, avec rétrécissement des champs visuels, ataxie, névrites périphériques. Après plusieurs années pendant lesquelles cette affection resta très mystérieuse, on découvrit qu'elle était attribuable à un composé mercuriel organique présent dans les coquillages et les poissons de cette baie. Le mercure provenait d'une usine qui utilisait le bichlorure de mercure comme agent de catalyse pour la production de chlorure de vinyle et le sulfate mercurique pour la production d'acétaldéhyde (Katsuro Irukayama, Fumiaki Kai, Motoo Fujiki et Takako Kondo).

L'effet toxique du cuivre est connu depuis longtemps et le sulfate de cuivre a même été utilisé en Floride pour lutter contre les organismes responsables des eaux rouges. L'effet néfaste sur les migrations du saumon d'une pollution cupro-zincique attribuable à une exploitation minière a été signalé récemment au Canada dans la rivière Miramichi (Sprague J. B., Elson P. F. et Saunders R. L.). Cette année même en mars, une mortalité massive, due selon toute vraisemblance au cuivre, est apparue brusquement sur certaines plages de Hollande, touchant des Pleuronectes et des

Gadidés (Rh. Th. Roskam). Le nombre de poissons morts rejetés à la côte fut estimé à cent mille environ. On se demandait à quel facteur attribuer cette hécatombe, quand on trouva, près des traces des roues d'une automobile — traces aboutissant à la plage — une poignée de cristaux de sulfate de cuivre. On procéda alors à un dosage de la teneur en Cu de l'eau de mer de ces rivages et l'on trouva la teneur énorme de 500 µg par litre, alors que la teneur normale des eaux de la mer du Nord est de l'ordre de 3 µg. Donc, très probablement, un déversement de sulfate de cuivre avait été effectué, mais dont on n'a jamais connu les motifs ni les responsables.

Les distances auxquelles ces pollutions peuvent s'étendre dans les océans sont très variables, bien entendu, selon les conditions locales d'émissions dans les eaux marines, mais on n'a pu manquer d'être surpris en constatant la présence de D.D.T. dans la chair des thons du Pacifique et — surprise plus grande encore — dans les pingouins, les phoques et les poissons de l'Antarctique (Dr. J. L. George). La pulvérisation de D.D.T. par transport aérien sur environ 2 millions d'hectares de forêts de conifères du Nouveau-Brunswick a pollué tout un réseau hydrographique important et entraîné une diminution importante des populations de saumon. Or, des quantités considérables de D.D.T. parviennent, de secteurs variés, dans l'océan. Voici pourquoi la lutte contre la pollution des océans doit comprendre la lutte contre la pollution en général, car nombreux sont les facteurs d'une pollution continentale qui, finalement, aboutissent à l'océan.

En ce qui concerne la pollution bactérienne, nous en avons de multiples témoignages. Elle est surtout manifeste dans la zone littorale, importante au

voisinage des agglomérations urbaines ou des estuaires des fleuves et les entérobactéries jouent un rôle important dans cette pollution. Mais il ne faudrait pas croire que celle-ci reste étroitement littorale : les numérasions de bactéries effectuées par Brisou et ses collaborateurs ont révélé des populations microbiennes denses, même à 30 miles marins des côtes. Ces mêmes auteurs ont trouvé les *Klebsiella*, entérobactéries présentant une valeur épidémiologique certaine, dans de nombreuses eaux de mer et même à des grandes profondeurs en Atlantique. Steiniger a retrouvé des *Salmonella* typhiques et paratyphiques en mer, fort loin des embouchures des fleuves. Si les entérobactéries jouent un rôle particulièrement important dans la pollution des eaux marines, elles sont loin d'être les seules en jeu. Des mycobactéries responsables de la tuberculose peuvent être trouvées dans les eaux marines aussi bien que des Sphérophoraceae, anaérobies agents de suppurations pulmonaires graves. Des anaérobies putrides sont fréquents, comme l'ont montré Prévost et ses collaborateurs. Sans doute certains auteurs ont-ils décrit un pouvoir autoépurateur des eaux marines, mais celui-ci est très discuté. On sait d'ailleurs que des *Salmonella* ayant séjourné plusieurs mois dans de l'eau de mer expérimentalement souillée conservent leur virulence. Il semble bien toutefois que certains représentants du phytoplancton puissent élaborer, à certaines époques de l'année, des substances antimicrobiennes, mais l'importance quantitative de l'action de ces substances vis-à-vis de la pollution bactérienne est très contestée.

Cette pollution bactérienne peut, elle aussi, comme les pollutions par hydrocarbures et radioéléments, atteindre gravement nos ressources alimentaires, les mollusques notamment, et chacun de nous connaît des exemples de véritables épidémies dues à la consommation de

fruits de mer crus. Les moules peuvent être aussi le véhicule de virus poliomycélite.

Ainsi donc, ce dernier aspect de la pollution marine que nous voulions envisager, ce soir, nous incite à souligner une fois de plus que la lutte contre la pollution des eaux marines ne peut être dissociée de celle contre la pollution des eaux douces, pollution qui peut si largement retentir sur la pollution marine.

Cette lutte est un devoir de notre temps dont l'urgence se fait chaque jour sentir davantage. Le caractère actuel de ce problème nous apparaît quand nous relisons des textes écrits par des hommes éminents, il n'y a guère plus d'une douzaine d'années. Par exemple, commençant sa lecture à la séance solennelle des Cinq Académies, le 26 octobre 1953, André Mayer s'exprimait ainsi :

« Impérieusement, inexorablement, nos besoins nous rappellent qu'après peu de minutes quand l'air nous manque, peu de jours quand c'est de l'eau, peu de semaines quand c'est la nourriture, nous sommes en danger de mort. L'air nous est donné et, là où nous avons choisi de vivre, l'eau est à portée de la main. Choisir, se procurer la nourriture est autrement difficile. »

Or le drame de notre époque est que l'eau, l'eau utilisable sans danger par tous les êtres vivants, et notamment par

l'homme, l'eau pure qui nous semblait couler à profusion à la surface du globe, cette eau n'est plus à portée de notre main. Et c'est bien un drame, car l'eau, comme l'écrivait Cl. Bernard, c'est la condition première, indispensable à toute manifestation vitale.

C'est là une vérité qu'il m'aurait paru superflu de rappeler si elle ne semblait parfois oubliée par ceux qui se donnent pour tâche de guider l'opinion publique. Dans une chronique parue cette année même en première page d'un grand quotidien, on pouvait lire ceci : « L'une des phrases les plus atroces que l'on puisse écrire est que notre corps est composé pour 71 % d'eau. Elle dit, poursuivait l'auteur, notre pauvreté, notre faiblesse et la précarité de notre destin. » Eh bien non, l'eau n'est pas indice de pauvreté, mais de richesse. Et l'homme de la rue le sait mieux que ce journaliste ; il reconnaît tout ce qu'il doit à l'eau quand, voulant représenter son extrême dénuement, il confesse qu'il est « à sec ». C'est donc bien que, pour lui, l'eau est le symbole de la richesse. De la richesse temporelle, sans doute, mais aussi de la richesse des sentiments, et si, d'un homme sensible, on évoque la sécheresse du cœur, c'est que le cœur sans eau ne serait plus qu'une pierre.

L'eau notre faiblesse ? Quelle erreur ! Les physiologistes ne peuvent douter que si, au cours de l'évolution, se sont développés des mécanismes tellement variés, complexes et précis pour assurer le maintien d'une certaine teneur en eau de l'organisme, c'est que l'eau, loin d'être notre faiblesse, est notre force. Pour s'en convaincre d'ailleurs, ne suffit-il pas d'observer ces malades ayant perdu un volume important d'eau et qui ressuscitent véritablement par injection de sérum physiologique ou même simplement par ingestion d'un volume assez important d'eau.

Il faut que tous les hommes raisonnables, conscients de la valeur de l'eau, unissent leurs efforts pour préserver cette richesse naturelle, et qu'ils sachent bien que la lutte contre la pollution ne saurait être seulement négative, faite d'interdictions et de pénalités ; elle doit être constructive. Nous ne pouvons pas, dans la conjoncture actuelle créée par nos formes de civilisation, empêcher l'exploitation du pétrole sous-marin ni l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire, mais nos efforts doivent tendre à trouver des techniques de défense et à les appliquer, même si elles sont dispendieuses.

Ces efforts, nous devrions les développer avec les hommes qui sont à l'origine de ces pollutions. Ceux-ci n'ont pas toujours eu au départ et certains d'entre eux n'ont pas encore pleine conscience de leurs responsabilités. Mais dans divers secteurs au moins, une collaboration s'est instaurée entre les pollueurs et les défenseurs de la nature, et cette collaboration, si elle n'a pas encore atteint tous ses buts, loin de là, est sans aucun doute l'une des démarches les plus aptes à nous guider vers une condition meilleure. L'acquisition, notamment, d'une technique d'épuration associant une technique de récupération rentable d'un produit commercialement recherché (par exemple, l'extraction de la vitamine B₁₂ des boues urbaines de Chicago) est l'une des méthodes les plus satisfaisantes. Malheureusement, de telles solutions sont rares et celles que nous entrevoyons sont souvent très coûteuses et jugées incompatibles avec les possibilités des organismes privés ou d'Etat, c'est-à-dire, en dernier ressort avec nos possibilités. Peut-être, dans certains cas, cette position est-elle justifiée, mais souvent aussi cette opinion prévaut parce que nos économistes n'attachent pas une valeur suffisante à la condition des milieux naturels où nous pouvons sainement vivre. C'est alors que nous avons, nous biologistes, une action

psychologique à mener. Nos économistes semblent avoir pour objectif majeur l'élévation du niveau de vie des Français. Je suis bien d'accord avec eux, mais non sur les critères de ce niveau de vie. Quels sont-ils, en effet ? Le nombre de voitures automobiles ou de postes de télévision par nombre d'habitants, les ressources en francs ou en dollars, le nombre de calories alimentaires consommées, alors que ce qui fait la qualité d'un niveau de vie, c'est plus encore la pureté des eaux et de l'atmosphère que le degré de mécanisation et la quantité de nourriture et de calories ingérées.

En vérité, la richesse la plus réelle, celle qui fixe le véritable niveau de vie d'un individu, mais qui est à peu près totalement méconnue, c'est la pureté de

l'air qu'il respire, de l'eau qu'il boit, dont il ruisselle sous la douche, et où son regard se repose. C'est pourquoi la recherche scientifique et technique des méthodes les plus aptes à prévenir ou à faire régresser les pollutions devrait être considérée comme l'un des éléments essentiels de l'élévation du niveau de vie et devrait passer bien avant d'autres préoccupations mineures et représentatives d'un progrès conventionnel mais fallacieux.

Mesdames, Messieurs, les eaux limpides et pures qui subsistent encore pour notre santé et notre joie, qu'elles soient douces ou marines, ce sont les regards et les sourires de la terre. Nous n'avons pas le droit de laisser ternir ces derniers regards, de laisser flétrir ces ultimes sourires.

RAPPEL DE GÉNÉRALITÉS

La spectrophotométrie de flamme par absorption atomique est une technique relativement récente basée sur un phénomène connu depuis longtemps : le renversement des raies spectrales.

Nous en rappellerons brièvement le principe, les avantages qui en découlent lorsqu'on les compare à la photométrie atomique par émission de flamme, l'appareillage habituellement mis en œuvre et les perfectionnements récents apportés à la technique.

PRINCIPE (Figure 1)

Les atomes d'un élément peuvent passer de l'état fondamental à l'état excité par le saut d'un électron externe d'une sous-couche d'énergie E à une sous-couche de niveau d'énergie supérieur $E + h\nu$, h étant la constante de Planck. Le retour à l'état fondamental se traduit par l'émission d'un photon de fréquence ν .

Cette excitation peut être produite soit à la suite de chocs thermiques (excitation par flamme, par exemple) ; c'est la

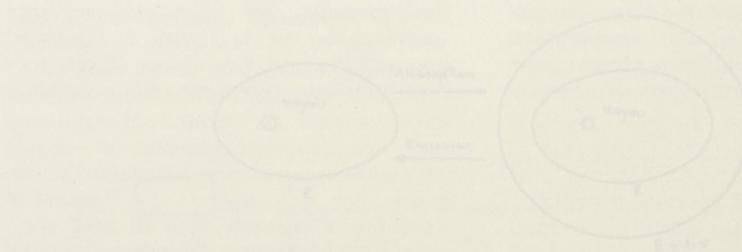


Fig. 1

3^e Conférence faite à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale le 2 décembre 1965.

*Quelques possibilités d'application
de la spectrométrie de flamme
par absorption atomique
dans les contrôles industriels et notamment
dans les dosages de traces d'éléments dans les gaz* (*)

par M. GEORGES THILLIEZ,

Ingénieur I.N.A.

Ingénieur de Recherches au Laboratoire Central des Etablissements Kuhlmann
(Département Analyses)

RAPPEL DE GÉNÉRALITÉS.

La spectrophotométrie de flamme par absorption atomique est une technique relativement récente basée sur un phénomène connu depuis longtemps : le renversement des raies spectrales.

Nous en rappellerons brièvement le principe, les avantages qui en découlent lorsqu'on la compare à la photométrie classique par émission de flamme, l'appareillage habituellement mis en œuvre et les perfectionnements récents apportés à la technique.

PRINCIPE (Figure 1).

Les atomes d'un élément peuvent passer de l'état fondamental à l'état excité, par le saut d'un électron externe d'une sous-couche d'énergie E à une sous-couche de niveau d'énergie supérieur $E + h\nu$, h étant la constante de Plank. Le retour à l'état fondamental se traduit par l'émission d'un photon de fréquence ν .

Cette excitation peut être produite soit à la suite de chocs thermiques (excitation par flamme, par exemple ; c'est la

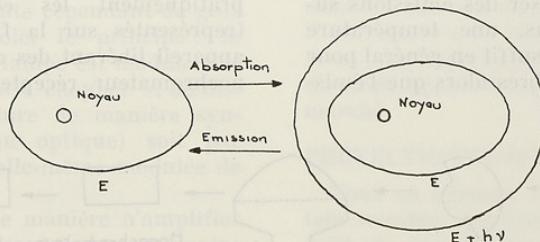


FIG. 1

(*) Conférence faite à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale le 2 décembre 1965.

spectrophotométrie de flamme par émission) soit par rencontre d'un photon de fréquence ν qui est alors absorbé. Il y a résonance. C'est là le principe de l'absorption atomique : des photons de fréquence déterminée émis par une source appropriée traversent un flux d'atomes à l'état fondamental avant de parvenir à un récepteur photosensible permettant la détermination de l'absorption dans ce flux d'atomes.

AVANTAGES LIES AU PRINCIPE DE L'ABSORPTION ATOMIQUE QUAND ON LA COMPARE A LA PHOTOMETRIE DE FLAMME PAR EMISSION.

Un certain nombre d'avantages découlent du principe de la méthode :

— *Application au dosage d'un grand nombre d'éléments avec une bonne sensibilité.*

Le fait de faire appel aux atomes non excités, atomes dont la population est très importante par rapport aux atomes excités, permet d'atteindre un très grand nombre d'éléments (plus de soixante ont fait l'objet d'études).

Les sensibilités descendent dans les meilleurs cas à quelques microgrammes par litre et il est souvent possible de les améliorer encore par des dispositifs spéciaux.

— *Interactions moins marquées qu'en photométrie de flamme d'émission.*

On utilise en effet des raies très fines alors que, par suite de la largeur des fentes souvent nécessaires en émission, on peut laisser passer des émissions superposées. De plus, une température relativement basse suffit en général pour avoir des atomes libres alors que l'émiss-

sion de flamme demande une température élevée dès que l'on veut l'étendre aux éléments les moins excitables. Seuls en flamme froide les alcalins et éventuellement les alcalino-terreux se dosent facilement.

Les éléments étrangers interfèrent peu en absorption atomique puisque leur action sur le taux d'excitation ne modifie que très peu le nombre des atomes libres de beaucoup les plus nombreux.

Il faut cependant reconnaître que, contrairement à un optimisme général dans les débuts de l'application de l'absorption atomique, toutes les interactions sont loin d'être éliminées dans cette technique : d'une part des phénomènes se produisant au niveau du dispositif producteur d'atomes peuvent en modifier le taux (présence de l'oxygène de l'air notamment) et, d'autre part, beaucoup d'interactions sont encore mal expliquées.

— *Précision de la méthode.*

On arrive avec un bon matériel à une excellente stabilité de mesure, ce qui conduit à une précision pouvant atteindre $\pm 0,5\%$ et permettant l'application aux macodosages.

— *Simplicité de l'appareillage.*

Nous verrons que la technique exige un appareillage extrêmement simple et relativement peu onéreux si on la compare à nombre de techniques physiques.

DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE.

Un appareil de mesure comporte pratiquement les éléments suivants (représentés sur la figure 2) ; source, appareil libérant des atomes libres, monochromateur, récepteur photosensible.

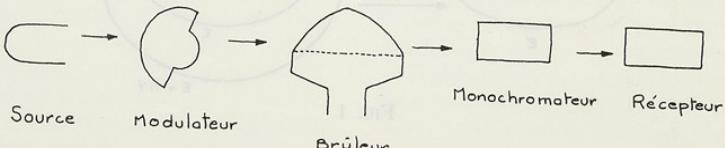


FIG. 2

SOURCE.

C'est habituellement une lampe à cathode creuse. La figure 3 représente une telle source contenant une cathode cylindrique creuse façonnée dans le métal à doser (ou dont ce métal recouvre la partie creuse) et une anode quelconque dans une enceinte de gaz rare sous pression réduite. Une alimentation continue bien stabilisée donne un courant de faible intensité. On a ainsi une température réduite et des raies extrêmement fines.

APPAREIL LIBÉRANT DES ATOMES LIBRES.

Il s'agit le plus souvent d'une flamme dans laquelle la solution à examiner est finement pulvérisée. Cette flamme doit être stable, longue (la loi de Beer est en première approximation suivie) alimentée de gouttelettes extrêmement fines. L'ensemble constitue un pulvérisateur-brûleur.

