

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

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

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1977, n° 3
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1977

Collation	1 vol. (40 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	44
Cote	INDNAT (120)
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.120

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

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

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

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

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

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

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

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

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

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

S. E. I. I.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

*fondée en 1801
reconnue d'utilité publique*

•

Revue trimestrielle
1977 - N° 3

• • •

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

— L'énergie solaire,

par Charles GUILLAUD, p. 3

— Nouveaux procédés de préparation de vaccins et leur utilisation en pratique médicale,

par Edgar RELYVELD, p. 17

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

PALMARES sur les Prix et Médailles 1976-1977 :

I. — Distinctions Exceptionnelles	p. 33
II. — Médailles d'Or	p. 34
III. — Médailles de Vermeil	p. 34
IV. — Médailles et Prix spéciaux	p. 35
V. — Médailles d'Argent	p. 37
VI. — Médailles de Bronze	p. 39
VII. — Titre social	p. 40

Publication sous la direction de M. Henri NORMANT

Membre de l'Institut, Président

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

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

L'ENERGIE MATERIALE

Présentation scientifique et technique

à l'usage des étudiants et des chercheurs

É. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

On comprend qu'aujourd'hui l'énergie solaire est dans la catégorie des énergies nouvelles. C'est naturellement une situation qui va évoluer au cours du temps.

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Il existe de nombreuses publications dans le domaine de l'énergie solaire, émanant par des auteurs prisés du sujet, de l'école, du institut ou de la recherche, de l'industrie et de l'administration. Ces publications sont généralement destinées au secteur technique et peuvent être consultées dans les bibliothèques universitaires et les bibliothèques publiques.

Il existe également de la littérature qui traite de l'énergie solaire dans le cadre de l'enseignement scolaire. Nous croyons cependant que l'enseignement de l'énergie solaire devrait être réservé à l'enseignement supérieur. Ainsi, à Marseille, l'Institut d'enseignement supérieur technique offre des cours de formation pour ceux qui souhaitent faire une carrière dans ce domaine. Il existe également de nombreux cours internationaux et de nombreux congrès, conférences, des séminaires, présentations, etc., qui traitent de l'énergie solaire.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

Il existe également de nombreux ouvrages de vulgarisation qui traitent de l'énergie solaire, mais qui sont destinés au public général.

DU QUATRE-ET-UNIERS DE LA
UNIVERSITÉ DE PARIS

L'énergie solaire (*)

par Charles GUILLAUD

*Directeur Scientifique Honoraire au C.N.R.S.
Correspondant de l'Académie des Sciences*

I. - CONSIDERATIONS GENERALES.

On range quelquefois l'énergie solaire dans la catégorie des énergies nouvelles. C'est méconnaître les réalisations qui se sont succédées au cours des ans. Buffon et Lavoisier, à l'aide de « miroirs ardents » effectuèrent la fusion de matériaux ; le Français Mouchot, à l'exposition universelle de Paris en 1878, fit fonctionner une machine à vapeur de 2 CV mue par l'énergie solaire captée par des miroirs ; à la fin du xix^e siècle, un distillateur solaire de 5.800 m² fut installé au Chili ; en 1912, près du Caire, une chaudière solaire de 100 kW permit de pomper l'eau du Nil. On pourrait multiplier les exemples.

Au lendemain de la dernière guerre mondiale, les recherches françaises sur l'énergie solaire prirent un nouvel essor. Nous citerons celles menées par Trombe à Mont-Louis-Odeillo et Perrot à Alger et à Marseille ; des installations importantes furent réalisées par eux, celles d'Odeillo sont bien connues et marquent une étape dans le développement de cette énergie. Ce fut aussi la période des congrès internationaux, des travaux universitaires, des sociétés spécialisées...

Mais il faut bien reconnaître que malgré tous ces efforts, l'énergie solaire

ne « déboucha » pratiquement pas pour les raisons principales suivantes :

- l'énergie était bon marché, l'expansion économique fut centrée sur le pétrole et nul gouvernement ne se soucia de diversifier les sources d'énergie ;
- l'énergie solaire ne reçut pas une aide suffisante pour assurer son développement ;
- les milieux industriels ne s'y intéressèrent pas, n'en voyant pas la nécessité ;
- les programmes de recherches furent trop dispersés, mal centrés ;
- enfin, l'énergie solaire apparaissait comme trop diluée et trop irrégulière.

La crise du pétrole de 1973 fit prendre connaissance, très brutalement, des difficultés d'approvisionnement en énergie et du déficit très important de notre balance du commerce extérieur par suite du quadruplement du prix du pétrole. Ce fut alors la recherche de sources de remplacement et d'appoint.

L'énergie nucléaire qui, heureusement, arrivait à maturité, apparut très vite comme la seule source d'énergie capable,

(*) Conférence prononcée dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, le 9 décembre 1976.

dans un délai relativement court, de remplacer le pétrole, tout au moins en partie.

Il n'est pas dans notre propos de traiter de l'énergie nucléaire. Nous désirons simplement justifier l'utilisation de l'énergie solaire vis-à-vis de l'énergie nucléaire qui, sur le plan de production d'électricité et de chaleur, résoudrait les problèmes posés. Nous nous proposons donc de répondre à la question : pourquoi développer l'énergie solaire ?

— Tout d'abord, pour des raisons qui lui sont propres, l'énergie solaire peut satisfaire en quantité à tous les besoins actuels et prévisibles du monde. On dit aussi qu'elle est non polluante, ce qui n'est pas tout à fait exact, en particulier « l'albédo » qui est le coefficient de réflexion par le sol, est modifié, mais il n'y a pas de SO_2 , de CO_2 ..., pas de poussières, pas d'effluents liquides nocifs, pas d'émissions radioactives... En définitive, on peut dire que parmi toutes les sources d'énergie, à puissance égale, c'est l'énergie solaire qui apportera le moins de perturbation à l'environnement.

— Les autres sources d'énergie comme le pétrole, le gaz, et à un degré moindre le charbon, seront « économiquement » épuisés à plus ou moins longue échéance ; l'énergie solaire, elle, est inépuisable.

— Pour des raisons de sécurité économique, la diversification des sources d'énergie est une nécessité.

— L'énergie nucléaire, prenant un très grand développement, poserait de sérieux problèmes, c'est tout au moins notre opinion. Elle a aussi contre elle la mobilisation de l'opinion publique, dont il faut tenir compte. Est-ce à dire que nous sommes opposés à l'implantation des centrales nucléaires ? Certainement pas, tout au moins compte tenu du plan de développement prévu dans les prochaines années. Ces centrales sont pour la France une nécessité absolue, mais, tout doit être fait pour développer d'autre

sources d'énergie pour les raisons que nous venons d'énumérer ; ces deux idées ne sont pas contradictoires, mais complémentaires.