MONOCHROMATEUR.

Celui-ci, habituellement construit à partir d'un prisme ou d'un réseau, permet de séparer la longueur d'onde choisie des autres longueurs d'onde que peuvent émettre lampes et flammes.

RÉCEPTEUR PHOTOSENSIBLE.

Ce récepteur est le plus généralement un tube photomultiplicateur dont le courant de sortie peut être amplifié.

SYSTÈME DE MODULATION.

Ce système, non indispensable dans tous les cas, présente cependant de gros avantages : en voici le principe : le signal émis par la lampe est modulé soit mécaniquement (un « chopper », ou disque tournant, obture de manière synchrone le faisceau optique) soit par une alimentation elle-même modulée de la lampe.

On peut de cette manière n'amplifier qu'une bande passante plus ou moins étroite dans laquelle se trouve la fréquence appliquée et éviter une bonne partie de l'émission de la flamme qui,

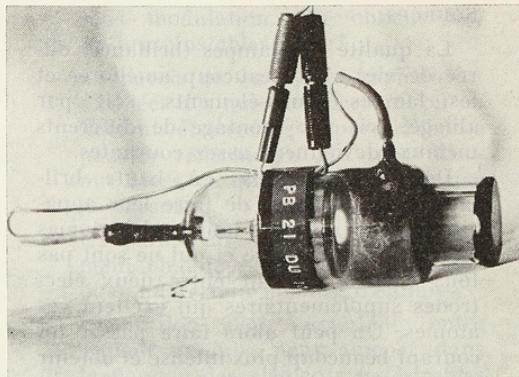


FIG. 3

constante ou formée de composantes de fréquences différentes de celles de la bande passante, ne sera pas amplifiée.

PRINCIPE DE LA MESURE.

On voit d'après cette description que les mesures se font de la même façon qu'en spectrophotométrie par absorption en solution, cette dernière étant pulvérisée dans une flamme au lieu d'être contenue dans des cuves et la large bande passante étant remplacée par une raie spectrale très fine.

APPAREILS COMMERCIAUX.

De nombreux appareils conçus soit exclusivement pour l'absorption atomique, soit avec extension à d'autres applications telles que l'émission de flamme, sont commercialisés. Certains constructeurs livrent des accessoires pour l'absorption atomique adaptables à leur matériel habituel de spectrophotométrie. Il est certain qu'à la suite du développement de l'application de la méthode, d'autres appareils apparaîtront sur le marché.

PERFECTIONNEMENTS RECENTS.

Nous en citerons rapidement un certain nombre, qui montrent bien que la méthode va sans cesse en progressant et permettent d'espérer dans un avenir plus ou moins proche, des performances encore meilleures.

SOURCES.

La qualité des lampes (brillance, durée de vie) s'est beaucoup améliorée et les lampes multi-éléments, soit par alliage, soit par montage de différents métaux, deviennent assez courantes.

Des lampes dites « à haute brillance » (1) viennent de faire leur apparition. Dans de telles lampes, les atomes chassés de la cathode et qui ne sont pas tous excités, passent entre deux électrodes supplémentaires qui excitent ces atomes. On peut alors faire passer un courant beaucoup plus intense et obtenir une meilleure brillance de source.

Des recherches en vue d'utiliser des sources continues en isolant des raies suffisamment fines sont en cours, mais elles n'ont pas jusqu'ici donné naissance à des dispositifs utilisables dans leur réalisation pratique.

FLAMMES.

En plus des combustibles et comburants classiques, gaz de ville, propane, hydrogène, acétylène et air ou oxygène, la flamme acétylène-protoxyde d'azote, très chaude et présentant l'avantage d'une faible vitesse de propagation, a été proposée. Elle a permis d'obtenir, notamment pour les éléments réfractaires et (ou) à oxydes stables, de meilleures sensibilités.

Des essais de dispositifs sans flamme ont été effectués : on peut chauffer à volatilisation sous vide. La haute fréquence en particulier a été utilisée. Jusqu'ici les dispositifs sont peu commodes et peu employés.

MONOCHROMATEURS.

Aux monochromateurs classiques, on a essayé de substituer un système de détecteur par résonance (2). Dans ce détecteur, construit sur le même principe qu'une lampe à cathode creuse de l'élément recherché, les atomes neutres présents projetés au-delà de la zone lumineuse habituellement utilisée, sont excités par les photons émis ayant traversé la flamme, et l'énergie lumineuse est reçue au travers d'une fenêtre laté-

rale. On a donc un monochromateur presque parfait puisque seules passent les raies de résonance.

MODULATEURS.

On a pu remplacer les systèmes de modulation classique par un modulateur sélectif des raies de résonance. Le faisceau émis par la source passe dans l'axe de la cathode d'une lampe à cathode creuse spéciale, à alimentation modulée (cette cathode est percée à ses deux extrémités et façonnée dans le métal dosé). Un amplificateur accordé sur la fréquence de modulation ne décèlera que les raies modulées, donc uniquement les raies recherchées.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

En France, les applications industrielles de l'absorption atomique ne sont pas encore très répandues. Il faut toutefois remarquer que le nombre des laboratoires industriels équipés pour cette technique va en croissant. Nous ne citerons pas d'exemples d'applications au dosage d'éléments en solution liquide qui sont des applications directes de la méthode, et apportent un complément très appréciable aux autres techniques modernes habituellement utilisées. Nous nous limiterons à des exemples d'application aux gaz.

APPLICATION AUX GAZ

Nous parlerons d'applications, moins connues, qui peuvent donner d'excellents résultats : il s'agit du dosage d'éléments métalliques dans les gaz. Il est possible de doser des éléments métalliques d'un gaz en le faisant passer dans un brûleur d'absorption atomique. Des contrôles ont déjà été réalisés de cette façon avec succès (nickel et fer carbonyle dans le gaz d'éclairage par exemple) (3).

On peut soit faire passer le gaz dans le brûleur, en plus des combustible et comburant, soit, s'il s'agit d'air, l'utiliser directement comme comburant.

AVANTAGES DE LA METHODE APPLIQUEE AUX GAZ

— *Elimination de l'appareillage de pulvérisation.*

Il n'est plus nécessaire de pulvériser une solution, et ceci permet un excellent rendement. En effet, il n'y a plus rejet à l'égout de la solution non utilisée et la totalité de l'élément à doser passe dans la flamme ; de plus il n'y a plus d'eau dans cette flamme. L'expérience a d'ailleurs confirmé l'amélioration de sensibilité attendue.

— *Absence en général d'éléments interférant dans le dosage.*

— *Possibilité de faire appel à des brûleurs spéciaux (fig. 4).*

Fuwa et Vallée (4) ont décrit un dispositif très ingénieux : la flamme d'un pulvérisateur-brûleur à injection totale, de type Beckman est dirigée de manière à pénétrer dans un tube réfractaire de grande longueur (jusqu'à un mètre). Le faisceau issu de la lampe traverse ce même tube dans lequel il subit des réflexions successives, ce qui augmente le parcours optique. En travaillant sur solutions aspirées par le brûleur, les auteurs obtiennent d'excellentes sensibilités. Nous avons pu nous-mêmes, avec un dispositif analogue, déceler le zinc en solution de concentration de 0,1 µg par litre.

Toutefois, ce dispositif n'est pas utilisable dans tous les cas car il présente quatre inconvénients :

— les phénomènes d'émission de flamme sont souvent gênants, surtout lorsque l'on dispose d'appareils

sans modulation. On obtient des lectures instables ;

- les parois du tube sont rapidement souillées dès que la concentration en éléments étrangers est appréciable. Le pouvoir réfléchissant du tube diminue alors, ce qui produit une dérive de mesure ;
- les parois du tube sont très fortement chauffées, ce qui peut provoquer un certain nombre d'ennuis ;
- l'aspiration d'air extérieur entre brûleur et tube peut amener dans la flamme des éléments indésirables et gêner considérablement des dosages.

— *Possibilité de bénéficier de la durée de vie des atomes après la flamme.*

Les atomes libérés au niveau des flammes ont une durée de vie propre, dans des conditions données, à chaque élément et de tels atomes peuvent exister encore au-delà de la flamme. Une étude de Zelyukova et Poluektov (5) rassemble les résultats de travaux relatifs à cette question pour onze éléments.

Cette étude fait ressortir que les atomes de mercure, cadmium, or, argent ont des durées de vie prolongées alors que ceux de magnésium et sodium sont vite recombinés. Cuivre, plomb, thalium, nickel et indium se classent entre ces extrêmes.

La sensibilité de dosage de nombreux éléments dans les gaz peut par suite être considérablement améliorée en utilisant sur une grande longueur la zone qui contient des atomes libres.

Ces différentes observations nous ont permis la mise au point d'un brûleur que nous utilisons pour la détection du

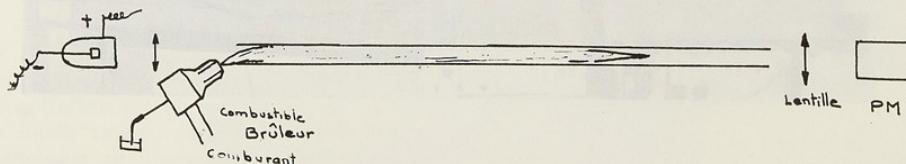


FIG. 4

plomb dans l'atmosphère et sous une forme modifiée pour la détection du mercure. Ce brûleur pourrait être éventuellement étendu à beaucoup d'autres applications. Il a fait l'objet d'une demande de brevet.

DOSAGE DU PLOMB DANS L'AIR

Le problème se pose en particulier dans les usines produisant des anti-détonants à base de plomb et chez les raffineurs utilisant ces produits. Il se pose également en présence de poussières de plomb, mais l'étude de ce cas n'a pas encore été réalisée.

Etant donnée la toxicité de ces produits, il est indispensable de disposer d'une méthode de contrôle très sûre, très sensible, et de préférence très rapide.

Nous allons décrire une installation de dosage du plomb dans des ateliers de fabrication de plomb tétraéthyle et de plomb tétraméthyle qui fonctionne dans une usine de nos établissements

et permet pour l'instant de détecter en continu les teneurs en plomb de l'air de deux ateliers. Le temps de réponse est de l'ordre de deux minutes.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'APPAREILLAGE D'ABSORPTION ATOMIQUE (fig. 5).

L'air à examiner sert de comburant. Le gaz combustible était l'hydrogène ; il a été remplacé par un mélange combustible azote-hydrogène ($N_2 + 3 H_2$), pour des raisons de commodité et de sécurité, un atelier voisin produisant de l'ammoniac et mettant ce mélange à notre disposition.

La flamme est introduite dans la branche latérale verticale d'un tube en T.

Le faisceau issu d'une lampe à cathode creuse de plomb est dirigé à l'aide d'une lentille de quartz dans la branche principale horizontale de ce T dans laquelle se trouvent les atomes libres de plomb. L'énergie de la raie de résonance de cet élément à $283,3 \text{ m}\mu$ est absorbée dans ce tube et la fraction résiduelle est

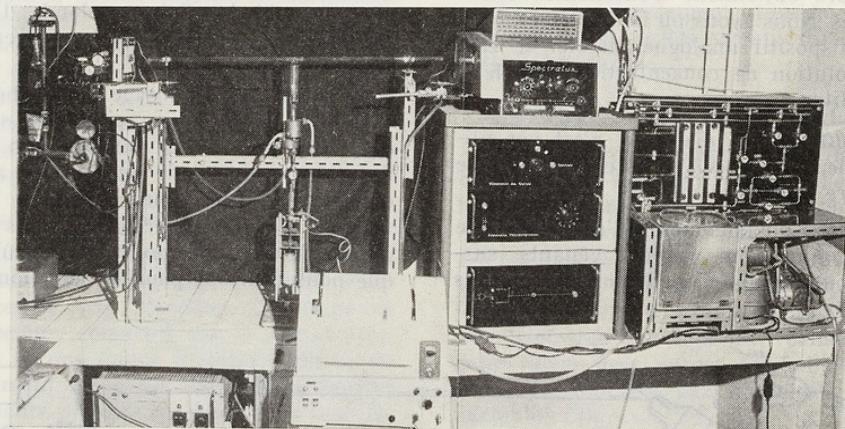


FIG. 5

envoyée sur un spectrophotomètre comprenant monochromateur, tube photomultiplicateur et galvanomètre enregistreur.

Nous allons décrire l'installation.

SOURCE ET SON ALIMENTATION.

La source est une lampe à cathode creuse réalisée par notre Centre de Recherches (fig. 3).

La cathode est un cylindre d'aluminium de 14 mm de longueur et 7 mm de diamètre extérieur, portant une cavité également cylindrique et de même axe, de 10 mm de profondeur et 5-6 mm de diamètre. Une plaque de plomb pur est emboutie dans ce cylindre.

Le gaz de remplissage de cette lampe est le néon, avec lequel on obtient une brillance supérieure à celle des lampes

remplies à l'argon, sous une pression de 10 Torr.

La lampe est munie d'une fenêtre en quartz collée à la picéine. La figure 6 montre la fixation avec réglage dans les trois dimensions. La lampe est alimentée par un appareil produisant un courant constant très bien stabilisé. Ce courant est réglé habituellement à 5 mA. La tension après amorçage est de l'ordre de 220 v. Nos lampes ont parfois dépassé 1 500 heures de fonctionnement.

SYSTÈME OPTIQUE.

Il est constitué de deux lentilles de quartz de 60 mm de distance focale. La première, d'un diamètre de 20 mm, est placée devant la fenêtre de la lampe ; la seconde, d'un diamètre de 10 mm, se trouve à l'entrée du spectrophotomètre.

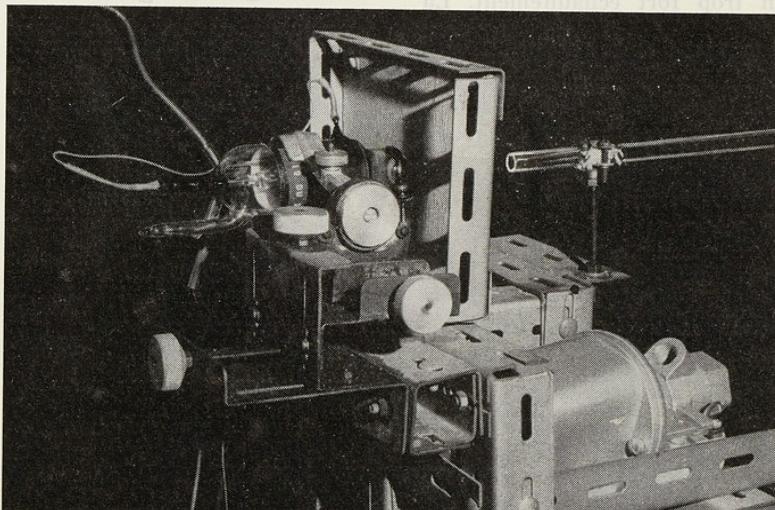


FIG. 6

BRÛLEUR.

La figure 7 représente ce brûleur. Deux embouts permettent l'admission des gaz. L'un d'eux, excentré, se raccorde à un tube quelconque amenant le gaz combustible, l'autre au centre, amenant l'air, sera raccordé à l'installation par un raccord métallique. La partie supérieure est refroidie par une jante de circulation d'eau.

A la partie supérieure du tube est placé un cylindre de platine, fermé à une extrémité et percé de 12 trous périphériques de 1 mm de diamètre et d'un trou central de 1,5 mm. Une gorge permet d'insérer un joint torique.

TUBE.

Ce tube est visible sur la figure 8. Il est raccordé au brûleur par l'intermédiaire d'un joint torique, ce qui évitera toute introduction de l'air de la pièce où se fait la mesure.

La branche verticale est évasée pour éviter un trop fort échauffement. La hauteur a été déterminée pour que la flamme n'atteigne pas la branche horizontale.

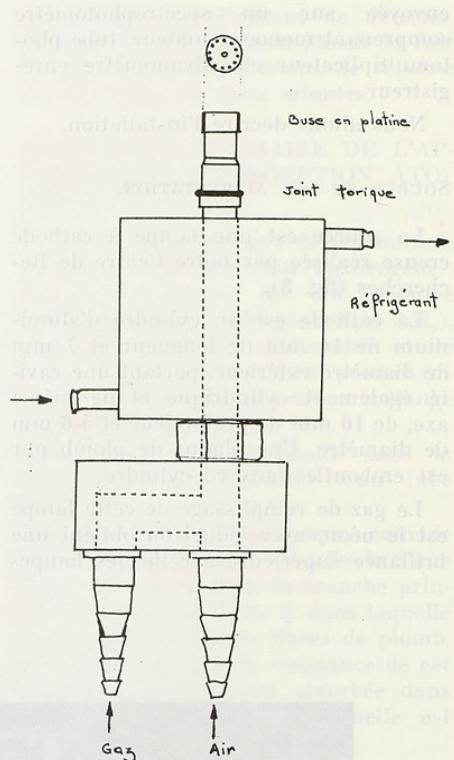


FIG. 7

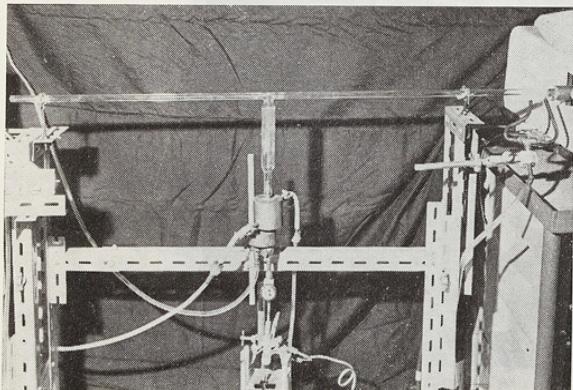


FIG. 8

VENTILATION.

Deux doubles tubulures injectent de l'air comprimé aux sorties du tube pour éviter un chauffage de l'installation et aussi la projection de vapeur d'eau de combustion qui pourrait se condenser sur les lentilles.

RÉCEPTEUR.

Il est visible sur la figure 9. C'est un spectralux 1800, de la Société SAFAS.

Cet appareil a été modifié pour mieux convenir à l'absorption atomique : le réseau d'origine — 700 traits/mm — a été remplacé par un réseau Bausch et Lomb de 2 160 traits, ce qui augmente considérablement le pouvoir de résolution et permet, en utilisant la fente maximale (1 mm), l'isolement de la raie utilisée.

A cet appareil est adjoint un enregistreur « graphispot » (G.R.T. V.A.J.) de la Société « SEFRAM ».

Tout spectrophotomètre de bonne résolution et de bonne sensibilité pourrait être utilisé.

APPAREILLAGE ANNEXE. GROUPE DE POMPAGE ET DE DISTRIBUTION.

Cet appareillage est destiné à amener l'air des ateliers au poste de mesure et à étalonner la méthode.

Nous avons constaté qu'il fallait proscrire formellement l'emploi de tuyaux en caoutchouc et surtout en polyvinyle, qui adsorbent et désorbent lentement les composés du plomb. Tous les circuits se rapportant à l'air doivent donc être exclusivement constitués de tubes et raccords en métal ou en verre.

Il faut aussi éviter toute stagnation d'air dans les conduits.

C'est pourquoi les canalisations extérieures et intérieures sont métalliques ou en verre avec raccords métalliques

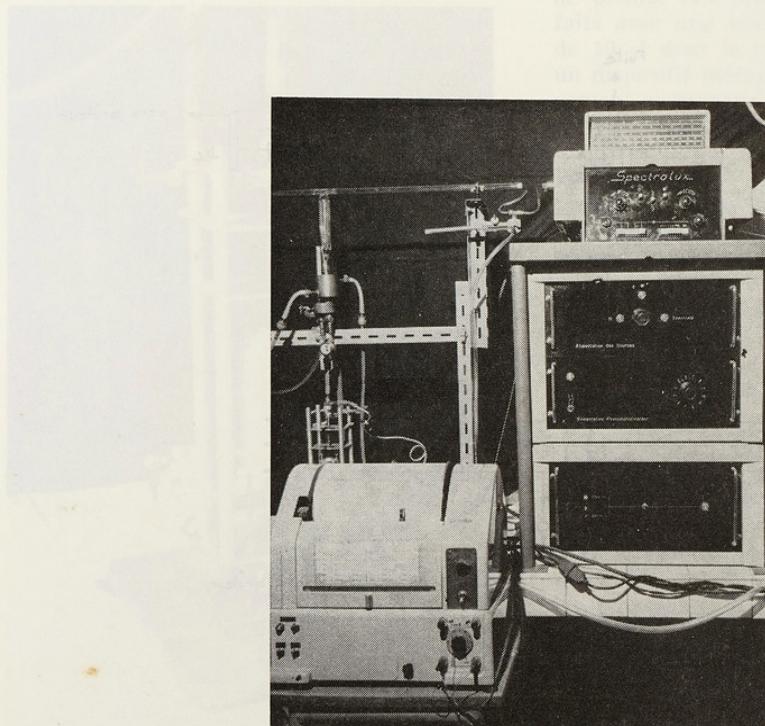


FIG. 9

ou en covar. Toutes les vannes sont du type à soufflet.

L'air des points à contrôler passe constamment dans les tuyaux de prélèvement.

Le tableau de pompage et distribution groupe également les conduites et vannes nécessaires à l'étalonnage.

ETALONNAGE.

Il faut étalonner l'appareil avec de l'air de teneur donnée en plomb.

Le problème a été résolu de la façon suivante : (figure 10).

Un courant d'air comprimé est divisé suivant deux directions. D'un côté, l'air est amené à un très petit débit à l'aide

d'un capillaire c et passe dans un absorbeur à verre fritté contenant du plomb tétraméthyle (en présence de toluène) et placé dans une enceinte à 0° ; de l'autre, le débit est important. Un rotamètre D_1 mesure le débit de barbotage d_1 . Les deux branches se rejoignent et un rotamètre D_2 mesure le débit total d_2 .

Une faible partie de cet air qui est encore beaucoup trop concentré en plomb est collecté et passe à la demande, au moyen des vannes V_1 , V_2 et V_3 dans une des trois branches munies de capillaires c_1 , c_2 et c_3 donnant au courant un débit d_3 mesuré à l'aide du rotamètre D_3 . Des vannes V_4 et V_5 permettent d'envoyer cet air soit à l'extérieur, soit

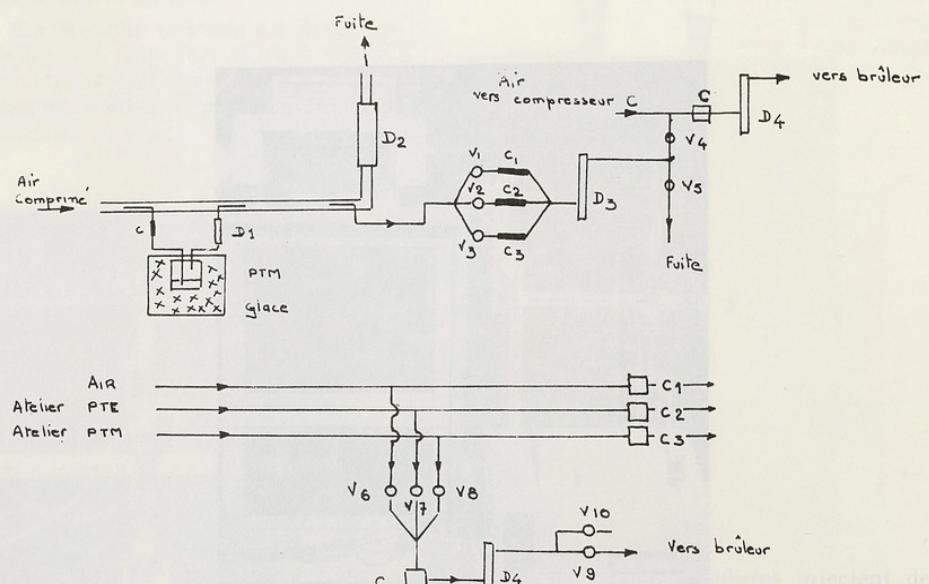


FIG. 10

sur l'aspiration d'air pur prévue pour alimenter le brûleur et dont le débit d_4 est contrôlé par le rotamètre D_4 .

La teneur finale est égale à la teneur de l'air à la sortie du barboteur multipliée par le rapport $\frac{d_1 \times d_3}{d_2 \times d_4}$

On obtiendra le blanc (air pur) en fermant la vanne V_4 et en ouvrant la vanne V_5 et les points étalons se feront en inversant les positions de ces vannes et en choisissant à l'aide de V_1 , V_2 et V_3 le ou les capillaires déterminant le débit d'air chargé de plomb.

La teneur en plomb théorique, calculée d'après la tension de vapeur du plomb tétraéthyle dans l'air pur, est obtenue par la formule : $T = \frac{P}{P_0} \cdot \frac{M}{M_0} \cdot \frac{R}{R_0} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{10^6}{V}$ où P est la pression totale, P_0 la pression atmosphérique, M la masse molaire du plomb tétraéthyle, M_0 celle de l'air pur, R la constante des gaz, T_0 la température de l'air pur et V le volume de l'air pur.

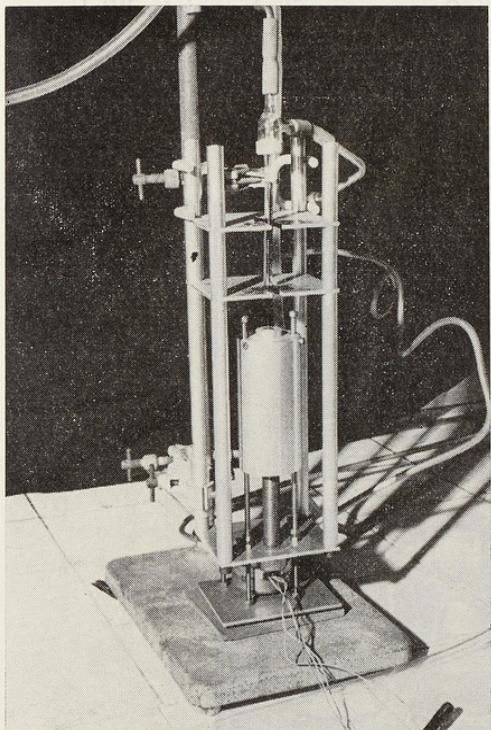


FIG. 11

plomb tétraéthyle, ne doit pas être pris comme étalon formel car il peut y avoir des retards dans l'évaporation. Il faut donc contrôler cette teneur. On le fait en utilisant la méthode de dosage du plomb dans l'air, habituellement mise en œuvre à l'usine : l'air est pompé à faible débit, passe dans une solution d'iode et le plomb est ensuite dosé dans l'iode par colorimétrie du dithizonate de plomb.

Les chiffres sont très reproductibles et, lorsque les débits sont les mêmes, les déviations observées restent tout à fait constantes.

AUTRE FORME D'ÉTALONNAGE.

On peut aussi, et les études en cours sur ce sujet sont très encourageantes, étalonner l'appareil en introduisant dans le circuit une solution organique de plomb. Les premiers essais ont été faits avec une microseringue Hamilton de 10 μl dont le piston est animé, par un dispositif mécanique, d'un lent mouvement correspondant à un débit extrêmement faible. On peut ainsi envoyer une très faible quantité de solvant et la flamme n'est pas perturbée. Dès à présent on a pu constater que les résultats sont les mêmes, que l'on emploie du plomb tétraéthyle ou tétraméthyle, ou que le solvant soit le toluène, l'acétone ou l'essence vierge. La figure 11 représente le montage adopté. Son application définitive simplifiera beaucoup, nous l'espérons, le problème de l'étalonnage.

PASSAGE DE L'AIR DES ATELIERS ET DE L'AIR PUR.

La figure 10 présente le schéma des circuits.

Pour l'instant, deux ateliers de fabrication (l'un de plomb tétraéthyle, l'autre de plomb tétraméthyle) et une prise d'air pur sont reliés à l'installation. Des tubulures métalliques vont des points de prélèvement à la centrale de mesure

et trois compresseurs C_1 , C_2 et C_3 aspirent constamment cet air et le rejettent à l'extérieur pour éviter toute stagnation dans les conduits. La canalisation d'air pur est par mesure de précaution amenée à traverser un absorbeur à charbon actif.

Un compresseur spécial, C , dont les membranes en caoutchouc ont été doublées de feuilles de téflon pour éliminer toute possibilité de fixation de plomb, et dont les chambres de compression sont refroidies par une circulation d'eau, peut aspirer au choix l'air de l'une des trois lignes et le refouler sur le brûleur (vannes V_6 , V_7 et V_8). Une capacité métallique, placée en aval du compresseur, évite toute vibration de flamme.

Un jeu de vannes V_9 et V_{10} permet d'envoyer l'air à l'extérieur et sera utilisé pour l'étalonnage.

La figure 12 représente l'ensemble de l'appareillage.

FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL. RESULTATS OBTENUS.

La flamme est allumée en chauffant au rouge la paroi du tube de quartz. Elle est presque invisible car elle suit l'axe de ce tube. Un dispositif de sécurité avertirait les opérateurs si, pour une raison quelconque, la flamme s'éteignait ou même changeait de régime.

Il faut vérifier que l'air pur ne contient pas de plomb. Nous disposons à cet effet d'un moyen de contrôle : le spectre de lampe (fig. 13) présente à côté de la raie du plomb ($283,3 \text{ m}\mu$) une raie inactive ($280,0 \text{ m}\mu$). Ces deux raies présentent un rapport propre à chaque lampe mais constant. Lorsque la flamme est allumée, le rapport des raies ne doit pas changer, sinon il y a absorption de la raie active, preuve qu'il reste du plomb dans le circuit.

On passe ensuite les points d'étalonnage, en se servant des vannes V_1 , V_2

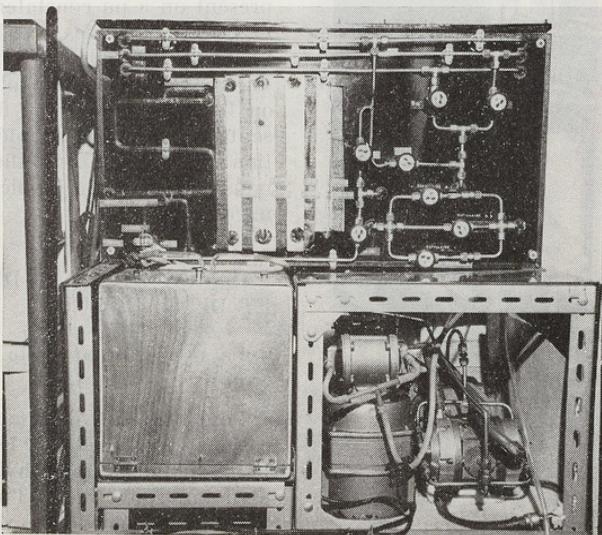
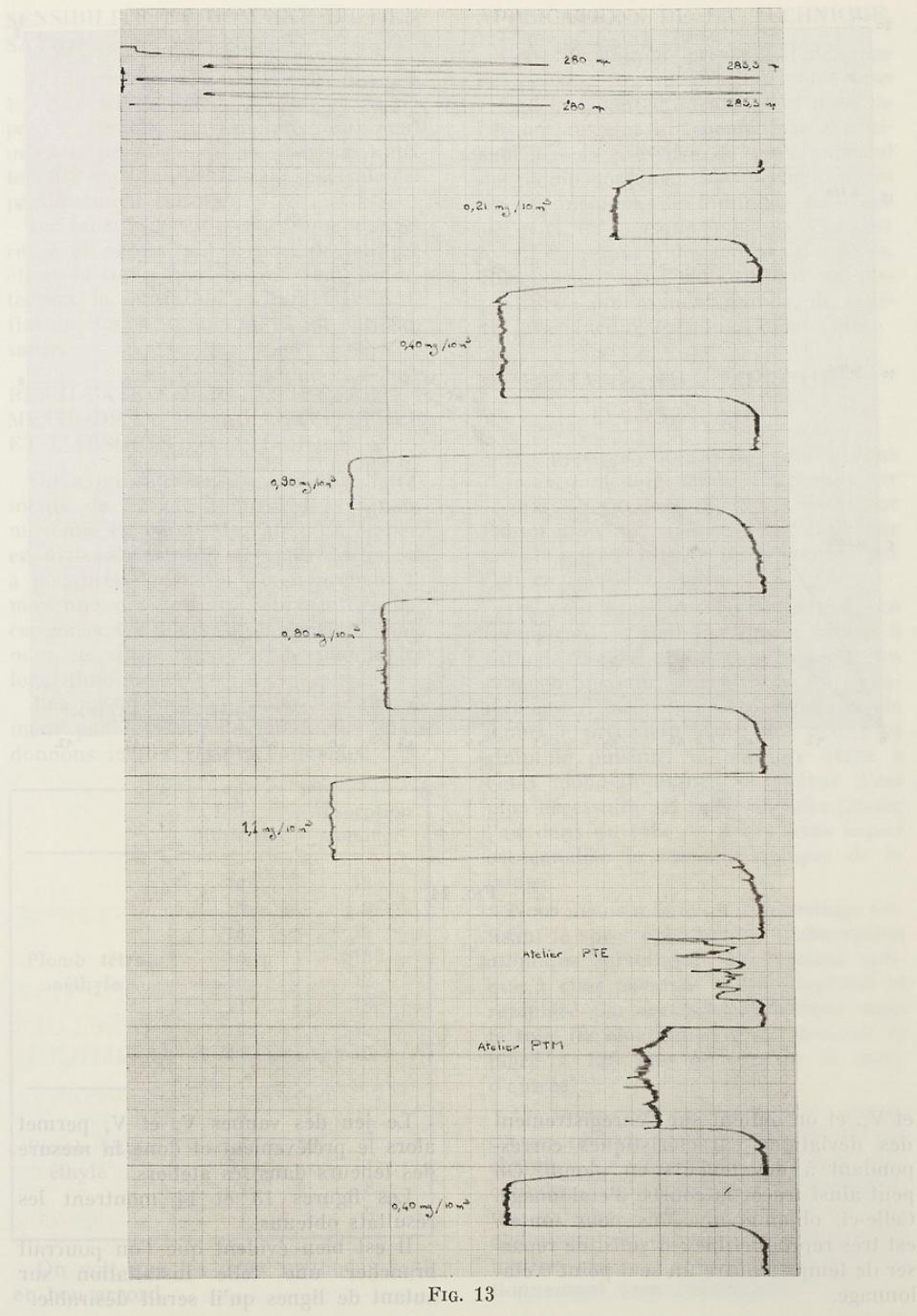


FIG. 12



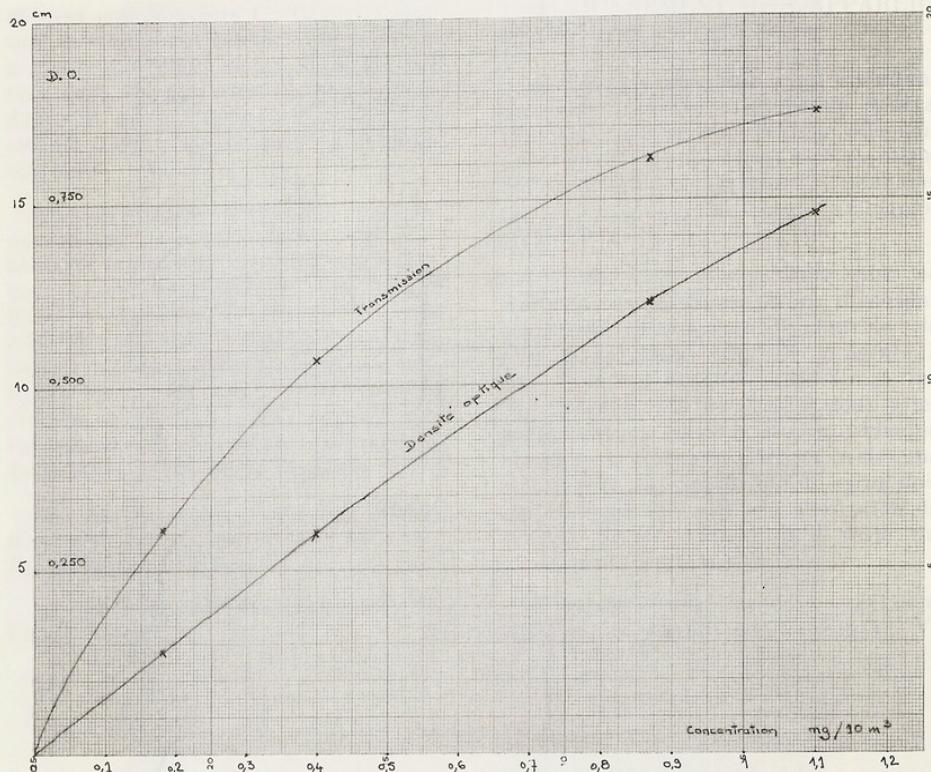


FIG. 14

et V_3 , et on obtient sur l'enregistrement des déviations caractéristiques correspondant à des teneurs en plomb. On peut ainsi tracer la courbe d'étalonnage. Celle-ci, obtenue une fois pour toutes, est très reproductible ; il suffit de repasser de temps à autre un seul point d'étalonnage.