Il faut de longues années pour qu'une mise au point « lourde », ce qui est le cas de l'énergie, s'intègre convenablement dans les structures. La fission, par exemple, a été découverte en 1939, mais malgré l'apport militaire très important, la fusion pacifique a mis 25 ans pour aboutir à des centrales opérationnelles. D'où la nécessité d'assurer dès maintenant le développement de l'énergie solaire, d'autant plus d'ailleurs que la France perd rapidement l'avance qu'elle s'était assurée dans un passé récent.

Avant de traiter au fond l'énergie solaire, nous donnerons les valeurs numériques indispensables à la compréhension du texte qui va suivre.

II. - CARACTERISTIQUES DU RAYONNEMENT SOLAIRE.

Le soleil rayonne comme un corps noir à la température de 6.000 °K environ.

Aux confins de l'atmosphère terrestre, la puissance rayonnée est de l'ordre de 1,4 kW/m². En traversant l'atmosphère terrestre, il se produit une perte d'énergie par diffusion moléculaire, par absorption gazeuse et par réflexions sur les fines particules en suspension. Nous n'insisterons pas sur ces causes d'affaiblissement bien connues.

On peut admettre que la puissance reçue à la surface de la terre est environ de 1 kW/m², valeur qui dépend, bien entendu, de plusieurs facteurs : la latitude, la saison, l'heure, l'état du ciel...

Cette puissance de 1 kW/m² est une valeur limite supérieure dans les régions particulièrement bien ensoleillées du midi de la France. Si l'on tient compte de tous les facteurs d'affaiblissement précédemment donnés et en particulier de l'alternance des jours et des nuits, la puissance moyenne rayonnée, répartie sur une année, dans les régions les plus

ensoleillées de France, est de l'ordre de 200 Wm². Elle correspond à une durée d'ensoleillement annuel de 2 500 h environ et à une énergie de 1 700 à 1 800 kWh/m²/an. Une moyenne établie sur tout le sol français conduit à une énergie de 1 100 kWh/m²/an et à un temps d'ensoleillement légèrement inférieur à 2 000 h.

Il est intéressant de se faire une idée de la surface de captation au sol, en particulier pour produire de l'électricité. On peut admettre grossièrement un rendement moyen global de 10 %, qui pourrait atteindre 20 % à l'horizon 2 000, ce qui conduit à une puissance utile de 20 W/m². Pour produire 1 000 MW, ce qui correspond à une unité nucléaire, il faudrait couvrir environ 5 000 ha (50 km²). En fait, ce rendement moyen est discutable, il paraît plus élevé pour la conversion photothermodynamique et moins élevé pour la conversion photovoltaïque, mais ce sont des ordres de grandeur donnés pour fixer les idées. Ces surfaces peuvent paraître considérables, mais il faut se rappeler que celles nécessaires à la production d'énergie hydroélectrique (lacs de retenue) sont du même ordre de grandeur, sinon supérieures. On peut dire aussi que toute l'énergie française utilisée serait produite par l'équipement d'une surface inférieure à 1 % de la surface totale de notre pays. Il ne s'agit donc pas de démesure.

Dans l'exposé qui va suivre, nous proposons tout d'abord de donner des détails sur quelques réalisations utilisables à court et moyen terme, ou qui sont déjà utilisés comme : l'insulateur (capteur), la maison solaire, le moteur solaire. Puis nous étudierons succinctement les conversions photothermodynamique, photothermique, photoélectrique, photovoltaïque, photochimique et la photosynthèse. Enfin nous tirerons les conclusions de ce court exposé panoramique en insistant sur le devenir de l'énergie solaire tel qu'on peut le concevoir.

(1) En fait « capteur » est le terme général. On distingue :
 a) les insulateurs (capteurs du rayonnement total) ;
 b) les concentrateurs (capteurs du rayonnement direct).

III. — QUELQUES APPLICATIONS A COURT ET MOYEN TERME.

1. LE CAPTEUR (INSOLATEUR) (1).

C'est un dispositif de base d'utilisation d'énergie solaire. Il permet, en particulier, l'obtention d'eau chaude ou d'air chaud utilisés dans de multiples applications.

L'insulateur (fig. 1) est constitué essentiellement d'une surface absorbante (corps noir) appelée base ou absorbeur qui s'échauffe sous l'action du rayonnement solaire. Afin d'éviter les pertes par rayonnement infrarouge, qui croissent comme la 4^e puissance de la température absolue, on utilise l'effet de serre bien connu des jardiniers. Pour obtenir cet effet, on dispose au-dessus de l'absorbeur une couverture en verre ou en plastique, transparente aux rayons solaires mais opaque au rayonnement infrarouge émis par la base.

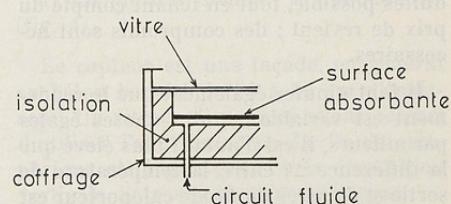


FIG. 1

L'insulateur doit posséder, ce qui est évident, une isolation thermique latérale et arrière ainsi qu'un circuit de fluide caloporeur destiné à transporter les calories captées vers le lieu d'utilisation et (ou) d'accumulation.

Son fonctionnement, très élémentaire, peut être schématisé de la façon suivante (fig. 2). On suppose un rayon d'intensité arbitraire 100. Il subit tout d'abord une double réflexion d'intensité totale 8 au passage de la première couverture. La base réfléchit un rayonnement d'inten-

sité 5 et rayonne dans l'infrarouge avec une intensité de 40. La couverture qui s'est échauffée rayonne, vers l'intérieur et l'extérieur, avec l'intensité 23, les autres pertes de la base étant de 4. Le rendement de cet isolateur est de 60 %.

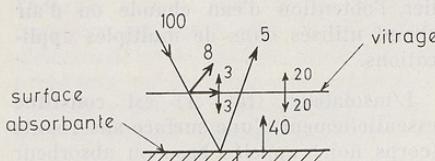


FIG. 2

structures identiques de formes géométriques simples : plans parallèles, cylindriques à bases circulaire, hexagonale... disposées perpendiculairement à la base absorbante (fig. 3).