Le jeu des vannes V_7 et V_8 permet alors le prélèvement et donc la mesure des teneurs dans les ateliers.

Les figures 13 et 14 montrent les résultats obtenus.

Il est bien évident que l'on pourrait brancher une telle installation sur autant de lignes qu'il serait désirable.

SENSIBILITE ET DOMAINE D'UTILISATION.

L'appareil permet de déceler jusqu'à 1 µg/m³ (déviation de 3 mm) et, la réponse étant logarithmique, on peut monter jusqu'à 500 µg environ (aux teneurs supérieures, la raie spectrale est pratiquement saturée).

La teneur considérée comme dangereuse et nécessitant le port de masque étant 40 fois supérieure au seuil de détection, la sensibilité est largement suffisante. La reproductibilité est satisfaisante.

RESULTATS COMPARÉS ENTRE LA MÉTHODE DE DOSAGE HABITUELLE ET L'ABSORPTION ATOMIQUE.

On a pu calculer sur des enregistrements de 12 ou 24 heures la teneur moyenne en plomb de l'air d'un atelier, en divisant le tracé en zones de teneur à peu près constante, et en prenant la moyenne des teneurs représentées par ces zones. On pourrait planimétrier, mais nous ne disposions pas de planimètre logarithmique.

Les mesures étaient faites simultanément par la méthode habituelle. Nous donnons ici les résultats obtenus.

	Iode dithizone	Absorption atomique
Plomb tétraméthyle ...	10	12
	8	8
	13	12
	10	18
	10	12
	21	18
	9	12
Plumb tétra-éthyle	16	15
	9	11
	1	8
	12	11
	8	8
	7	9

On voit que les deux méthodes sont en bon accord.

APPLICATIONS DE LA TECHNIQUE.

Cette technique présente l'avantage de pouvoir suivre pratiquement sans retard la teneur d'un atelier et donc de déceler aussitôt un incident se traduisant par la présence de taux anormal de plomb toxique. Elle permet, après un tel incident, de diminuer la durée de port de masque puisque l'on est averti du retour à des teneurs normales. Elle permet aussi, en utilisant un dispositif de prélèvement mobile, de repérer avec facilité les plus faibles fuites.

DOSAGE DU MERCURE DANS L'AIR

Des appareils dosant le mercure dans l'air existent déjà depuis longtemps sur le marché. Ces appareils sont basés sur l'absorption du rayonnement, émis par une lampe à vapeur de mercure, par l'air chargé de mercure.

On peut améliorer cette méthode en remplaçant la source par une lampe à cathode creuse et en y adjoignant un monochromateur. On a alors un appareillage d'absorption atomique et le montage précédent peut être utilisé et simplifié puisque, le mercure étant à l'état mono-atomique, le brûleur n'est plus nécessaire : il suffit de faire passer l'air dans un tube en pyrex dans lequel est canalisé le faisceau optique de la lampe.

Nous avons monté un appareillage utilisant le spectrophotomètre d'absorption atomique Jarrell-Ash. Le système optique à cinq passages a été supprimé et remplacé par un passage unique dans le tube (le bloc lampe a été démonté et placé à 120 cm environ de la fente d'entrée).

La source est une lampe à cathode creuse réalisée à notre Centre de Recherches. La cathode est constituée d'un cylindre d'étain amalgamé embouti dans un cylindre d'aluminium. Le courant d'alimentation est de 2 mA. La lampe totalise plus de 1 000 heures de fonctionnement sans défaillance.

ETALONNAGE.

La figure 15 représente les circuits. Comme pour le plomb, l'étalonnage est réalisé à partir de tension de vapeur de mercure. Un courant d'air auxiliaire passe dans une capacité contenant du mercure, sans barbotage, à 0°. Cet air de débit, contrôlé par un rotamètre, passe ensuite dans une canalisation principale, de débit également contrôlé (environ 2 300 l/heure). On obtient ainsi un air de concentration fixée en mercure.

Les chiffres trouvés étaient 2,1 ; 2,3 ; 2,2 ; 2,4.

Il n'y a donc aucun retard à l'évaporation et l'étalonnage ne demandera plus qu'une mesure de débits.

Les figures 16_a et 16_b représentent les déviations obtenues pour quelques teneurs et la gamme d'étalonnage correspondante. On voit que le seuil de détection pourrait atteindre 1 µg/m³ et vraisemblablement encore au-dessous avec un tube plus long, ou en utilisant une

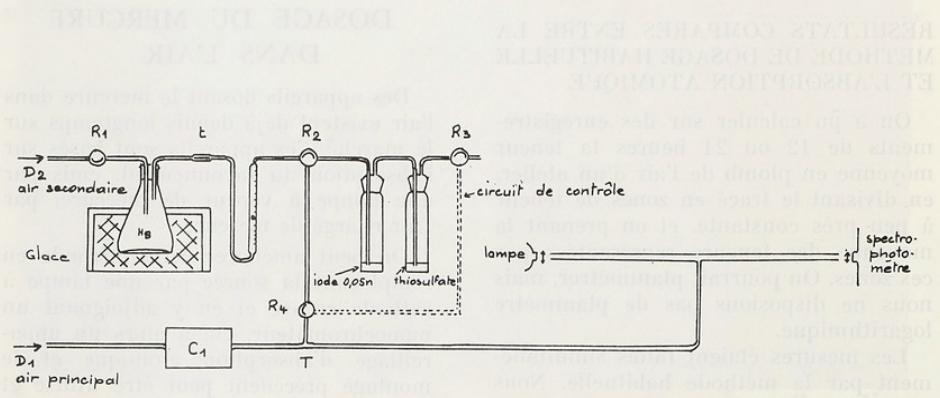


FIG. 15

Un robinet R₂ permet de dériver l'air auxiliaire sur deux barboteurs montés en série, dont l'un contient une solution d'iode 0,05 N et l'autre une solution de thiosulfate. Deux robinets R₃ et R₄ permettent de revenir sur le circuit. L'iode retient totalement le mercure et il est possible de déterminer le mercure réellement passé dans un temps donné, par absorption atomique appliquée à la solution d'iode.

Nous avons ainsi vérifié que les teneurs trouvées correspondaient exactement au chiffre calculé d'après la tension de vapeur du mercure à 0°, soit 0,000186 mm, correspondant à 2,18 µg/l.

chambre à gaz traversée par un passage multiple de faisceau.

AUTRES CONTROLES DE GAZ
POUVANT ÊTRE EFFECTUÉS
PAR ABSORPTION ATOMIQUE.

Il est impossible à l'heure actuelle de prévoir quels seraient les dosages susceptibles de faire appel à cette technique. Toutefois, on peut déjà admettre que les métaux carbonyle (Fe, Co, Ni) seraient décelables avec d'excellentes sensibilités. Comme nous l'avons dit plus haut, l'étude a déjà été réalisée pour le fer carbonyle.

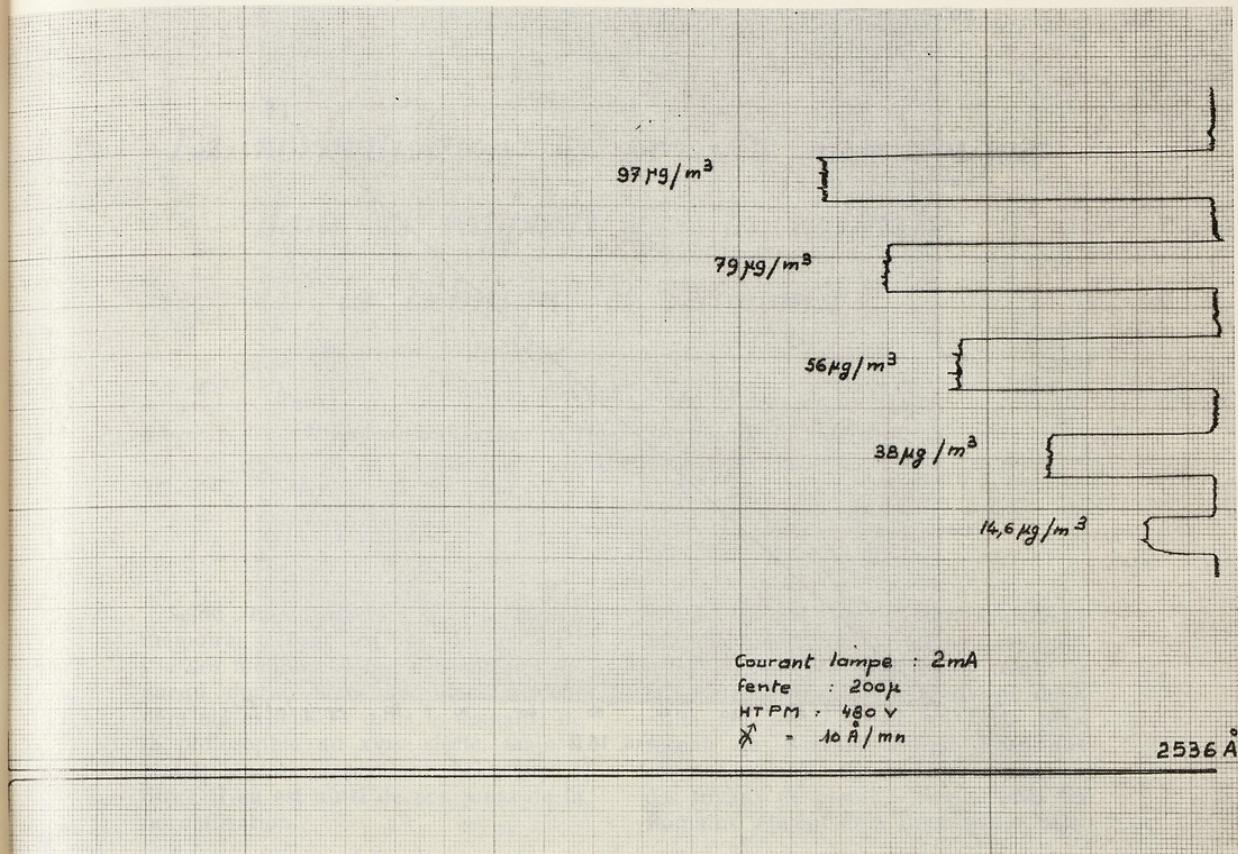


FIG. 16 a

ant et collaborateur ayant pendant la guerre, groupes antiaériens, artilleurs, font volontiers remonter la normalisation à Gribeauval. Celui-ci édicta, il y a tantôt deux siècles, ses tables de construction des modèles d'armement qui, par la suite et jusqu'à même que le mot « norme » n'existe, qu'il a de telles règles, cherchaient à assurer l'homogénéité des différentes

CONCLUSION

Nous avons constaté que l'absorption atomique était insuffisamment introduite dans les laboratoires de contrôle industriel pour les dosages en milieu liquide et pratiquement pas pour les contrôles dans les gaz, malgré l'intérêt de ce domaine d'application.

La technique fait partie de ces méthodes modernes dont la réponse immé-

diante des guerres, groupes antiaériens, artillerie, etc., pour une utilisation en manière impérissable. Les méthodes d'absorption atomique sont utilisées dans les matériaux et les milieux liquides. La France use de cette technique de dosages dans les laboratoires de Standard. L'application de cette méthode a été initialement à l'usine de l'Air Liquide à Levallois-Perret.

Le signal obtenu par absorption atomique se traduit par un signal pouvant être reproduit aussi souvent qu'on le désire et susceptible dans l'avenir d'alimenter des ordinateurs dont le rôle aura une place importante dans la régulation d'une usine.

Nous pensons que la sécurité dans les usines trouverait des avantages certains dans l'application de ces méthodes.

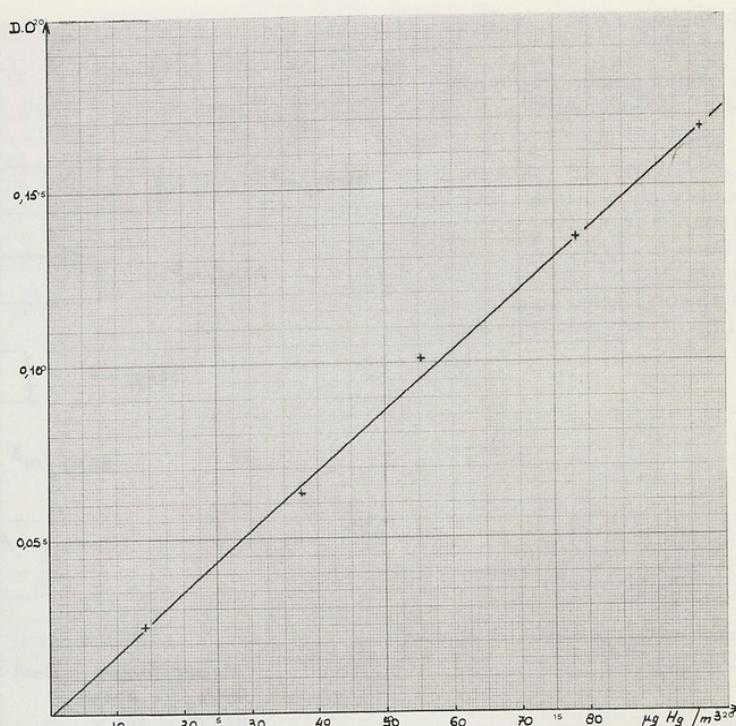


FIG. 16 b

BIBLIOGRAPHIE

1. J. V. SULLIVAN, A. WALSH. — *Spectrochim. Acta*, 21, 1965, 721-726.
2. J. V. SULLIVAN, A. WALSH. — *Spectrochim. Acta*, 21, 1965, 727-730.
3. A. B. DENSHAM, P. A. A. BEALE, R. PALMER. — *J. Appl. Chem.*, 13, 1963, 576-580.
4. K. FUWA, B. L. VALLÉE. — *Analyt. Chem.*, 35, 1963, 942-945.
5. YU. V. ZELYUKOVA, N. S. POLUEKTOV. — *Zh. Analit. Khim.*, 18, 1963, 435-439.

La normalisation des produits sidérurgiques dans ses rapports avec la recherche, la technique et l'économie

par M. GEORGES DELBART,

Directeur du Bureau de Normalisation de la Sidérurgie

Lauréat du Grand Prix d'Argenteuil

Selon La Bruyère, si j'ai bonne mémoire, « Tout est dit depuis qu'il y a des hommes et qui pensent. » Sans aucun doute, bien des idées avaient déjà été exprimées dans le domaine de la philosophie au XVII^e siècle, mais il restait encore cependant beaucoup à dire : il en est ainsi de nos jours de la normalisation.

Comme le rappelait récemment mon ami et collaborateur Emile Duhem, les artilleurs font volontiers remonter la normalisation à Griebeauval. « Celui-ci édicta, il y a tantôt deux siècles, ses tables de construction des matériels d'armement qui, par la suite et avant même que le mot « norme » fût appliqué à de telles règles, cherchaient à mettre en pratique les deux principes fondamentaux de la normalisation : simplification, interchangeabilité. »

Cependant, on pourrait trouver jusqu'à la préhistoire le souci de fabriquer les outils selon des normes

tacites. Mais si l'on se réfère seulement aux documents écrits, on peut se rappeler le code d'Hammourabi relatif à la construction qui date d'environ deux mille ans av. J.-C. et un texte plus récent de Sextius Julius Frontinus concernant les dimensions courantes des tuyaux de plomb. Ceux-ci, chez les Romains, étaient déjà interchangeables.

Malgré ces précédents, il a fallu cependant des guerres — des grandes guerres, grosses consommatrices de machines — pour que se fasse sentir de manière impérieuse la nécessité d'organiser systématiquement la normalisation des matériaux et matériels. C'est ainsi qu'en France une « Commission Permanente de Standardisation » fut créée dans ce but dès l'année 1918, mais la paix revenue, d'autres soucis distraient les membres de cette commission.

C'est seulement en 1926, à Washington, sous la présidence des U.S.A., que

(*) Conférence prononcée le 17 février 1966 devant la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

prenait naissance une Association Internationale de Standardisation, l'I.S.A. La deuxième guerre mondiale bloqua les travaux de l'I.S.A. celle-ci fut dissoute en 1942 (1).

En 1943, pressés par les mêmes besoins que la France avait éprouvés pendant la grande guerre, les U.S.A. constituaient le Comité de Coordination de Normalisation des Nations Unies (U.N.S.C.C.). Ce Comité se transformait en 1946 en Organisation Internationale de Standardisation, l'I.S.O.

Lors de sa fondation à Londres, le 24 octobre 1946, l'I.S.O. comprenait vingt-cinq pays membres, elle en compte aujourd'hui une cinquantaine. Tout naturellement, l'I.S.O. reprit à son compte les travaux déjà avancés de l'I.S.A.

Sur le plan plus restreint des six pays de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, autrement dit, la C.E.C.A., constituée en août 1952, le même souci d'unification et de simplification conduisait dès 1953 à la création de groupes de travail internationaux ayant pour mission d'établir des normes européennes appelées en raccourci « Euronorm ». En principe, les euronorm doivent constituer le « cadre » des normes nationales des six pays.

En France, l'Association Française de Normalisation, l'AFNOR, était créée dès 1926. Son statut légal est fixé par des lois, décrets et arrêtés publiés de 1928 à 1946, l'essentiel de son fonctionnement actuel ayant été précisé en 1941.

L'AFNOR doit être aidée dans la préparation des normes par les Bureaux de Normalisation des diverses professions. La Sidérurgie française créait en septembre 1941 le Bureau de Normalisation de la Sidérurgie, le B.N.S. Celui-ci prenait la succession de la « Commission de Normalisation des Forges » qui assura depuis 1920 les liaisons de notre profession successivement avec la Commission Permanente de Standardisation, puis avec le Commissariat à la Normalisation et l'AFNOR.

ASPECTS DIVERS DE LA NORME

La normalisation des produits et matériels peut être envisagée sous de nombreux points de vue ; nous limiterons notre exposé aux trois aspects principaux : scientifique, technique, économique.

I. LA NORMALISATION DANS SES RAPPORTS AVEC LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

Une norme de produits doit contenir des indications sur la nature du matériau, mais aussi et surtout sur les propriétés d'utilisation de celui-ci. Or, le choix des critères chimiques, mécaniques et physiques n'est possible que si des méthodes d'essais donnant des résultats valables et comparables ont été normalisées au préalable. C'est donc par la normalisation des méthodes d'essais que l'on doit commencer. Cette normalisation, bien que parfois difficile, s'avère cependant comme la plus facile, les considérations de concurrence commerciale directe ne mettant pas en opposition les membres des commissions nationales et internationales spécialisées dans ce genre de travail.

L'analyse chimique est parmi les méthodes d'essais l'une de celles qui s'est le plus prêtée à la discussion pour la raison fort simple que les résultats donnés par ces méthodes dépendent beaucoup de l'habileté des hommes qui les pratiquent. Quelques extraits d'une publication parue en 1960, sous la signature d'un chef de département de l'I.R.S.I.D (2) nous permettront de situer cette question :

« C'est devenu un lieu commun de dire que les résultats d'analyses chimiques sont toujours suspects puisque les laboratoires ne sont pas d'accord entre eux. Sans chercher à approfondir les causes de ces divergences, certains esprits, cartésiens en apparence, ont pensé qu'en imposant un mode opéra-

toire unique l'accord devrait se faire nécessairement, d'où la « normalisation » des méthodes d'analyse chimique. »

Cette façon de voir, nous dit le rédacteur, repose sur un *postulat* et sur une *confusion*.

« La répétition des mêmes "gestes" doit produire les mêmes résultats, tel est le *postulat implicite*. Ceci serait vrai si on prenait soin de définir très exactement ce qu'on entend par "mêmes gestes".

« La *confusion* est celle qui est faite entre l'analyse chimique et les essais et plus particulièrement les essais mécaniques. L'analyse chimique est basée sur les propriétés chimiques quantitatives connues de la matière, le mode opératoire a pour but de donner des conditions dans lesquelles elles se manifestent.

« Les essais, au contraire, dépendent avant tout des moyens matériels employés, les facteurs intervenant dans la mesure étant mal définis en nombre et en grandeur, il arrive même que le mécanisme des phénomènes mis en jeu soit mal connu. La recherche de la quantité de fer dans un minerai est une analyse chimique, tandis que celle des matières volatiles dans un combustible est un essai...»

« *L'analyse chimique classique est une opération essentiellement humaine*, la reproductibilité des gestes et des conditions matérielles peut être loin de l'identité, même pour des opérateurs adroits et confirmés. Ceci conduit à reviser le postulat... »

L'auteur, analysant ensuite les résultats des analyses exécutées sur des échantillons d'acières identiques par de nombreux laboratoires soigneusement sélectionnés, conclut ceci :

« Les différences entre laboratoires sidérurgiques proviennent davantage de l'application qui est faite que des méthodes elles-mêmes, car leurs principes de base sont rarement incorrects. »

La conclusion pratique de l'auteur est qu'il convient de faire appel à l'emploi des échantillons-types pour que les laboratoires susceptibles d'avoir à analyser les mêmes produits puissent s'étonner entre eux.

Ce point de vue semble actuellement prévaloir dans les discussions qui ont lieu dans la commission spécialisée de la C.E.C.A. et l'emploi systématique des échantillons-types fabriqués en France et en Allemagne avec beaucoup de soins a été préconisé. Toutefois, pour faciliter les confrontations, des méthodes sélectionnées sont ou seront recommandées, ainsi sera annihilée la variable peu défissable que représente l'habileté de l'opérateur.

Les méthodes d'analyse utilisant des procédés qui relèvent de la physique pure, par leur rapidité et leur quasi-automaticité, bénéficient d'une faveur de plus en plus grande. La variété des appareils rend difficile l'établissement de règles communes d'application et les échantillons-types redeviennent le lien indispensable entre les laboratoires, bien que le facteur humain intervienne dans ce cas avec une bien moins grande acuité.

Les études statistiques interviennent dans l'examen des résultats de l'analyse chimique comme aussi bien dans la dispersion des résultats des essais mécaniques et physiques dont nous dirons un mot plus loin. La statistique s'introduit de plus en plus dans les aciéries afin de mieux connaître la dispersion des produits fabriqués. Les fabrications d'aciérie ont une variabilité propre et non celle que certaines spécifications techniques seraient tentées de leur imposer, ces spécifications n'ayant pas le pouvoir de modifier en moyenne et en dispersion les caractéristiques des produits d'une fabrication déterminée (3). L'établissement et la publication de ces statistiques devraient permettre à l'ensemble des aciéries, dans un avenir plus ou moins lointain, de rapprocher

le niveau de leurs fabrications de celui des aciéries qui réalisent les plus belles performances.

En ce qui concerne les aciers d'usage général, les recherches principales en acierie ont visé à l'obtention de valeurs plus élevées des caractéristiques moyennes et de dispersions moins grandes dans les résultats obtenus pour une fabrication donnée. Cela a conduit, particulièrement dans les aciéries Thomas, à réduire la dispersion des teneurs en éléments constitutifs de l'acier parce qu'elles ne doivent pas varier dans de larges limites pour certains emplois, et à diminuer la teneur en impuretés. Soit dit en passant, les éléments banalement considérés comme impuretés ne sont pas nuisibles à tous égards et l'on s'aperçoit mieux aujourd'hui du rôle favorable qu'ils jouaient parfois dans les aciers du passé. Il convient en effet dans certains cas d'ajouter aux aciers trop purs des éléments tels que l'azote qui leur confère des propriétés mécaniques élevées, soit à froid dans le cas des aciers calmés à l'aluminium, soit à chaud dans celui des aciers semi-calmés. Dans d'autres cas une certaine teneur en soufre est nécessaire, pour faciliter le décolletage par exemple, tandis qu'une teneur élevée en phosphore est susceptible d'améliorer la résistance à la corrosion. De la constatation des influences non négligeables des impuretés en bien ou en mal à la recherche de l'influence des divers oligoéléments dont l'existence dans l'acier était plus ou moins connue, il n'y avait qu'un pas à franchir pour trouver encore des nouveaux terrains non entièrement défrichés et dignes de l'intérêt des chercheurs.

A propos des aciers destinés à des emplois spéciaux, de nombreuses recherches ont dû être entreprises et doivent être poursuivies. Il en est ainsi des tôles pour chaudières par exemple. Pour la fabrication des ballons de chaudières, on utilise des tôles en acier au carbone ou en acier peu allié dont l'épaisseur peut atteindre et même dépasser

100 mm, ceci pour des températures de fonctionnement comprises entre 250 et 450° C environ. Pour ces aciers, il est nécessaire de déterminer les propriétés mécaniques aux températures d'emploi et d'introduire dans les normes les valeurs de la limite d'élasticité à chaud qui sont indispensables pour définir le taux de travail admissible que le constructeur introduira dans ses calculs. Le métallurgiste a donc été obligé de déterminer ces caractéristiques, ce qui l'a amené à participer à la mise au point de la méthode d'essai et parfois même à réaliser des appareils d'essai.

Pour les températures de fonctionnement supérieures à 450°C, un nouveau phénomène intervient d'une manière très notable, le fluage, c'est-à-dire l'écoulement du métal en fonction du temps. Il a fallu, pour éviter ou réduire l'amplitude de ce phénomène, mettre au point des aciers au molybdène, au chrome-molybdène, au chrome-molybdène-vanadium que l'on peut utiliser jusqu'à 560°C environ, à la condition de connaître la résistance au fluage de ces aciers jusqu'à une durée de 100 000 heures au moins. Cela conduit à exécuter des essais longs et onéreux pendant des dizaines de milliers d'heures et à rechercher à partir de quand on pouvait extrapoler à 100 000 heures. Au-delà de 560°C, outre le fluage, intervient une oxydation rapide des pièces, il a fallu alors rechercher des alliages, généralement austénitiques résistant à la fois à l'oxydation à chaud et au fluage.

La recherche pour la normalisation des matériaux, ou ce qui revient au même l'établissement de spécifications techniques les concernant, s'impose pour les industries d'avant-garde, l'aéronautique et l'astronautique par exemple. Celles-ci, soumises à la nécessité d'alléger leurs constructions, sont obligées d'utiliser les matériaux jusqu'à la limite de leurs possibilités et, en attendant mieux, elles en sont venues par exemple à demander aux aciéries de leur fournir des aciers présentant une

résistance à la traction de 180 hbar environ.

Or tous les aciers à très haute résistance mécanique sont sensibles à la corrosion sous tension et les aciers classiques au nickel-chrome-molybdène soumis aux embruns ne résistent pas plus d'un mois sous une tension égale à 80 % de leur limite d'élasticité. Ces phénomènes ont nécessité et nécessitent encore de nombreuses recherches.

Il faut protéger les surfaces, mais il faut encore trouver un mode de revêtement adéquat puisqu'un dépôt électrolytique introduisant de l'hydrogène dans l'acier le rend susceptible de fragilité. D'autre part, si une protection valable a été trouvée, la moindre blessure dans le revêtement protecteur mettant à nu le métal sous-jacent peut être le point de départ d'une corrosion dangereuse dans l'état de tension où se trouve la pièce. De nombreuses recherches doivent donc être entreprises pour trouver les solutions de tous ces problèmes avant l'établissement des spécifications techniques.

Un autre phénomène dangereux, et plus particulièrement en aéronautique, est la rupture de fatigue ; elle intervient sous l'effet des efforts répétés ou alternés et l'on pourrait être tenté d'introduire des clauses de résistance à la fatigue dans les cahiers des charges et normes de produits destinés à l'aéronautique. Mais l'essai de fatigue est long, dispendieux, dispersé. De plus, la résistance à la fatigue n'est pas une propriété intrinsèque du métal et, lors du dernier Salon de l'Aéronautique, l'Ingénieur Principal de l'Air, G. Serroux (4), résumait dans un tableau les limites de fatigue, $f(10^7)$, d'un acier au nickel-chrome-molybdène auto-trempeant, traité à 180 hbar, et ceci en fonction du mode d'élaboration, de la sévérité des entailles, du mode de finition des surfaces. Il montrait que la limite de fatigue, toutes choses égales d'ailleurs, variait relativement peu d'un procédé d'élaboration à l'autre et, pour

être plus précis, de 80 à 75/65 kg/mm² entre le métal fondu sous vide et l'acier élaboré au four à arc, mais que, par contre, le dessin de la pièce et les accidents de forme qu'elle comporte avaient une importance considérable sur la tenue à la fatigue. C'est ainsi qu'un coefficient de concentration, K_t , compris entre 1 et 5, faisait varier la résistance à la fatigue de 75 à 18. D'autre part le mode de finition des surfaces faisait varier la résistance à la fatigue de 75 à 33.

L'auteur concluait qu'à l'exception de certaines pièces, telles que roulements, engrenages, barres de torsion, etc., la résistance à la fatigue était avant tout du ressort du constructeur. Aussi a-t-il été jugé en France que l'établissement d'une norme concernant la méthode d'essai de fatigue ne s'imposait pas.

Enfin une caractéristique d'une importance primordiale est la résistance à la rupture fragile. Celle-ci est contrôlée, même dans les normes de produits d'usage courant, et d'une manière rapide, grâce à l'essai de résilience.

Le risque de rupture fragile, c'est-à-dire d'une rupture qui a lieu sans avertissement, augmente avec les aciers à très haute résistance mécanique et la moindre faiblesse structurale, la plus fine micro-fissure de fatigue, la moindre éraflure peuvent être cause de rupture brusque des pièces sous des efforts très faibles. Ici intervient la notion relativement nouvelle de l'énergie de déchirure : G_c , c'est-à-dire l'énergie consommée pour provoquer un accroissement unitaire de la surface de la fissure. La connaissance de l'énergie de déchirure à faciès fragile des différents métaux est un atout considérable pour le constructeur qui doit réaliser des pièces de sécurité.

Il y a dans ce domaine, pour les physiciens des métaux, un très beau champ d'application pour leurs recherches futures. Actuellement ces physiciens débroussaillent le terrain en accomplis-

sant de très nombreuses recherches fondamentales sur la rupture fragile et la microfractographie. Sans doute le moment est-il venu pour eux de diriger leurs efforts vers l'exploitation pratique des connaissances déjà acquises.

Les constructeurs d'avions et d'engins interspatiaux, bien plus encore que les constructeurs de chaudières, exigent des propriétés élevées de résistance au fluage et une résistance accrue à l'oxydation à chaud.

Il y a vingt-cinq ans avaient été mis au point en France des alliages susceptibles d'être utilisés jusqu'à la température de 850°C, ces alliages atteignent aujourd'hui un plafond de 950°C. Or un nouveau gain de 150°C sur la température d'emploi permettrait un gain de 10 % sur la poussée et ce gain atteindrait 30 % si on pouvait arriver à 1 250°C. Des recherches à cet égard se poursuivent actuellement.



II. LA NORMALISATION DANS SES RAPPORTS AVEC LA TECHNIQUE.

Michèle Mauvelet, dans un article sur les échanges commerciaux et la normalisation (5), pose la question suivante : « La normalisation est-elle un accélérateur ou un frein ? »..., et elle répond aussitôt : « Il faut éviter de toucher à la technique pure. Cette dernière évolue trop rapidement pour être réellement normalisée et sa fixation pour un temps donné peut provoquer un ralentissement dans l'activité créatrice, inventive et nuire de ce fait au progrès.»

Voilà une mise en garde qu'à dessé n j'ai placé en tête de ce chapitre.

Le but d'une norme est d'apporter au constructeur :

- a) des bases de calculs,
- b) des garanties sur la santé du matériau.

Toute exigence de l'utilisateur devrait être exprimée exclusivement sous la forme de propriétés. Si ce n'est pas toujours actuellement le cas, il appartient aux chercheurs et techniciens de viser cet objectif, car il n'est pas raisonnable d'enserrer les producteurs d'acier dans un carcan et de limiter leurs initiatives dans la manière de conduire les procédés de fabrication en perpétuelle évolution et qu'ils sont les seuls à bien connaître dans leur complexité.

Certains rédacteurs de spécifications techniques sont tentés de préciser directement ou indirectement aux acieristes comment ils doivent élaborer l'acier, en fixant soit le mode d'élaboration, soit le mode de désoxydation. Or nous sommes actuellement en pleine évolution par suite de l'apparition de procédés nouveaux et aussi du perfectionnement des procédés traditionnels.

Les principaux modes d'élaboration actuellement utilisés sont toujours les procédés Thomas, Martin, Electrique à arc, auxquels sont venus s'ajouter les procédés par soufflage à l'oxygène techniquement pur. Mais le procédé Thomas au convertisseur, l'un des plus anciens, a été grandement amélioré, soit par un contrôle plus systématique et plus scientifique des paramètres de fabrication — l'évolution de la température au cours de l'opération notamment — soit par le travail du laitier, soit par l'enregistrement des débits de vent et par l'enrichissement en oxygène de l'air soufflé, etc.

L'acier Thomas, qui a l'avantage d'être bon marché, avait l'inconvénient de fournir un acier présentant une certaine dispersion dans sa composition chimique, notamment dans ses teneurs en phosphore, soufre, azote. On sait aujourd'hui, moyennant un contrôle précis, des soins et des techniques complémentaires, qui ajoutent toutefois au prix de revient, abaisser les teneurs maximales en ces éléments et leur dispersion.

L'apparition des aciéries dites à l'oxygène a permis d'obtenir des aciers très purs qui concurrencent les aciéries Martin. Il semble en effet que les aciéries Martin qui emploient principalement la fonte liquide dans leur charge auront du mal à lutter contre les nouveaux procédés. Par contre, les aciéries Martin qui refondent principalement les ferrailles — celles qui sont les plus nombreuses en Europe — pourront très vraisemblablement se maintenir moyennant une productivité portée à son niveau le plus élevé.

L'affinage au four de l'acier étant terminé, une opération dite de désoxydation peut être opérée ou non et l'on a soit des aciers effervescents qui se solidifient en bouillonnant par suite d'un dégagement tumultueux du CO provenant de la réaction entre l'oxygène et le carbone contenus dans le métal liquide, soit des aciers non effervescents dans lesquels les réactions chimiques ont été bloquées par une addition désoxydante.