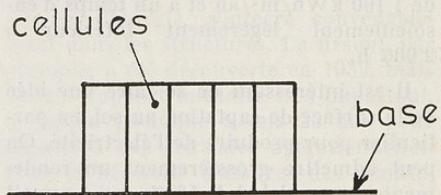


FIG. 3

Ce schéma, très sommaire et dans lequel les valeurs numériques sont arbitraires mais vraisemblables, est donné surtout pour mettre en évidence les différents paramètres qui entrent en jeu. Il faut évidemment agir sur chacun d'eux afin que les pertes par réflexion, convection et rayonnement soient les plus réduites possible, tout en tenant compte du prix de revient ; des compromis sont nécessaires.

Il faut ajouter également que le rendement est variable ; toutes choses égales par ailleurs, il est d'autant plus élevé que la différence $\Delta\theta$ entre la température de sortie et d'entrée du fluide caloporteur est plus faible. Ce rendement peut, par exemple, varier de 20 à 65 % pour des $\Delta\theta$ s'échelonnant entre 50 et 20 °C. Mais le rendement de l'isolateur n'est que l'un des facteurs entrant dans le rendement global de l'installation.

L'isolateur simple, dont le principe vient d'être donné, ne conduit qu'à des températures ne dépassant pas 100 °C. Pour s'élever au-dessus de cette température, sans utiliser de miroirs concentrateurs, deux procédés peuvent être utilisés : les structures cellulaires antirayonnantes et les revêtements sélectifs.

a) *Structures cellulaires antirayonnantes.*

Découvertes par Francia et très étudiées par Perrot, ce sont des séries de

Le principe élémentaire du fonctionnement est le suivant. La base reçoit le flux d'énergie sous un angle solide très petit qui correspond à celui sous lequel est vu le soleil (0,01 rd). La puissance rayonnée est d'autant plus grande que l'angle solide sous lequel la base rayonne est plus grand. On réduit cet angle en disposant sur la base, des cellules antirayonnantes. Tout se passe comme si la base n'émettait son rayonnement que dans un angle solide sous lequel de la base on voit l'ouverture de la cellule, donc petit si la hauteur de la cellule est suffisamment grande. Il s'agit en fait d'un véritable piège à radiations.

Cette solution permet de dépasser largement 100 °C et d'atteindre des températures de l'ordre de 300 °C.

Ces cellules qui sont aussi anticonvectives sont constituées par du verre, du pyrex, des matières plastiques... Des progrès restent encore à faire quant au bon choix des matériaux.

b) *Revêtements sélectifs.*

Le corps noir absorbe l'énergie solaire, mais lorsqu'il s'échauffe il rayonne le maximum d'énergie à la température atteinte, il s'établit aussi un équilibre thermique à une température qui est de l'ordre de 100 °C.

Pour atteindre des températures nettement plus élevées il faudrait un récepteur

qui absorbe la quasi totalité de l'énergie rayonnée par le soleil avec un pouvoir émissif quasi nul pour le moyen infrarouge, la coupure étant de l'ordre de 2 microns.

En général, pour résoudre ce problème on aboutit à des matériaux composites, l'un jouant le rôle d'absorbeur, par exemple, et l'autre de réflecteur. C'est sensiblement le cas pour des couches métalliques séparées par des diélectriques.

Dans le but d'accroître l'absorption, on peut utiliser les interférences pour augmenter le nombre de passages du rayonnement à travers l'absorbeur. On peut utiliser aussi une sélectivité par discrimination du front d'onde ; le rayonnement solaire a le caractère directionnel alors que les pertes par radiation sont émises hémisphériquement ; les whiskers de rhénium donnent à cet égard de bons résultats.

Dans le domaine des couples absorbeur-réflecteur, on peut citer les revêtements Ni S - Zn S avec des facteurs d'absorption et d'émission de 0,95 et de 0,07 ; des oxydes de chrome sur une base de nickel atteignent des valeurs similaires ; il y a aussi des noirs de nickel sur une base en aluminium, etc...

Ces techniques sont en plein développement. De nombreux problèmes se posent encore en ce qui concerne, en particulier, le maintien des caractéristiques, sans trop d'affaiblissement, pour les températures dépassant 300 °C.

Le prix de revient doit être acceptable ; pour le moment ces revêtements conduisent à des prix trop élevés.

Enfin, on peut combiner l'action des surfaces sélectives et celle des structures antirayonnantes.

2. LA MAISON SOLAIRE.

L'utilisation généralisée de la maison solaire entraînerait d'importantes économies d'énergie, échelonnées dans le temps. L'énergie, que l'on pourrait qua-

lifier de résidentielle, représente en effet actuellement plus de 30 % de notre consommation totale d'énergie, d'où l'intérêt de la maison solaire.

De nombreux travaux ont déjà été effectués à ce sujet.

La maison solaire suppose l'association bien adaptée de cinq fonctions : le captage, le stockage, la distribution, la régulation, l'isolation. On peut choisir entre plusieurs procédés pour satisfaire à chacune de ces fonctions d'où les nombreuses combinaisons possibles. De plus, la maison solaire doit être acceptable en ce qui concerne son prix de revient. Enfin, elle doit pouvoir s'intégrer convenablement dans l'environnement et être d'un bon confort.

Pour toutes ces raisons la maison solaire est d'une réalisation fort difficile. Plusieurs prototypes ont été étudiés et construits, deux seront exposés ici.

a) *La maison solaire Trombe-Michel* (fig. 4).

Le capteur est une façade, en général en béton banché de 30 à 40 cm d'épaisseur. Un vitrage disposé en avant permet d'utiliser l'effet de serre. Le fluide caloporteur est l'air ; grâce à la disposition verticale l'air circule naturellement.

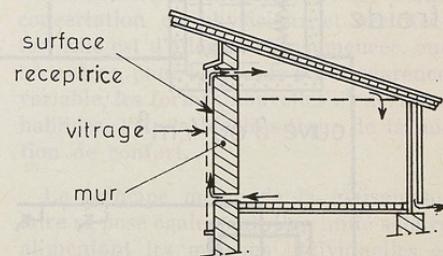


FIG. 4

Ce dispositif permet le chauffage diurne qui est direct et le chauffage différé nocturne grâce au stockage du mur. On peut y ajouter une possibilité de ventilation par l'air extérieur. L'originalité —

qui a une incidence directe sur le prix de revient — consiste en l'utilisation d'un mur pour le captage et le stockage.

b) *La maison solaire à capteurs à eau.*

Sous l'impulsion du Ministère chargé de la qualité de la vie et de l'A.N.V.A.R., des maisons solaires ont été construites au Havre et à Aramon. L'E.D.F. s'est largement associée à cette initiative, elle en est en fait le maître d'ouvrage.