Si dans une norme on introduit des spécifications concernant la désoxydation, en précisant « acier effervescent ou non », on apporte une précision non dénuée d'intérêt, mais qui peut être unurre pour le consommateur, une gêne pour le producteur. En effet, les aciers non effervescents sont multiples et peuvent être encore multipliés par des procédés de calnage nouveaux toujours recherchés par les aciéristes.

Actuellement les aciers non effervescents d'usage courant peuvent être fournis soit semi-calmés, soit calmés au silicium, soit encore calmés à l'aluminium. Chacun de ces types d'acier présente des avantages et des inconvénients. Les inconvénients peuvent concerner les prix de revient, mais aussi les propriétés d'emploi et les propriétés mécaniques.

L'acier effervescent et l'acier semi-calmé possèdent une excellente résistance

à la fissuration à chaud : ils se forgent et se laminent facilement, plus aisément dit-on que l'acier calmé à l'aluminium qui, en contrepartie, se présente normalement avec un grain fin et une excellente résistance au vieillissement. Les possibilités de l'aciériste sont innombrables et il convient d'accorder à celui-ci un certain degré de confiance et de lui laisser, dans la plupart des cas, le soin de choisir le mode d'élaboration et de désoxydation qui lui semble le plus adéquat à la fourniture et à l'emploi visé. Il n'est absolument pas possible de préciser suffisamment, dans une norme, la manière de fabriquer l'acier et si, dans une période transitoire, on peut parfois se croire obligé d'exiger un procédé d'élaboration ou de désoxydation de préférence à un autre, il faut savoir le faire avec souplesse et laisser la porte ouverte à d'autres possibilités. On peut s'étonner que cette souplesse se soit manifestée dans les réunions de l'I.S.O. qui comprend 50 pays, et pas dans la C.E.C.A. qui n'en comprend que 6. En effet, les participants de l'I.S.O. ont accepté que les considérations concernant les procédés d'élaboration ou les teneurs en azote qui les désignent indirectement soient traitées dans une annexe informant le consommateur qu'il peut obtenir les cinq nuances d'acières de construction inscrites dans l'avant-projet de Recommandation I.S.O. n° 705 (mars 1965) sous trois ou quatre qualités, A - B - C et D, avec des garanties croissantes, notamment du point de vue de la résistance fragile et que selon les usages des différents pays producteurs on peut éventuellement fixer en plus le procédé d'élaboration, soit directement, soit indirectement en limitant la teneur en azote.

Une teneur limite en azote avait dans le passé déjà été fixée dans certaines spécifications techniques et cela n'était pas dénué d'intérêt dans le cas des aciers effervescents dont l'azote en solution sursaturée dans le fer α était cause de phénomène de vieillissement, c'est-à-dire d'une précipitation en fonction du temps

de nitrure de fer dans la matrice ferritique, ce qui provoque un certain durcissement de l'acier en même temps qu'une fragilité accrue. Une déviation concernant la fixation d'une teneur maximale en azote s'est ensuite produite, en s'appliquant à tous les aciers et ceci sans aucun souci de l'état sous lequel l'azote se trouvait dans l'acier. Dans les aciers calmés à l'Al par exemple, l'azote n'entre pas en solution solide dans le fer α et cet azote qui est précipité à l'état de nitrure d'aluminium joue ici un rôle fort utile pour l'obtention du grain fin des aciers ainsi calmés et par voie de conséquence une résistance accrue à la rupture fragile.

La fixation d'une teneur maximale en azote avait à l'origine pour objectif de donner une garantie contre le vieillissement des aciers réputés vieillissables ; elle est devenue par la suite un moyen pour éliminer certains procédés d'élaboration de la fourniture des aciers de qualité supérieure.

Le résultat de ceci c'est que l'on trouve dans l'euronorm n° 25 quatre limites maximales de la teneur en azote, 0,012 et 0,011 %, 0,009 % et 0,007 %, ce qui conduit à la création de très nombreuses qualités dans le maquis desquelles se perd le spécialiste, et à plus forte raison le consommateur. Le mal de la multiplicité des nuances et qualités a été récemment dénoncé par Paul Voltz, spécialiste allemand de la construction navale (6). Des travaux de la C.E.C.A. il est résulté par exemple que la nuance A 37 dont la fourchette de résistance est comprise entre 37 et 45 kg/mm² comprend un nombre effarant de qualités diverses, de même pour les autres nuances telles que l'A 42 (42/50 kg/mm²). Encore faut-il remarquer qu'une place à part a été faite aux aciers élaborés au four à arc électrique qui contiennent en moyenne 0,012 % d'azote avec dispersion possible jusqu'à 0,018 %. Ainsi on confondait l'azote dissous dans le fer, l'azote en solution sursaturée et l'azote combiné. On attribuait aussi

implicitement une certaine noblesse à l'azote de l'acier électrique, tandis que le même azote dans l'acier Thomas était considéré comme détestable. Au contraire de ce qui s'est fait à la C.E.C.A., J. E. Russel nous affirme qu'étant donné l'action favorable de l'azote sur les propriétés à froid et à chaud de l'acier, il conviendrait plutôt d'exiger une teneur minimale pour cet élément, soit 0,004 % (7).

Des remarques semblables peuvent être faites à propos des traitements thermiques. La qualité D des euronorm et de la norme française des aciers de construction, c'est-à-dire la plus noble, est en pratique généralement livrée après un recuit dit de normalisation opéré après laminage (recuit un peu au-dessus du point Ac 3 suivi de refroidissement à l'air) ; mais un laminage contrôlé non suivi de recuit, c'est-à-dire opéré dans un certain intervalle de température et refroidi à partir d'une température de fin de laminage bien définie, peut permettre d'obtenir, peut-être à meilleur compte, les mêmes propriétés mécaniques. Mettre le doigt dans la technique est bien dangereux quand il s'agit de normaliser, car les indications données seront toujours incomplètes et de ce fait seront erronées, puisqu'on ne pourra jamais, dans une norme, prendre en considération toutes les variables de la fabrication.

En ce qui concerne les caractéristiques mécaniques exigées, il y aurait aussi beaucoup à dire. Les caractéristiques essentielles sont en premier lieu la limite d'élasticité puisque les calculs des constructeurs sont maintenant basés sur cette caractéristique et aussi sur la théorie de l'élasticité qui admet avoir affaire à des corps homogènes et isotropes, ce qui est pratiquement vrai pour les déformations ne dépassant pas la limite élastique. Celle-ci est parfois déterminée d'une manière conventionnelle. En effet, quand la limite élastique inférieure n'est plus visible sur le diagramme d'essai de traction, on détermi-

mine le plus souvent la limite $E_{0,2}$, c'est-à-dire la charge correspondant à une déformation plastique de 0,2 %. Mais certains constructeurs demandent la limite $E_{0,1}$ et d'autres $E_{0,5}$ (7). De plus, dans le cas de la mesure de $E_{0,2}$ à chaud, cette détermination se fait généralement par maintien de 15 secondes, selon les recommandations de l'I.S.O. notamment, tandis que d'autres exigent 5 minutes au moins. Ainsi le foisonnement des exigences se manifeste sans se justifier toujours.

Une autre caractéristique, comme nous l'avons déjà vu à propos de la rupture fragile, doit également être placée au premier plan des soucis du normalisateur, c'est l'essai de choc sur barreau entaillé qui sert à exprimer le degré de résistance à la rupture fragile.

La première spécification internationale relative à cette caractéristique fut établie en 1958, à Vienne, par la Commission IX de l'Institut International de Soudure. Ce document est désigné communément chez nous sous le titre de « Recommandation Bonhomme » du nom de celui qui exerça la présidence de la sous-commission chargée de la rédaction du document dont le titre est exactement le suivant : « Recommandation pour le choix et la classification des aciers pour constructions soudées ».

La construction soudée a largement pris le pas de nos jours sur la construction rivée et la recommandation Bonhomme tente de définir cette propriété d'emploi qu'est la soudabilité et plus particulièrement dans le cas du soudage à l'arc électrique. Elle passe en revue :

- a) l'influence des caractéristiques de l'acier,
- b) l'influence du tracé de la construction,
- c) celle des sollicitations aux températures de service,
- d) celle de la technique du soudage,

et elle conclut fort raisonnablement ceci : « Le choix parmi les qualités d'acier ne dépend pas uniquement des propriétés intrinsèques de l'acier, mais dépend également dans une mesure importante des mesures constructives adoptées, de la nature et du niveau de sollicitations appliquées à la construction, de la technique de soudage adoptée et de la température de service. »

« La recommandation s'applique aux produits laminés des nuances 34 à 52 kg/mm² utilisés dans la construction de ponts, charpentes, ouvrages d'art, navires, ossatures de matériel roulant, réservoirs de stockage et machines. Ses principes généraux peuvent être utilisés pour d'autres espèces de construction, bien que pour de telles constructions les valeurs limites données dans le document puissent nécessiter des ajustements. »

Ces valeurs limites concernent principalement les teneurs en carbone, phosphore et soufre et un essai de rupture par choc sur barreau entaillé en V.

Quatre qualités ont été prévues : A, B, C, D, celles qui ont été retenues dans la norme française. Pour les qualités A et B, aucun essai de rupture par choc n'a été fixé, tandis que pour les qualités C et D la résilience doit être supérieure ou égale à 3,5 kg/cm² sur éprouvette à entaille en V. Cette valeur de la résilience doit être atteinte à la température d'essai de zéro degré centigrade pour la qualité C, à -20°C pour la qualité D.

Ainsi le document Bonhomme, basé sur une nombreuse documentation et de nombreux essais effectués sur éprouvettes prélevées dans les pièces accidentées de navires ou de ponts, résolvait élégamment et avec simplicité ce problème aux nombreuses variables de la soudabilité. Bien que relativement ancienne dans un monde où tout bouge, cette recommandation est toujours en vigueur.

On prétend, avec de bonnes raisons, que le simple essai de rupture sur barreau entaillé ne suffit pas à définir la soudabilité et l'on s'efforce de mettre au point des essais technologiques de fissuration qui consistent généralement à déterminer sur des éprouvettes bridées comment se forment les fissures au cours d'un mode de soudage déterminé. Le malheur c'est que ces essais technologiques sont longs et dispendieux et que leur nombre se multiplie chaque jour.

On peut en effet compter par dizaines les méthodes proposées, preuve que ces méthodes n'ont pas un caractère de généralité. Ceci se comprend d'ailleurs fort bien puisque, soulignons-le de nouveau, le nombre de variables est considérable.

Pour le moment on peut percevoir dans la littérature que les auteurs sont généralement heureux quand ils trouvent des relations entre les méthodes d'essais technologiques qu'ils éprouvent et l'essai de choc sur barreau entaillé. Cet essai est d'ailleurs complété dans la « Recommandation Bonhomme » et les normes qui en découlent par des teneurs limites en éléments d'alliages tels que le silicium, le manganèse et surtout le carbone, ainsi que par les valeurs maximales des éléments considérés comme impuretés. Cet ensemble d'indications semble devoir donner toutes les garanties souhaitables dans le cas général. Dans les emplois très spéciaux, il devrait, me semble-t-il, suffire d'étudier d'un peu plus près ces différentes variables et de préciser leurs valeurs en fonction des difficultés de soudage et du degré de sécurité souhaitable.

Avant de clore ce chapitre, je crois utile de montrer par quelques exemples combien le consommateur peut se nuire à lui-même, du moins par l'augmentation de ses dépenses, en exprimant des exigences non justifiées et qui découlent de son ignorance ou de son inquiétude.

tude plus que d'un réel besoin. Je citerai volontiers de nouveau l'exemple classique des vilebrequins de moteurs d'automobile et pièces analogues pour lesquels on a été, chez nous, jusqu'à exiger 9 kg/cm² de résilience, tandis que dans le même temps Ford fabriquait ses vilebrequins au moyen d'une fonte à bas carbone possédant une meilleure capacité d'amortissement que l'acier et dont la forme avait été soigneusement étudiée en vue de diminuer les contraintes tri-axiales dans les coudes.

Des exemples du même genre sont cités par A. B. Kinzel (8) indiquant que « si un bâti de machine doit être rigide et massif pour assurer un bon amortissement aux vibrations, il n'y a pas lieu, sauf cas très particuliers, de s'inquiéter de la résistance à la traction et aux chocs. Dans un autre domaine, si un acier inoxydable ne doit pas être soudé, ni utilisé au-delà de la température ambiante, il n'y a pas lieu de spécifier qu'il doit résister à la corrosion intergranulaire. » D'autres cas très nombreux pourraient être cités...

III. LA NORMALISATION DANS SES RAPPORTS AVEC L'ECONOMIE.

Dans l'article déjà cité (5), Michèle Mauclet montre parfaitement quel est l'intérêt de la normalisation dans le domaine économique. Par ailleurs (9) Roger Frontard analyse, comme suit, les divers aspects de l'ensemble des normes en matière économique et sociale :

« La nécessité de préciser par écrit les définitions, caractéristiques, dimensions, qualités, méthodes d'essais, règles d'emploi, etc., d'objets, de produits ou

de services, se rencontrent dans les cas ci-après :

- Etudes techniques,
- Plans de fabrication,
- Plans d'approvisionnement,
- Contrats commerciaux,
- Cahiers des charges et marchés publics,
- Rapports d'experts,
- Règlements administratifs,
- Politiques professionnelles,
- Actions gouvernementales d'ensemble. »

Sont mis en cause : le bureau d'études, l'atelier, les services d'approvisionnement et commerciaux, les contrats qui se font entre producteurs et consommateurs et aussi indirectement la justice qui peut intervenir en cas de litige.

La norme qui est source de renseignements techniques devient clause de contrat dès qu'elle a été insérée dans un marché entre producteur et utilisateur, elle constitue un document technico-commercial, la fonction d'échange de services et produits étant, il faut bien en convenir, l'objectif final d'une très grande partie de l'activité des hommes.

Si, comme nous venons de le voir, la recherche et la technique sont des moyens puissants au service de la normalisation, la technique peut cependant aussi servir à des fins moins louables et être utilisée pour la défense des intérêts privés contre l'intérêt général. Il en est de même du choix des unités de mesure.

« En faisant adopter par la moitié du monde, nous dit encore M. Mauclet, les pouce, livre, mille marin, livre sterling, etc., etc... au siècle dernier, l'Angleterre d'abord, puis le groupe des pays anglo-saxons se sont réservés pour une très longue période une sorte de monopole industriel. » Un peu plus loin, l'auteur ajoute : « De telles barrières sont également prises sur le plan technique, on peut citer l'exemple de la normalisation du filetage des vis. Il existe une recommandation I.S.O. adoptée par

l'AFNOR et par l'industrie française. La Grande-Bretagne a conservé les dimensions du système duodécimal. La République Fédérale allemande ne respecte pas la recommandation I.S.O. et utilise une norme D.I.N. métrique différente de la recommandation I.S.O. ». Les choses se sont améliorées grandement depuis l'exemple donné par M. Mauclet à propos du filetage des vis ; il n'en est pas moins vrai que cet état de fait a existé et qu'on le retrouve encore dans bien d'autres domaines.

Ces barrières tendent, non à disparaître, mais à perdre de leur importance, et ceci non pas principalement à cause de l'action des hommes d'ordre et de bonne volonté, mais surtout sous l'aileron de l'intérêt. C'est ainsi qu'au cours du premier semestre 1965, Douglas Jay, président du Board of Trade d'Angleterre, déclarait que le changement des unités était imposé par les réalités commerciales internationales, plus de 50 % des exportations britanniques s'en allant dorénavant vers les pays à système métrique.

Le passage des pays anglo-saxons du système duodécimal au système métrique se préparait d'ailleurs depuis un certain temps. C'est ainsi que M. G. Weston (7) déclarait naguère ceci :

« En ce qui concerne la normalisation des dimensions, la difficulté la plus grande dans les discussions internationales est l'existence de deux systèmes de mesure, « inch et métrique ». La procédure adoptée par l'United Kingdom dans les comités de l'I.S.O. a été d'encourager l'établissement de séries de dimensions susceptibles de couvrir à la fois la pratique des deux systèmes et d'assurer ainsi l'interchangeabilité. »

Et l'auteur d'ajouter :

« Conformément à l'opinion actuelle en notre pays concernant l'adoption du système métrique là où il est approprié, il semble désirable que, dans de tels cas, l'U. K. ne développe pas seulement

l'usage du système métrique à l'intention des pays à système métrique, mais qu'il doive se prêter à la préparation simultanée d'une série métrique et d'une série « inch » si celle-ci est demandée, de manière à aider à l'établissement de séries métriques efficaces et à pouvoir passer aux moindres frais au système métrique lorsqu'on décidera ce changement. »

Au même moment, les mêmes idées étaient exprimées aux U.S.A. par Charles L. Kent : « Pour s'installer dans le commerce international, dit-il, il est essentiel, en s'appuyant sur les travaux de l'I.S.O., que les équivalents métriques soient introduits dans tous les documents des U.S.A. Une action en ce sens a été entreprise par l'A.S.T.M. dès 1963. »

Ces opinions furent reprises en pratique au cours des travaux de la dernière assemblée générale de l'I.S.O. qui eut lieu à la Nouvelle Delhi en novembre 1964.

Ainsi voit-on s'éclaircir l'horizon. Ceci ne signifie pas que des nuages ne se manifestent pas encore à l'occasion des travaux internationaux en cours, témoin cette décision prise à Londres en juillet 1965 par l'I.S.O. d'établir une série de poutrelles I à ailes parallèles dans le système duodécimal sans qu'une série du système métrique ne l'accompagne.

A la barrière des unités s'ajoute tout naturellement celle des dimensions qui lui est associée. A cet égard, un excellent travail a été accompli au sein de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier.

A l'heure actuelle, la C.E.C.A. a publié 15 normes de dimensions et tolérances presque toutes reprises dans les normes nationales françaises avec parfois des légères modifications nécessaires pour satisfaire aux besoins encore actuels de certaines administrations et plus généralement des consommateurs. Ce sont

les euronorm qui concernent principalement les poutrelles I et H, les laminés marchands, les feuillards, c'est-à-dire les produits qui constituent le plus gros pourcentage de la production de la sidérurgie lourde.

Certaines de ces euronorm ont été reprises par l'I.S.O., en particulier celles qui concernent les cornières à ailes égales et à ailes inégales. D'autres sont en cours d'examen et l'on a bon espoir que la plupart d'entre elles pourront être acceptées en France sans grandes modifications.

La plus grande difficulté rencontrée dans les travaux de normalisation de la C.E.C.A. — nous l'avons déjà vu lorsque nous avons analysé les incidences de la technique sur la normalisation — concerne le choix des qualités dans chaque nuance d'acier de construction d'usage général. Nous revenons sur ce point uniquement pour exprimer le vœu que se manifeste plus de souplesse et moins d'esprit analytique dans les travaux futurs. Peut-être aussi qu'avec le temps s'amenuisera la compétition entre les différents procédés de fabrication de l'acier. Chacun d'eux, nous l'espérons, trouvera la place qui lui est due lorsque sera franchie la période transitoire que nous vivons en raison de l'évolution rapide de nos techniques.

Il n'en demeure pas moins qu'un résultat positif a été acquis à la C.E.C.A. et à l'I.S.O. en ce qui concerne le choix d'un nombre réduit de nuances d'acières. Ces aciers, bien éprouvés par une longue pratique pour la construction métallique, sont ou seront fabriqués et utilisés dans le monde entier.

Avant de terminer, je crois utile de donner ici un extrait des opinions de Charles L. Kent déjà cité (10), montrant l'importance du point de vue économique de la conformité des normes nationales et des normes internationales :

« Nous sommes habitués dans notre pays, nous dit le rédacteur, à ne pas porter une sérieuse attention à la portée

pratique et commerciale de nos spécifications standards. Cette attitude se comprenait lorsque la demande était grande et les prix favorables. La situation est aujourd'hui différente, l'exportation exige une accommodation aux spécifications étrangères quand les spécifications américaines sont insuffisantes pour les consommateurs étrangers. L'intégrité du producteur d'acier, sa connaissance du client et de ses besoins amenaient tacitement, producteurs et consommateurs de l'intérieur, à tenir compte d'un certain nombre d'exigences non écrites que nous désignons sous le terme « intent ». Le grand développement du commerce international nous oblige maintenant à apporter plus de précisions à la définition de nos qualités d'acier et du mode de contrôle de ce produit de manière que nos spécifications ne soient pas plus vagues que celles des autres pays. »

Les recommandations de l'I.S.O. elles-mêmes, bien qu'elles ne doivent en principe comprendre qu'un minimum de spécifications tendent à inclure des critères qui constituent ce que nous avons appelé « intent ». Ces précisions sont particulièrement utiles pour les pays

neufs qui utilisent les recommandations de l'I.S.O. pour leur commerce extérieur et qui s'en servent comme base pour établir leurs normes nationales. L'intérêt mondial des recommandations de l'I.S.O. est reconnu par des vieux pays tels que l'Angleterre, la France, l'Allemagne qui, en ce moment, révisent activement leurs normes nationales compte tenu des travaux de l'I.S.O.

Il resterait bien des choses à dire sur les incidences de la science, de la technique et de l'économie dans l'établissement des normes, mais il ne nous semble pas opportun de pénétrer dans le détail, dans cette conférence qui se veut générale, et c'est sur une note optimiste que je conclurai en indiquant que le travail de normalisation des produits sidérurgiques se déroule relativement bien en France et dans le monde. C'est ce que, avec l'un de mes collaborateurs, j'ai montré dans une publication récente de la *Revue de Métallurgie* (11).

Ce travail, j'espère l'avoir montré assez clairement, exige pour être mené à bien beaucoup de science et d'expérience. Il exige surtout beaucoup de patience.

Allocution inaugurale de M. Jean LECOMTE

Membre de l'Institut,
Président de la Société d'Encouragement

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESSAMAS,
MESSIEURS,
Mes chers Collègues,

Je suis heureux de saluer la belle assistance, qui a bien voulu se joindre à nous aujourd'hui, et je lui en exprime notre gratitude.

En effet, le Grand Prix Lamy est la plus haute distinction que nous puissions décerner à une Entreprise Industrielle et il nous est particulièrement agréable que la cérémonie qui consacre sa remise, en réunissant un auditoire de qualité, revête toute la partie convenable.

Pour la vingtième fois, notre Société

— dépendance est insuffisante pour assurer une telle qualité. O. Z. P. est aussi assez difficile à utiliser dans la mesure où il est nécessaire d'ajouter des éléments métalliques pour assurer la stabilité thermique.

1. G. DELBART et E. DUHEM. — Normalisation et Sidérurgie. *Revue de Métallurgie*, mars 1963.
2. E. JAUDON. — Normalisation. Echantillons-type. Rationalisation en analyse chimique. *Revue de Métallurgie*, n° 7, 1960.
3. M. E. WESCOTT. — Specifications do not control process. *Material Research and Standards*, mars 1963.
4. Ingénieur principal de l'Air SERTOUR. — Aciers et alliages nouveaux. Salon de l'Aéronautique 1965. *Journée des aciers spéciaux*, 17 juin 1965.
5. Michèle MAUGLET. — Echanges commerciaux et normalisation en Europe. *Usine nouvelle*, novembre 1964.

BIBLIOGRAPHIE

6. Paul VOLTZ. — Gedanken eines Verbrauchers zur Stahlentwicklung, *Stahl und Eisen*, n° 25, 3 décembre 1964.
 7. National Steel Specifications. *Iron and Steel Institute*, octobre 1964.
 8. A. B. KINZEL. — Dixième conférence « Memorial Gillett ». *Mémoires A.S.T.M.*, 1961.
 9. R. FRONTARD. — *Centre de perfectionnement de la Maison de la chimie*, novembre 1963.
 10. Charles L. KENT. — International Standardization for Steel. *Materials Research and Standardization*, septembre 1965.
 11. G. DELBART et P. ROUSSEAU. — La normalisation des produits sidérurgiques en France et à l'étranger. *Revue de Métallurgie*, juin 1965.
-
- Avant de terminer, je crois utile de donner ici un extrait des opinions de Charles L. Kent déjà cité (10), montrant l'importance du point de vue économique de la conformité des normes nationales et des normes internationales :
- « Nous sommes habitués dans notre pays, nous dit le rédacteur, à ne pas porter une sérieuse attention à la portée

Grand Prix Lamy

REMISE DU GRAND PRIX LAMY A LA SOCIÉTÉ DES

FONDERIES DE PONT-A-MOUSSON

AU COURS DE LA CÉRÉMONIE DU 18 NOVEMBRE 1965

Nous voudrions exprimer nos félicitations au jury qui a décerné le Grand Prix à la Société des Fonderies de Pont-a-Mousson. Nous devons être très fiers de ce résultat obtenu par une entreprise française qui a su faire preuve d'initiative et d'ingénierie dans un secteur où l'étranger domine. Nous célébrons avec plaisir cette victoire de nos concitoyens.

I

Allocation inaugurale de M. Jean LECOMTE,

Membre de l'Institut,

Président de la Société d'Encouragement

Citons encore les réalisations de la Société des Fonderies de Pont-a-Mousson. Ses réalisations sont diverses : réaménagement et modernisation de ses installations, production de base à laquelle Pont-a-Mousson doit une grande partie de sa renommée mondiale. Nous signifierons sur tout l'ensemble de l'année de 1968 de nombreuses réalisations.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESDAMES,
MESSIEURS,
MES CHERS COLLÈGUES,

Je suis heureux de saluer la belle assistance, qui a bien voulu se joindre à nous aujourd'hui, et je lui en exprime notre gratitude.

En effet, le Grand Prix Lamy est la plus haute distinction que nous puissions décerner à une Entreprise industrielle et il nous est particulièrement agréable que la cérémonie qui consacre sa remise, en réunissant un auditoire de qualité, revête toute la portée convenable.

Pour la vingtième fois, notre Société

rend hommage par l'attribution du Grand Prix Lamy à une firme française ayant, selon les conditions requises, puissamment contribué au développement d'une région et au renom de l'industrie française dans le monde.

On pourrait croire que nos devanciers, en stipulant de telles conditions, pensaient par avance aux Fonderies de Pont-à-Mousson, car ces termes semblent la définition même de la magnifique entreprise lorraine dont le rayonnement s'étend sur le monde entier.

Rien ne manque au prestige de Pont-à-Mousson, ni une brillante histoire dans laquelle l'audace raisonnée et la persévérance ont triomphé de toutes les difficultés techniques, ni la conquête

méthodique des marchés extérieurs par la qualité des produits et l'étude minutieuse des prix de revient — rien, pas même les épreuves et les souffrances de trois guerres qui laissèrent des traces si profondes dans nos Marches de l'Est.

Je ne veux pas anticiper sur le rapport de mon Confrère, M. Chaudron. Je dirai toutefois qu'à l'hommage rendu aux Fonderies de Pont-à-Mousson nous joignons comme il est juste la Compagnie de Pont-à-Mousson elle-même puisqu'à elle deux ces entreprises représentent le bel héritage de Xavier Rogé, de Camille Cavallier et de leurs éminents successeurs, héritage qu'elles continuent à faire fructifier à travers le monde pour le plus grand bien de la prospérité lorraine et du prestige français.

II

Rapport de M. Georges CHAUDRON,

Membre de l'Institut,
ancien Président de la Société d'Encouragement,
Président du Comité des Arts Chimiques

C'est en 1946 que s'est accomplie la grande transformation de structure dont la Société des Fonderies de Pont-à-Mousson, notre lauréate d'aujourd'hui, tire son origine. La Société-mère, qui prit désormais le nom de « Compagnie de Pont-à-Mousson », cédait à une nouvelle institution les établissements industriels et commerciaux, c'est-à-dire les mines,

les usines, les dépôts et les agences lui appartenant en propre, la Compagnie de Pont-à-Mousson devenant l'organe de conception et de contrôle d'un groupe considérable d'entreprises et de participation.

La Société des Fonderies de Pont-à-Mousson se trouvait ainsi l'héritière du remarquable effort engagé 90 ans plus

tôt par quelques pionniers et poursuivi avec une ténacité exceptionnelle par leurs successeurs.

Il ne saurait être question ici de résumer l'histoire de Pont-à-Mousson. C'est avec regret que nous renonçons à évoquer des personnalités aussi attachantes que Xavier Rogé ou Camille Cavallier. Nous ne pouvons que mentionner en passant quelques-unes de leurs initiatives des plus hardies qui s'avérèrent aussi des plus judicieuses, telles le fonçage des puits d'Auboué contre l'avis formel des compétences de l'époque, telles, plus tard, l'heureuse inspiration destinée à assurer à Pont-à-Mousson une large indépendance à l'égard de ses alimentations en charbon par la participation à la concession de Beeringen et la mise en exploitation de ce gisement, lui aussi déclaré inexploitable par les spécialistes.

Nous voudrions cependant, sans anticiper sur la conférence technique qui doit vous être présentée tout à l'heure, insister sur le fait que la fabrication de la fonte doit à Pont-à-Mousson maintenir son progrès. C'est ainsi que les ingénieurs de la Maison se sont, avec beaucoup de persévérance, attelés au problème de la teneur en phosphore des fontes et ont mis au point les méthodes nécessaires pour obtenir la teneur voulue suivant le type de fabrication à réaliser.

Citons encore les innovations réalisées à diverses reprises dans le moulage des canalisations, production de base à laquelle Pont-à-Mousson doit une bonne part de sa renommée mondiale. Nous signalerons surtout l'adoption à partir de 1928 du coulage de la fonte dans une coquille métallique tournant sur elle-même et sur la paroi de laquelle la fonte est collée par la force centrifuge, en rappelant que les essais longs et coûteux de cette technique nouvelle furent réalisés en pleine crise, alors que Pont-à-Mousson venait tout juste de moderniser ses appareillages de coulée verticale des tuyaux et de procéder au démarrage d'une immense halle mécanique conti-

nue où s'achevaient d'importants perfectionnements et extensions.

**

Si la foi qui animait à toutes les générations successives les dirigeants et le personnel de Pont-à-Mousson permit à la grande Entreprise lorraine de supporter les épreuves et les destructions de trois guerres, il ne faut pas moins rendre hommage à l'esprit d'initiative et de recherches techniques, grâce auquel elle a su s'adapter à toutes les modifications exigées par les différentes phases de l'évolution industrielle moderne. C'est ainsi que, tout en perfectionnant ses productions à base de fonte, Pont-à-Mousson a su développer également des fabrications d'un autre type : conduites en acier soudé, en amiante, ciment, en béton, en matière plastique, sont venues compléter la variété des ressources offertes par Pont-à-Mousson à l'hydraulique et à l'assainissement.

Rappelons enfin que Camille Cavallier et ses successeurs ont toujours inscrit au premier rang de leurs préoccupations l'action sociale. Lors de la création de la Société des Fonderies de Pont-à-Mousson, les statuts, pour la première fois dans l'industrie lourde française, stipulaient la participation du personnel aux bénéfices.

**

Aux mérites scientifiques, aux mérites techniques qui sont la condition primordiale à prendre en considération pour l'attribution des distinctions de la Société d'Encouragement, s'ajoutent, dans le cas du Grand Prix Lamy, deux conditions très précises : la firme lauréate doit avoir contribué au développement d'une région et au bon renom de l'industrie française dans le monde. Or, ce sont là, peut-on dire, les caractéristiques mêmes des Fonderies de Pont-à-Mousson.

Le nom oublié d'une petite ville lorraine qui jadis avait possédé une Université assez brillante et qui était menacée comme tant d'autres de l'assouplissement définitif, devient au cours du XIX^e siècle un des plus connus sur les marchés économiques du monde.

Dès 1900 la liste des pays touchés par les exportations de Pont-à-Mousson s'étendait aux cinq continents. L'un des premiers succès, et le plus spectaculaire, avait été en 1883 l'adjudication des fournitures de la canalisation et accessoires divers à la Ville de Paris et son renouvellement en 1886.

On lit, dans le bel ouvrage dû à la signature de M. André Grandpierre : « En 1883, le 5 janvier exactement, Pont-à-Mousson fut déclarée pour la première fois adjudicataire des fournitures de canalisations et accessoires divers à la Ville de Paris. L'adjudication qui était valable pour trois ans fut renouvelée, malgré une concurrence acharnée, le 16 janvier 1886. Les prix pratiqués émuirent tout le monde, aussi bien le personnel de la Société que ses concurrents.

Ceux-ci se réjouirent de l'inéluctable faillite d'un confrère devenu par trop encombrant : leurs espoirs furent déçus. Les prix avaient été étudiés dans les moindres détails, depuis le morceau de minerai dans la mine jusqu'au tuyau rendu sur le chantier et, loin de faire faillite, Pont-à-Mousson trouva là sa consécration sur le marché français. »

Quant à l'expansion à l'extérieur, son développement fut si puissant que, dès 1923, 462 villes étrangères utilisaient les fournitures de Pont-à-Mousson.

**

C'était, non seulement pour la localité de Pont-à-Mousson et ses environs, mais pour toute une partie de la Lorraine, le gage d'une prospérité qui devait exercer son heureuse influence sur l'ensemble de l'économie régionale.

Devant cet ensemble de réalisations, il n'est pas besoin de souligner combien Pont-à-Mousson est digne de s'inscrire dans le brillant palmarès du Grand Prix Lamy, que la Société d'Encouragement est heureuse de lui décerner.

III

Allocation de M. Bernard GARDAIR,

Président de la Société des Fonderies
de Pont-à-Mousson

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,
MESSIEURS LES MEMBRES
DE L'INSTITUT,
MESDAMES,
MESSIEURS,

Nous ressentons profondément à Pont-à-Mousson l'honneur que vous nous

faites, Monsieur le Président, en nous accueillant aujourd'hui dans cette salle.

Nous avons conscience de tout le passé évoqué par ces lieux presque centenaires, qui ont été le théâtre de tant de communications scientifiques et qui ont vu passer tant de savants et d'hommes ayant illustré la science et l'industrie françaises.

Cet honneur, nous y avons été très sensibles dès le jour où nous avons su que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, de si grande renommée, avait décidé d'attribuer le Grand Prix Lamy à la Société des Fonderies de Pont-à-Mousson.

Vous venez, Monsieur le Président, d'évoquer en termes flatteurs l'histoire de notre Société qui, après des débuts bien modestes dans une seule usine, il y a un peu plus de 100 ans, a réussi à se hisser au niveau des affaires internationales.

Nous vous sommes reconnaissants pour cet éloge fait à tous ceux qui nous ont précédés dans la conduite et dans l'exercice de notre industrie.

Pour nous, qui avons à assurer le présent et à préparer l'avenir, ce passé comporte bien des leçons, et dicte notre attitude : une attitude faite de persévérance et d'esprit d'entreprise.

Aujourd'hui, la Société des Fonderies de Pont-à-Mousson rassemble 7 500 personnes travaillant dans 8 usines. Elle opère en liaison étroite avec la Société Minière et Métallurgique du Périgord, qui groupe 2 500 personnes dans ses deux usines du Sud-Ouest.

Les productions de ces deux Sociétés avec leurs 10 usines sont chaque année plus variées et plus étendues et l'une comme l'autre sont placées sous la même Présidence et la même Direction Générale.

Au tuyau de fonte traditionnel, qui a fait la prospérité et la réputation de notre Maison, nous avons ajouté depuis longtemps les pièces moulées pour l'industrie mécanique, l'automobile, la machine-outil, la robinetterie.

Notre Société forme la base du Groupe industriel bien connu sous le nom de « Compagnie de Pont-à-Mousson », Groupe aux activités diverses et qui rassemble, dans son seul Département « Fonderies », 8 sociétés exploitant

20 usines dans le monde : en France, en Allemagne, aux Etats-Unis, au Brésil.

Nous avons été, et nous sommes encore, de grands exportateurs de tuyaux de fonte, mais nous assistons également un certain nombre de nos confrères étrangers en leur vendant des licences et des procédés.