La conception technique de l'ensemble doit permettre aux habitants une qualité

de confort habituelle. Au Havre, les cinq maisons retenues sont identiques aux autres habitations du lot de constructions afin de permettre des comparaisons probantes ; le chauffage est électrique ce qui permet une mesure facile de l'apport solaire. De plus, la maison à chauffage électrique devant être bien isolée, se prête bien au chauffage solaire. Chaque maison dispose donc du chauffage solaire en supplément du chauffage normal.

A Aramon (fig. 5), les capteurs sont disposés verticalement, le style méditerranéen s'accommode mal d'un toit à

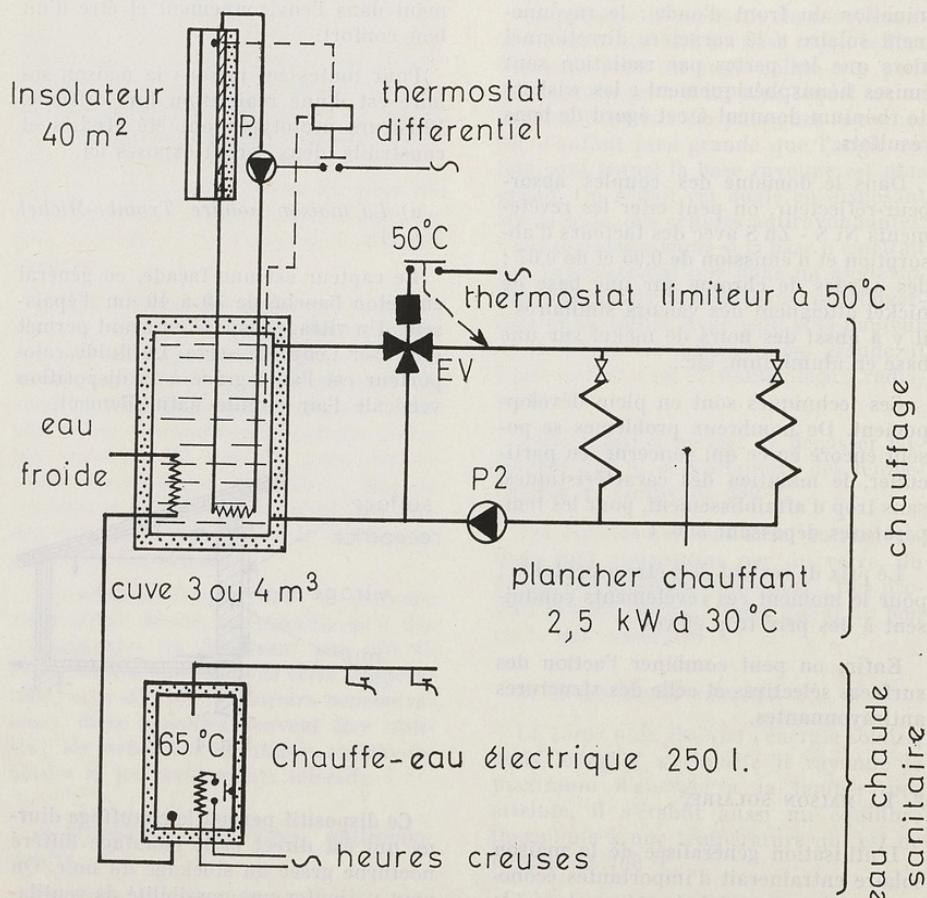


FIG. 5

forte pente. Au Havre les capteurs sont disposés sur le toit. Sur quatre maisons les pentes du toit sont classiques, sur la cinquième il a été prévu un toit à 70° qui correspond au meilleur rendement du capteur.

Le fluide est l'eau. Un ballon de stockage est utilisé. L'eau chaude est fournie par le capteur. L'appoint de calories nécessaires par des résistances électriques.

Grâce à ces nombreuses possibilités, une expérimentation très poussée et comparative peut être réalisée.

Avant de discuter l'aspect économique du problème, il faut préciser qu'il est techniquement possible de réaliser une maison solaire d'un confort désiré, n'utilisant que l'énergie solaire et quelle que soit la latitude du lieu. On est alors conduit à des isolateurs de très grande surface et d'importants stockages, donc à des maisons très chères, d'où la quasi-nécessité d'une énergie d'appoint.

En fait, il faut chercher à déterminer le minimum du couple, prix de l'énergie d'appoint — prix d'investissement capitalisé, il existe donc une taille optimale de capteurs. Par exemple, au Havre, ce calcul a conduit à une surface de capteurs de 40 m² pour un total de plancher de 120 m², compte tenu d'un prix de capteur non pas actuel mais prévisible. D'après les mesures déjà effectuées, il semble nécessaire, pour que le projet soit économiquement acceptable, que le surcoût de l'installation ne dépasse pas 200 F le m² de capteur.

Pour les maisons de l'E.D.F. on en est encore fort éloigné, mais il s'agit d'essais qui doivent se poursuivre et il semble prématûre de tirer actuellement des conclusions définitives. Nous préciserons également que le choix de l'E.D.F. a été surtout motivé par la facilité qu'offre l'eau pour effectuer des tests de comparaison probants ; il ne préjuge en rien le choix définitif.

En ce qui concerne la maison solaire Trombe-Michel, du fait de l'utilisation d'un mur comme absorbeur et stockeur,

le surcoût de l'installation est minimisé et doit se rapprocher de 200 F le m². Mais cette maison offre-t-elle tout le confort souhaitable et la régulation de température est-elle suffisante ? Autant de questions qui, avec l'aspect architectural, conditionnent la généralisation de l'utilisation de la maison solaire de ce type.

Il sera sans doute difficile actuellement d'atteindre un prix d'investissement convenable mais, compte tenu des économies en énergie que l'on pourrait réaliser, une prime spéciale à la construction solaire devrait être accordée. Il s'agit là d'une politique nationale d'encouragement qui nous paraît actuellement nécessaire. Mais il est prévisible que si on tient compte d'un abaissement important du prix de l'isolateur et de l'augmentation du prix de l'énergie classique, la rentabilité par rapport au tout électrique et même par rapport au fuel, pourrait être assurée dans la prochaine décennie.

Il faut mentionner qu'une cinquantaine d'installations solaires financées en partie par la délégation aux Energies Nouvelles (Ministère de l'Industrie et de la Recherche) et par le Plan de Construction (Ministère de l'Équipement), sont actuellement en voie d'édification.