Dans une période plus récente, nous avons vendu des ensembles complets de fabrication à des sociétés étrangères en cours de création ou de transformation.

**

Monsieur le Président, c'est en Brumaire de l'An X, deux ans après l'établissement du Consulat, que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a été créée par le Premier Consul.

L'Académie des Sciences, dont le Premier Consul faisait également partie, lui avait demandé de suivre particulièrement les applications de la science à l'industrie, applications qui l'avaient toujours préoccupé depuis sa création au XVII^e siècle.

Suivant sa vocation, votre Société, Monsieur le Président, s'est toujours intéressée depuis 150 ans, à la fois à la Science et à l'Industrie, et à la transformation de l'industrie selon l'esprit de la science moderne.

Nous avons pensé être à la fois dans l'esprit et dans la tradition de votre Société en demandant à M. Pierre David de venir faire ici l'exposé qui suit d'habitude la remise du Grand Prix Lamy.

M. Pierre David est, en effet, Directeur Général du Centre de Recherches de Pont-à-Mousson, Centre qui est chargé de toutes les recherches de notre Groupe, et en tout premier lieu de celles de notre industrie principale, la Fonderie.

Ce Centre, qui groupe déjà 200 Ingénieurs et Techniciens, est appelé à se

développer puisque M. André Maréchal, Délégué Général à la Recherche Scientifique et Technique, a bien voulu venir en Lorraine il y a un mois, pour poser la première pierre du nouveau Centre de Recherches que nous construisons pour répondre aux besoins de notre temps.

M. Pierre David a choisi comme sujet : « Techniques et Perspectives de la Fonte ».

C'est un sujet qui nous tient particulièrement à cœur, car nous avons la conviction que la fonderie a cessé depuis

longtemps d'être un art pour devenir une science.

Au début du siècle, on distinguait essentiellement les fontes blanches et les fontes grises. L'exposé qui va être fait vous permettra de vous rendre compte de la variété actuelle des fontes et de la diversité de leurs applications.

Avant de laisser la parole à M. Pierre David, permettez-moi, Monsieur le Pré-sident, de vous remercier, en mon nom personnel et au nom de mon prédeces-seur, M. Jean Cavallier, aujourd'hui Président d'Honneur de notre Société, de la grande distinction dont vous venez de nous honorer.

Le texte de la conférence de M. Pierre David paraîtra dans un prochain numéro.

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

I.F.Q.A.-CAHORS. — 51-161. — Dépôt légal : III-1966

**ÉDITIONS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

15, quai Anatole-France, Paris-7^e
C.C.P. PARIS 9061-11 Tél. : 705-93-39

COLLOQUES INTERNATIONAUX

N° 146

LA THÉORIE DU POTENTIEL

ORSAY

22-26 juin 1964

La théorie du potentiel n'était, il y a cinquante ans, qu'un chapitre restreint de mathématiques inspiré de l'électrostatique. Mais les problèmes se sont raffinés et généralisés grâce à de nouveaux instruments, et les diverses structures sous-jacentes et d'une richesse inattendue ont donné naissance à des développements axiomatiques autonomes et maintenant considérables

Ouvrage de 324 pages in-8° raisin, relié balacron

PRIX : 36 F

MAISON FONDÉE EN 1895

"LES ÉLECTRICIENS DE FRANCE"

Ets JULES VERGER & DELPORTE

Société Anonyme, au Capital de 10.000.000 de F

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES, ÉLECTRONIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

Siège Social, Bureau d'Etudes Service : 141 bis, 141 ter, rue Saussure, PARIS-17^e
TEL. (1) 267-18-51 - 20 lignes groupées - TELEX. JULES 28482

Usine et Départements: Réparations — Bobinage — Radio — Télévision — Electronique — Automation
53, rue Maurice-Bokanowski, ASNIERES - Tél. 473 39-90, 62-28

Département: ELECTRO-VAPEUR - 92, avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. 380 42-70

Agence de VERSAILLES : 2, place Gambetta - Tél. 950-53-50 950-17-75 - Mag. 21, rue d'Anjou - Tél. 950-01-10

Agence de CANNES : 3, pas. Ste-Catherine - LE CANNET Tél. 39-58-71 Cannes (A.-M.)

MAGASIN DE VENTE : Radio — Télévision — Electro-Ménager — Froid :
92, Avenue des Ternes, PARIS-17^e - Tél. 380 42-70

53, Rue Maurice Bokanowski, ASNIERES - Tél. 473-39-90, 62-28.

EN AFRIQUE : SENEGAL - DAKAR Bureaux-Magasins : 164, rue Blanchot - B. P. 968 - Tél. 227-26, 227-29.

Ateliers : Km 6,5, route de Rufisque, Hann - 451-39.

- SAINT-LOUIS B. P. 101 - Tél. 51.

Côte-d'Ivoire - ABIDJAN B. P. 4140 - Tél. 553-95.

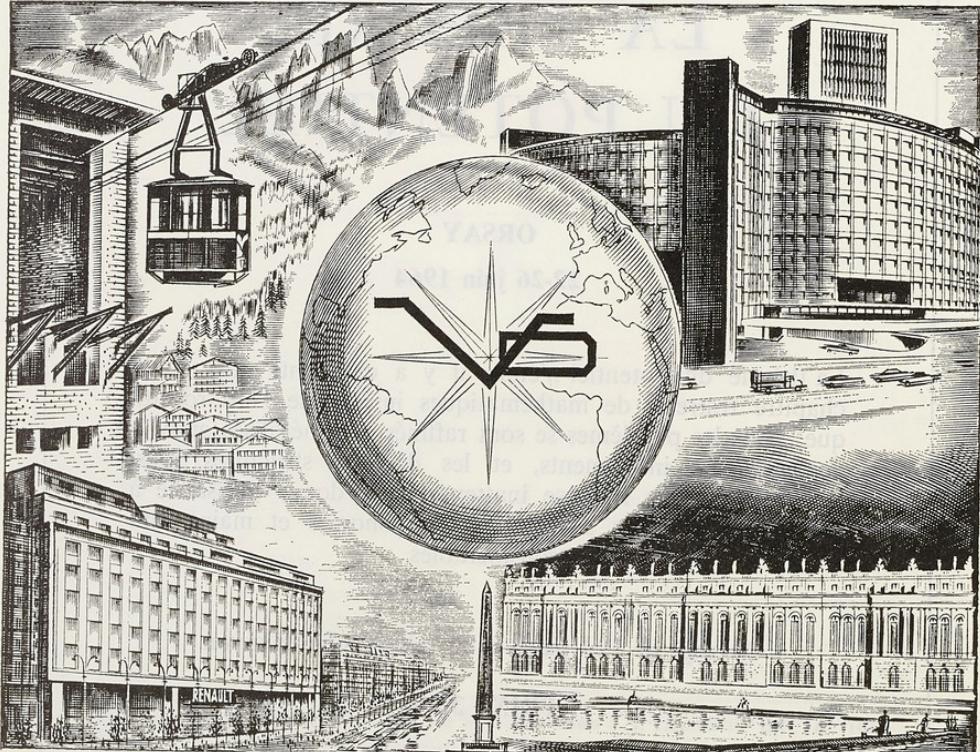
Dahomey - COTONOU B. P. 184 - Tél. 27-76.

Mauritanie - PORT-ETIENNE B. P. 68 - NOUAKCHOTT : B. P. 3 - Tél. 23-06.

Haute-Volta - OUAGADOUGOU B. P. 394 - Tél. 23-54 - BOBO DIOUASSO : B. P. - Tél. 26.

Togo - LOME B. P. 1147.

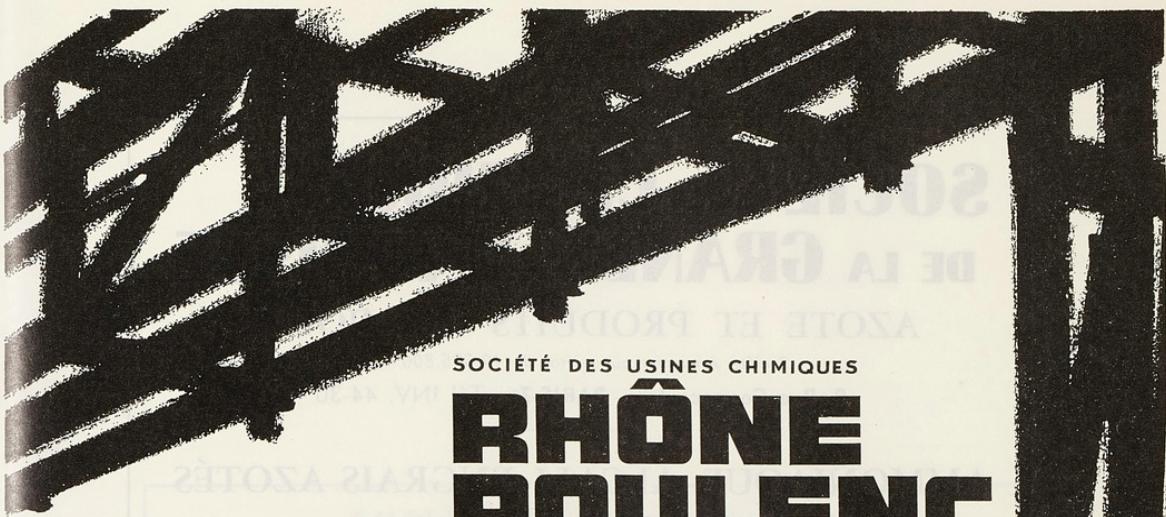
VAL D'ISÈRE - Téléphérique *quelques réalisations récentes* MAISON DE LA RADIO



RENAULT (Champs-Elysées)

PALAIS DE VERSAILLES

«LES ELECTRICIENS DE FRANCE» SONT JOUR ET NUIT
DIMANCHE ET FETES A LA DISPOSITION DE LEUR CLIENTELE



SOCIÉTÉ DES USINES CHIMIQUES

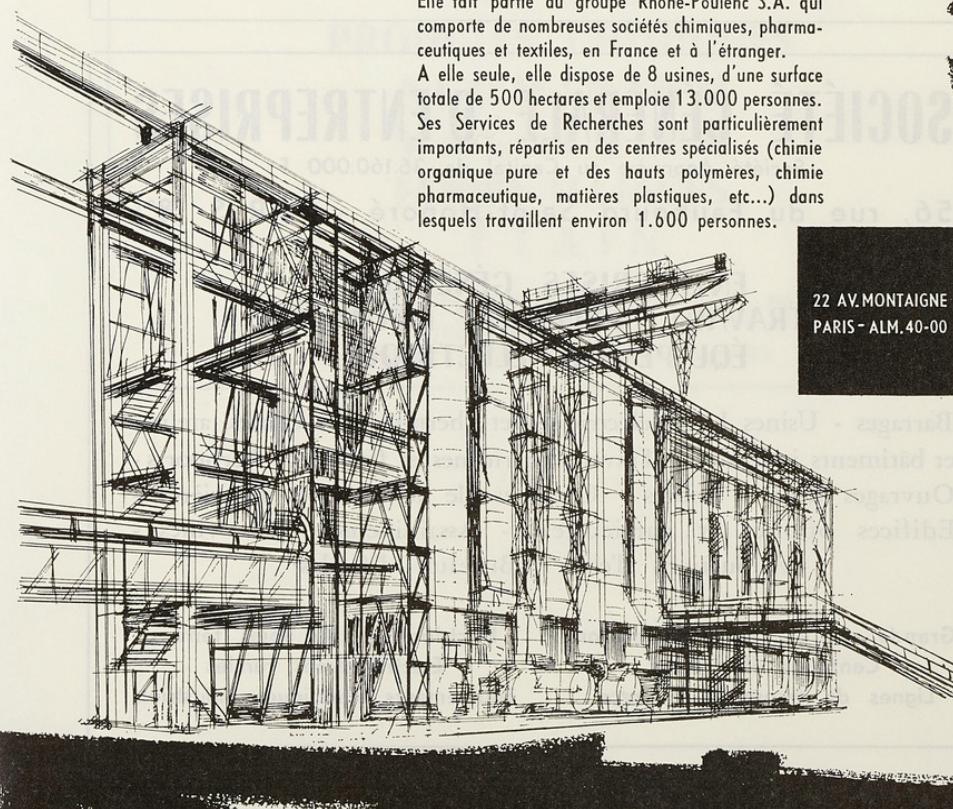
RHÔNE POULENC

- PRODUITS CHIMIQUES ORGANIQUES DE SYNTHÈSE
- PRODUITS MINÉRAUX PURS
- MATIÈRES PLASTIQUES



La Société des Usines Chimiques RHÔNE-POULENC fabrique environ 3.000 produits chimiques : produits organiques industriels, produits minéraux fins, produits pharmaceutiques, matières plastiques, etc... Elle fait partie du groupe Rhône-Poulenc S.A. qui comporte de nombreuses sociétés chimiques, pharmaceutiques et textiles, en France et à l'étranger. A elle seule, elle dispose de 8 usines, d'une surface totale de 500 hectares et emploie 13.000 personnes. Ses Services de Recherches sont particulièrement importants, répartis en des centres spécialisés (chimie organique pure et des hauts polymères, chimie pharmaceutique, matières plastiques, etc...) dans lesquels travaillent environ 1.600 personnes.

22 AV. MONTAIGNE
PARIS - ALM. 40-00



SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LA GRANDE PAROISSE

AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES

Société Anonyme au capital de 19.595.800 F.

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

AMMONIAQUE - ALCALI - ENGRAIS AZOTÉS

ENGINEERING - CONSTRUCTIONS D'USINES
HYDROGÈNE

GAZ DE VILLE - GAZ DE SYNTHÈSE

AMMONIAQUE

ACIDE NITRIQUE

ENGRAIS AZOTÉS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

Société Anonyme au Capital de 36.160.000 F

56, rue du Faubourg Saint-Honoré - PARIS (8^e)

ENTREPRISES GÉNÉRALES
TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENT
ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE

Barrages - Usines hydro-électriques et thermiques - Usines, ateliers et bâtiments industriels - Travaux maritimes et fluviaux - Aéroports - Ouvrages d'art - Routes - Chemins de fer - Cités ouvrières - Edifices publics et particuliers - Assainissement des villes - Adductions d'eau - Bureaux d'études

Grands postes de transformation

Centrales électriques

Lignes de transport de force

Électrification de voies ferrées

Electrifications rurales

Equipements électriques industriels

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

**ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES**

**ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN**

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

SOCIÉTÉ DE LA FERROUSSE

ET DES MÉTALLURGIQUES

Capital : 44.30

SOCIÉTÉ AZOTÉE
SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
ACIÈRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE
SOCIÉTÉ ACIÈRES
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNESIUM
ÉRRO-ALLIAGES
ÉTAIN

SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DU GÉNÉRAL-FOY - PARIS (8^e)

TÉLÉPHONE : EUR 31-00

ADRESSE TELEGRAPHIQUE : TROCHEIN PARIS

RÉSUMÉS DES ARTICLES

LES POLLUTIONS DES OCÉANS ET LEURS RÉPERCUSSIONS SUR LES GRANDS PROBLÈMES DE LA FAIM ET DE LA SOIF DANS LE MONDE

par M. Maurice Fontaine, p. 1

L'auteur souligne d'abord l'étendue du problème qu'il va traiter et il distingue les pollutions endogènes (eaux rouges, par exemple) des pollutions exogènes qui peuvent être elles-mêmes des pollutions naturelles ou des pollutions d'origine humaine. Celles qui apparaissent les plus importantes sont divisées en trois groupes — pollutions par hydrocarbures, pollutions radioactives, pollutions industrielles ou urbaines. L'auteur montre par quelques exemples comment de telles pollutions peuvent altérer dangereusement la vie marine et plus ou moins directement la vie des hommes.

M. Fontaine souligne le fait que la lutte contre la pollution marine ne peut pas être dissociée de la lutte contre la pollution des eaux douces et qu'elle ne doit pas être seulement négative, faite d'interdictions et de pénalités, mais constructive. Les efforts conjugués des protecteurs de la nature et des responsables des pollutions doivent tendre à trouver des techniques évitant ou limitant ces pollutions et à les appliquer même si elles sont coûteuses, car ce qui fait le niveau de vie d'une société, ce sont moins les critères généralement admis, que la pureté de l'air qu'elle respire, la limpideur et la salubrité de ses eaux.

QUELQUES POSSIBILITÉS D'APPLICATION DE LA SPECTROMÉTRIE DE FLAMME PAR ABSORPTION ATOMIQUE DANS LES CONTROLES INDUSTRIELS ET NOTAMMENT DANS LES DOSAGES DE TRACES D'ÉLÉMENTS DANS LES GAZ

par M. Georges Thilliez, p. 17

Depuis son application dans les techniques analytiques, l'absorption atomique a fait de gros progrès tant dans ses applications que dans les appareils commercialisés.

Après avoir rappelé le principe de cette technique, son évolution et les perfectionnements réalisés dans l'appareillage, l'auteur traite spécialement de son application au dosage d'éléments dans les gaz.

Une application industrielle actuellement en fonctionnement est décrite en détail : le dosage du plomb (sous forme de plomb tétraéthyle et tétraméthyle) dans l'air d'ateliers de fabrication d'antidétonants au plomb, procédé qui donne en deux minutes la concentration du plomb dans l'air et permet de détecter 1 µg/m³.

L'auteur parle ensuite du dosage du mercure dans l'air.

D'autres applications sont susceptibles d'être envisagées dans ce domaine.

LA NORMALISATION DES PRODUITS SIDÉRURGIQUES DANS SES RAPPORTS AVEC LA RECHERCHE, LA TECHNIQUE ET L'ÉCONOMIE

par M. Georges Delbart, p. 35

Le souci de normaliser ses outils est inhérent à l'homme et l'on devrait pouvoir en trouver trace dans la préhistoire. M. Delbart évoque brièvement les grandes étapes de la normalisation pour exposer ensuite successivement trois aspects principaux de la norme — scientifique, technique et économique — avec des exemples dans l'industrie sidérurgique.



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