Si les recherches techniques doivent être poursuivies, il en est de même des recherches fondamentales au sein d'une concertation de physiciens et architectes. Elle est d'ailleurs déjà commencée, entre autres, pour les parois à transparence variable, les formes nouvelles d'enceintes habitées, l'étude bioclimatique de la notion de confort...

Le principe même de la maison solaire se pose également. Une unité solaire alimentant les maisons individuelles et les immeubles ne serait-elle pas préférable ? Les deux solutions peuvent être envisagées, il s'agit de cas d'espèces. Ce ne sont pas seulement les maisons à construire qui peuvent bénéficier de l'énergie solaire, ce sont aussi les maisons anciennes pour leur alimentation en eau chaude.

3. LE MOTEUR SOLAIRE.

Cette réalisation a été retenue ici quoiqu'elle intéresse plus particulièrement les pays en voie de développement pour le pompage de l'eau et la production d'électricité de faible puissance, car il s'agit d'un appareillage élaboré que l'industrie produit et qui peut avoir des applications en France.

La découverte en a été faite par Masson et Girardier et mise industriellement au point avec l'aide de l'A.N.V.A.R.

Techniquement (fig. 6), il s'agit d'un cycle de Rankyne. La source de chaleur est constituée par des isolateurs, le fluide caloporteur est l'eau, la source froide étant constituée par de l'eau pompée. Au contact de l'eau chaude un fluide intermédiaire se vaporise, par exemple du butane ou du fréon 11 qui, compte tenu de la température comprise entre 50 et 90 °C, se trouve à une pression de 3 à 4 bars. Le fluide se détend dans un turbo-alternateur et se condense dans l'échangeur. Le liquide est ensuite réinjecté dans le circuit. Le stockage s'effectue par l'eau chaude.

Ce sont des réalisations robustes et qui fonctionnent bien, capables de produire de l'énergie et de pomper de l'eau. En fonction de la différence de température entre la source chaude et la source froide, le rendement très faible peut varier de 1 à 2,5 %. Quoique l'énergie solaire soit gratuite, la puissance de l'installation est limitée par le développement des isolateurs afin de ne pas conduire à un prix du kWh trop élevé. Cette technique convient particulièrement bien pour alimenter en électricité les centres isolés à vocation agricole ne nécessitant que de faibles quantités d'énergie, plusieurs dizaines de kW, par exemple.

Des progrès importants restent encore à accomplir concernant, en particulier, l'obtention d'un meilleur rendement, mais l'industrie s'y intéressant, ces progrès seront certainement réalisés.

IV. — LES CONVERSIONS.

L'énergie solaire ne jouera pleinement son rôle que si elle est capable de four-

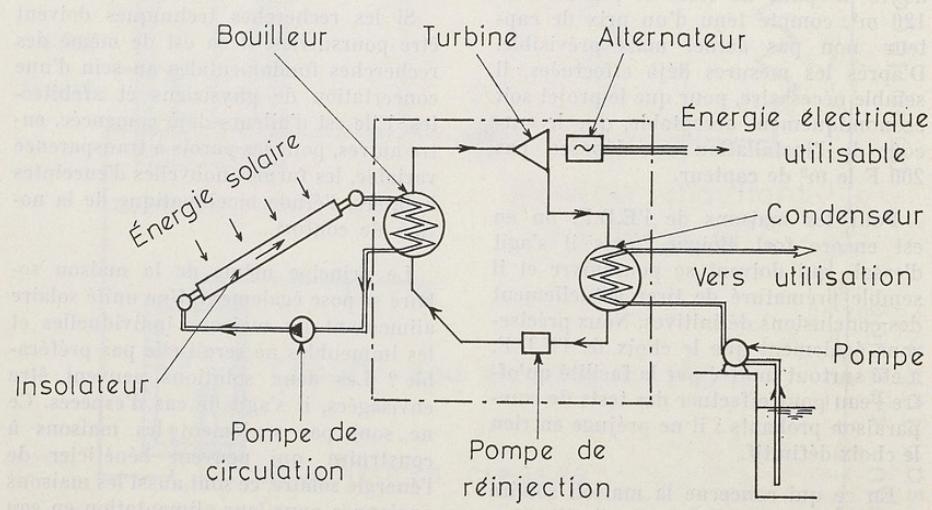


FIG. 6

nir, en particulier, de l'énergie électrique et de la chaleur à des prix compétitifs. Voici succinctement les diverses conversions possibles qui permettraient d'atteindre ce but.

1. LA CONVERSION PHOTOTHERMODYNAMIQUE.

En général les isolateurs ne conviennent plus. Il faut alors avoir recours à des miroirs et par concentration obtenir des températures comprises, par exemple, entre 280 et 550 °C dans une chaudière, le fluide du cycle thermodynamique alimentant un groupe turbo-alternateur.

Deux grandes voies sont possibles. La première conduit à utiliser des miroirs-plans ou légèrement déformés et suivant le soleil ; une chaudière placée sur une tour reçoit alors toutes les images du soleil. Dans la seconde, on utilise, par exemple, des miroirs cylindro-paraboliques à foyer linéaire, ou tout miroir à concentration ; chacun des miroirs fonctionne isolément avec le caloporteur au foyer, le fluide est ensuite collecté.

En France, on a choisi de développer plus largement la première voie, mais on expérimente également la seconde.

La figure 7 en donne un schéma de principe avec un champ de miroirs et une chaudière surélevée. Quelques indications générales simples sont nécessaires pour montrer surtout la complexité des phénomènes qui entrent en jeu.

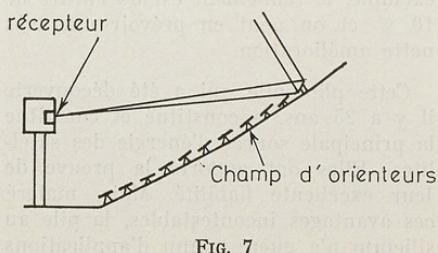


FIG. 7

Le rendement global d'une installation, que l'on peut appeler centrale, peut se mettre sous la forme très simplifiée suivante :

$$\varphi = \varphi_c \times \varphi_R \times \varphi_{TH}$$

φ_c est le rendement de collection du flux solaire ; il tient compte du rendement géométrique du champ de miroirs, du coefficient de réflexion du miroir et d'un facteur de concentration moyen ;

φ_R est le rendement du récepteur appelé chaudière dont le but est de transformer en énergie thermique l'énergie solaire concentrée par le champ de miroirs, puis de céder cette énergie à un fluide, ces deux fonctions pouvant ne pas être séparées ;

φ_{TH} est le rendement de la conversion énergie thermique-énergie électrique.

Mais en réalité les phénomènes sont plus complexes car les interactions entre les différentes fonctions sont importantes et nombreuses.

Ces quelques considérations mettent en évidence toutes les difficultés qui sont à résoudre pour maximaliser le rendement. Ce dernier n'est d'ailleurs pas le seul critère, la fonction même de la Centrale doit être bien définie. Il peut s'agir, soit de la production d'une puissance de crête maximale, soit de la fourniture d'une énergie maximale au cours de la vie de la Centrale. Il faut aussi obtenir un prix de revient au kWh qui soit acceptable pour pouvoir justifier des applications généralisées. A ce sujet, la conversion thermodynamique apparaît comme pleine de promesses.

Un autre point important est le stockage. La fourniture continue d'électricité impose une accumulation d'énergie permettant de réguler les variations de charge et de température entraînées par le caractère intermittent de l'énergie solaire. Voici les principales solutions techniques que l'on peut envisager :

— l'utilisation de la chaleur latente de fusion de certains produits (sels, soude, etc.),

- l'utilisation de la chaleur sensible de mélanges de sels fondus,
- l'utilisation de la chaleur sensible de fluides thermiques organiques,
- l'accumulation dans le sol par le sol.

Des projets de centrales sont actuellement étudiés par plusieurs nations. Voici quelques données concernant le projet français, le maître d'œuvre étant le C.N.R.S. conjointement avec l'E.D.F.

La puissance électrique fournie sera de 3 MW dans un premier temps, puis portée à 10 MW, qui est une puissance suffisante pour alimenter une ville comme Blois. Le capteur comportera alors une batterie de 1 250 miroirs de 50 m² chacun, soit une surface réfléchissante de 6,25 ha qui se répartiront sur environ 25 ha. Les miroirs les plus éloignés doivent être pointés avec une précision de $5 \cdot 10^{-3}$ rd, cette précision doit être maintenue jusqu'à des vitesses de vent atteignant 50 km/h. La tache solaire aura un diamètre de 7 à 8 m et la concentration s'effectuera dans une chaudière-cavité placée sur une tour de l'ordre de 100 m de hauteur. D'après les estimations faites, le prix de kWh sera de 3 à 5 fois plus élevé que le prix courant pratiqué.

Il est bien certain que de nombreux travaux sont encore à prévoir, mais il faut se féliciter sans réserve d'une telle initiative. La réalisation d'une telle centrale va permettre de tester les différents paramètres qui interviennent et de les étudier. Il s'agit en fait d'une usine pilote avec tout ce que cela entraîne comme recueil d'informations.

Il faut ajouter que le 19 novembre dernier, une installation solaire a délivré du courant au réseau de l'E.D.F., ce qui constitue probablement une première mondiale. Il s'agit d'essais préliminaires destinés à l'étude du prototype C.N.R.S.-E.D.F. et utilisant les miroirs-plans d'Odeillo et une chaudière de 1 000 kW.

La puissance de 10 MW choisie est actuellement considérée comme celle

d'un module optimal ; une taille inférieure à 1 MW ne paraît guère concevable avec ce système.

2. LA CONVERSION PHOTOVOLTAÏQUE.

La conversion photovoltaïque découle de deux mécanismes fondamentaux :

- par photo-ionisation, dans un semi-conducteur soumis à un rayonnement lumineux, il se crée des paires électrons-trous, par l'intermédiaire de photons d'énergie supérieure à un minimum E_g ;
- la séparation des charges et leur collection avant leur recombinaison, grâce à une jonction $p - n$, ou à un autre type de barrière de potentiel.

Si on branche alors une résistance aux bornes de la jonction, le courant circule, on dispose ainsi d'une photopile qui transforme directement l'énergie lumineuse directe et diffuse en énergie électrique. Il est intéressant de signaler que la conversion ainsi opérée n'est pas limitée au rendement de Carnot, puisqu'elle n'implique pas un cycle thermodynamique.

a) Photopile au silicium.

Elle est constituée par une lame de silicium très pur de l'ordre de 300 microns d'épaisseur, de type p , dans laquelle on diffuse une impureté de type n , afin de réaliser une jonction.

Son rendement théorique est élevé, il peut dépasser 20 %. Des rendements de 15 à 18 % sont obtenus en laboratoire. Pratiquement, sur des panneaux, par exemple, le rendement est de l'ordre de 10 % et on peut en prévoir une très nette amélioration.

Cette photopile qui a été découverte il y a 25 ans, a constitué et constitue la principale source d'énergie des satellites. Elles ont apporté la preuve de leur excellente fiabilité. Mais, malgré ces avantages incontestables, la pile au silicium n'a guère connu d'applications

en dehors de l'espace, sauf dans des cas particuliers nécessitant des sources autonomes comme l'alimentation des bouées et des balises, par exemple, son prix étant trop élevé pour que son emploi se généralise. En faisant un calcul actuel du prix kWh photopile, et en se plaçant dans les meilleures conditions, on arrive à 5 F le kWh, soit environ 50 à 100 fois le prix de revient du kWh nucléaire. Peut-on abaisser très largement ce prix ?

Sans entrer dans le détail, avec les données que nous possérons, on peut espérer, dans une dizaine d'années, obtenir un prix de l'ordre de 0,50 F le kWh, ce qui exigera à la fois d'utiliser du silicium moins cher (polycristallin ou moins pur) sans perdre de rendement et un facteur de concentration de l'ordre de 10 à 30. Nous manquons d'éléments pour savoir si nous pourrons descendre nettement au-dessous de ce prix.

D'autres voies peuvent être explorées, par exemple utiliser la diode de Schottky dans laquelle on remplace la jonction diffusée par un contact redresseur métal-semiconducteur.

Mais déjà, avec un prix de 0,50 F le kWh, les applications des photopiles au silicium seraient nombreuses et importantes.

Signalons un projet américain d'avant-garde et utilisant les photopiles au silicium. Il prévoit la mise en orbite stationnaire d'un satellite constitué par deux panneaux de 25 km² chacun. L'énergie ainsi obtenue, transformée en micro-ondes serait recueillie sur terre par une antenne de 7 km de diamètre. Après une nouvelle transformation en courant industriel, on disposera alors d'une puissance de 5.000 MW.

Les avantages en sont considérables : pleine puissance solaire de 1,4 kWm² d'une façon continue, sauf aux courtes éclipses d'équinoxe. Les micro-ondes, par ailleurs, sont à peine atténuées par la troposphère et la pluie.

Ce projet est séduisant, mais beaucoup d'études restent encore à faire pour savoir s'il est réalisable et justifié.

b) Photopile au sulfure de cadmium.

Il existe un second type de photopile présentant de l'intérêt, c'est la photopile Cd S — Cu₂S.

Le rendement d'une telle photopile est environ la moitié de celui d'une photopile au silicium (6 à 8 %). Son intérêt réside surtout dans le fait qu'on peut l'obtenir en couches très minces, de quelques microns par exemple, par des procédés d'évaporation ou de pulvérisation. Il est possible d'envisager l'obtention de telles cellules en grande série et à bas prix, et gagner ainsi un facteur 2 à 3 par rapport au silicium. Mais de très importants problèmes sont encore à résoudre, en particulier en ce qui concerne la stabilité de ces cellules.

En conclusion, et ces conclusions sont souvent formulées, des travaux technologiques de très grande ampleur sont à entreprendre pour que les applications des photopiles se généralisent. La recherche fondamentale peut apporter des mécanismes nouveaux.

3. LA PHOTOSYNTHÈSE.

Il s'agit d'un des phénomènes parmi les plus importants de la vie. Elle fournit les produits alimentaires, les fibres, les hydrocarbures, etc. Elle s'est développée à partir des algues depuis des milliards d'années et peut être schématisée par la relation : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ matière organique + O₂ par l'action de la chlorophylle et avec un rendement de 0,5 à 3 % environ. Elle intéresse au plus haut point le sujet traité.

Plusieurs voies à explorer et à utiliser, seront indiquées ici sommairement : la combustion, la production de méthane, la production d'hydrogène.

a) La combustion.

Ce procédé n'est pas nouveau, le bois a toujours été utilisé pour le chauffage. Pour alimenter une centrale de 400 MW, il faudrait environ 12 000 hectares de forêts.

La France est riche en forêts (140 000 km²). On peut s'attendre, par suite de l'augmentation du prix du fuel, à une consommation de bois très largement accrue, on le constate déjà surtout dans les campagnes, et il faut largement encourager cette tendance.

La sciure de bois, ainsi que les déchets qui pourraient provenir en particulier des papeteries et dont l'ensemble représenterait l'équivalent de plusieurs millions de tonnes de pétrole, sont des combustibles possibles, mais il se pose de sérieux problèmes de collecte. Il s'agit en fait d'une vaste réorganisation nécessaire de l'exploitation de nos forêts, le problème énergétique devrait y être traité.

Il faut rappeler aussi qu'en France, les pailles et tiges de maïs représentent l'équivalent de 8 millions de tonnes de fuel et qu'une tonne de matière organique sèche est l'équivalent de 0,4 tonne de fuel. On peut également envisager la culture d'autres plantes à plus haut rendement de croissance et en particulier certaines variétés d'algues.

b) *La production de méthane.*

On peut rattacher au sujet traité la production de méthane et tout spécialement du gaz de fumier. Ce gaz est obtenu par fermentation, à l'abri de l'air, de fumiers naturels et artificiels, de pailles, de fanes, d'ordures ménagères, d'algues, etc... par l'action d'une population microbienne très diverse. Il est ainsi possible d'obtenir 60 m³ environ de gaz par tonne de fumier et 200 à 250 m³ par tonne de paille.

La consommation globale de l'agriculture française en énergie est de l'ordre de 5 à 6 milliards de mètres cubes de gaz à 5 500 cal. Toute cette énergie pourrait être fournie par la fermentation anaérobique. S'il est irréaliste d'envisager rapidement une telle production globale, il est par contre possible de prévoir l'emploi progressif du méthane. Cela est d'autant plus vrai que les techniques, simples d'ailleurs, sont déjà bien

étudiées. L'agriculture française en retirerait un autre avantage : c'est que le fumier ainsi récupéré possède une bien meilleure efficacité : des accroissements de production de 10 à 15 % peuvent en résulter.

c) *La production d'hydrogène*

Depuis une trentaine d'années, on sait que certaines algues sont capables de produire de l'hydrogène. Il s'agit en fait, de l'électrolyse de l'eau grâce à la chlorophylle et un enzyme appelé hydrogénase.

Sans entrer dans le détail des mécanismes, d'ailleurs encore mal connus, un problème très important reste à résoudre, c'est d'assurer la continuité de la réaction car elle est rapidement inhibée par l'oxygène. Toutes les algues ne se comportent pas de la même façon et il semble bien que chez une algue bleue il n'y ait pas d'inhibition.

Une autre voie de recherche, très prometteuse, est l'utilisation d'un système synthétique avec, par exemple, le Fe S comme catalyseur à la place de l'hydrogénase, une membrane à couches de chlorophylle et un catalyseur de manganèse pour fixer l'oxygène.

La production d'hydrogène par des algues nourries par des déchets peut atteindre un rendement de 10 % analogue à celui de la conversion photovoltaïque. Il s'agit d'un procédé dont l'intérêt est considérable, mais qui nécessitera pour sa mise au point des sommes très importantes.

Parmi les applications de la photosynthèse, on peut citer aussi la pyrolyse et la production d'alcool.

En se plaçant sur un plan très général, on peut dire que la photosynthèse, phénomène vital, est l'un des grands sujets devant faire l'objet d'importants travaux. Il y a bien sûr l'énergie, mais de la maîtrise de ses mécanismes dépend l'augmentation de production des protéines et des celluloses dont l'humanité a et aura de plus en plus besoin.

4. LA CONVERSION PHOTOTHERMIQUE.

Il s'agit en fait de la photothermochimie dont Trombe (Odeillo) a montré l'intérêt scientifique aux hautes températures, mais qui pourrait trouver des applications plus importantes aux températures moyennes (500-1000 °C).

Le récepteur d'une Centrale héliothermique au lieu d'être une chaudière en amont d'une turbine, serait un réacteur chimique où se produiraient des réactions (décompositions, crakings, etc...) utiles à l'industrie. Citons comme application possible, particulièrement intéressante, la production d'hydrogène par décomposition thermique de l'eau.

5. LA CONVERSION PHOTOÉLECTROCHIMIQUE.

Cette conversion directe de l'énergie lumineuse en énergie électrochimique peut se faire, par exemple, par excitation photonique d'une électrode en dioxyde de titane. L'hydrogène produit par photolyse de l'eau est ensuite réoxydé à l'électrode. On recueille alors l'énergie électrique produite par cette réoxydation.

Ce sujet fait actuellement l'objet de recherches d'avant-garde. Pour le moment, les rendements obtenus sont très faibles, mais la photoélectrochimie peut résérer des surprises heureuses.

V. — CONCLUSIONS.

Tout d'abord, nous voulons mettre l'accent sur quelques idées qui nous paraissent importantes.

Depuis la crise de l'énergie, on a beaucoup écrit sur l'énergie solaire. Elle est apparue comme la source idéale de remplacement ou de complément. Cette idée s'est forgée sur quelques slogans : inépuisable, ne coûte rien, ne pollue pas. Puis ce fut le flou pour la masse des Français, par suite du manque d'informations sérieuses et le point d'interrogation subsiste. En fait, si à court et moyen terme

« l'isolateur » peut être à la base de nombreuses applications : eau chaude, maisons solaires, serres, dessalement, etc..., l'utilisation massive de cette énergie ne pourra intervenir qu'après des efforts de longue durée.

Une notion importante, en général méconnue, est que l'énergie solaire, quant à ses applications, sera très différente des autres formes d'énergie. Elle sera plus diluée, moins centralisée et moins impersonnelle. Elle est mal adaptée pour conduire aux grosses unités de plusieurs milliers de MW. La maison, le village, la ville seront à son échelle. Cette notion confusément perçue déroute, on ne sait comment l'intégrer dans les programmes de planification, on ne sait, en fait, par « quel bout la prendre ».

Il faut aussi pour mettre vraiment l'énergie solaire en circuit que l'industrie française s'y engage résolument, mais faut-il d'abord qu'elle ait pleinement conscience de l'importance de l'énergie solaire et, par voie de conséquence, des débouchés possibles. Si sur le plan financier, les applications à court terme comme l'isolateur ne nécessitent pas des investissements importants, il n'en est pas de même pour les conversions qui devront conduire à des productions massives d'énergie. Rappelons que pour mettre au point la seule filière nucléaire P.W.R., les Américains ont dépensé 15 milliards de francs. La mise au point d'une filière solaire, comme celles dérivant des conversions photovoltaïque et de la photosynthèse par exemple, en comprenant les études et recherches, devrait atteindre, pour leur réalisation, des sommes de cet ordre de grandeur.

Malgré tout, il faut signaler que quelques sociétés comme Saint-Gobain, Péchinez, Renault, ELF, C.F.P.... commencent à s'y intéresser et que la « SOFRETES » produit en presque série le « moteur solaire », mais pour les mises au point « lourdes », comme les conversions, l'Industrie doit être aidée.

Nous donnerons quelques indications au sujet du programme Recherche-Développement tel que nous le concevons.

Le prototype en est à sa base afin d'étudier, de tester, de perfectionner tous les éléments de l'installation avec la préoccupation de minimiser le prix de revient du kWh.

Nous venons de formuler quelques idées qui nous paraissent essentielles, mais possède-t-on actuellement suffisamment de données pour que les responsables de la politique énergétique française s'engagent sans plus tarder dans une politique accélérée de production d'énergie solaire ? Pour notre part, nous répondrons par l'affirmative et nous ajouterons que le temps presse si nous ne voulons pas, une fois encore, dépendre des brevets étrangers.

Ajoutons que nous aurons de plus en plus besoin d'hommes maîtrisant les diverses disciplines qui sont à la base de l'utilisation de l'énergie solaire et il faudra les former (2).

Il ne faut pas non plus perdre de vue la notion fondamentale suivante : les sommes dépensées pour développer l'énergie solaire ne peuvent se comparer aux mêmes sommes en dollars servant à l'achat du pétrole, les premières conduisent à l'indépendance nationale, les secondes à l'inflation.

L'énergie solaire sera l'énergie d'appoint et de remplacement de l'an 2 000 et surtout au-delà si nous le voulons.

(2) A ce sujet, il faut souligner l'essai qui avait été tenté par M. Perrot à l'Université de Marseille.

"En hommage à la mémoire
de Monsieur le Professeur Jacques TRÉFOUËL (*)"

Nouveaux procédés de préparation de vaccins et leur utilisation en pratique médicale

par Edgar RELYVELD,

*Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur,
Responsable du Service des Vaccins Bactériens,
Institut Pasteur, 92380 Garches*

INTRODUCTION

L'objet de ce travail a trait principalement aux vaccins obtenus à partir de toxines bactériennes, en particulier les toxines diphtérique et tétanique, que ces vaccins soient utilisés sous forme de préparations simples ou associées à d'autres préparations telles que le vaccin poliomylétilque injectable et le vaccin coquelucheux.

C'est en 1888 que Roux et Yersin (41) démontrèrent la présence d'une toxine dans les filtrats de cultures du bacille diphtérique, capable de provoquer les mêmes manifestations pathologiques que celles observées chez les sujets atteints de diphtérie.

A la découverte de la toxine diphtérique succéda celle de la toxine tétanique par Knud Faber en 1890 (8), ainsi que d'autres toxines bactériennes, comme la toxine botulinique en 1897 (7).

L'antitoxine diphtérique était mise en évidence dans le sang des animaux qui n'avaient pas succombé à la maladie par Behring et Kitasato, en 1890, en même temps que la propriété à protéger d'autres animaux contre l'infection diphtérique (2, 3).

La préparation de sérum antitoxique pour la thérapeutique ou la prophylaxie a été entreprise chez des animaux capables de fournir de grandes quantités de sérum, par injection, dans un premier temps, de faibles doses de toxines suivies de doses croissantes.

L'emploi des toxines bactériennes pour l'immunisation est cependant difficilement contrôlable. Il est, en effet, aisément d'administrer des doses trop élevées susceptibles d'entrainer la mort de l'animal ou de provoquer l'apparition d'un état cachectique.

Les efforts ont tendu à préparer à partir des toxines des dérivés immuns, mais dépourvus de toxicité. Plusieurs procédés ont été étudiés, tels que l'injection de mélanges presque neutres de toxines et d'antitoxines, ou la détoxification par des moyens chimiques ou physiques n'altérant pas le pouvoir antigénique. Aucun des procédés étudiés n'a donné entière satisfaction, en particulier, lorsqu'il s'est agi de préparer des antigènes destinés à la vaccination des enfants.

L'action du formol a été la plus étudiée. Elle permit d'obtenir des dérivés atoxiques, utilisables pour l'immunisation des animaux en vue de la préparation de sérum hyper-immuns.

(*) Ancien Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

Cependant, ces préparations n'offrent pas toujours toutes les garanties comme vaccins humains pour l'emploi sur une large échelle.

La transformation de la toxine diphtérique en dérivé atoxique par action combinée du formol et de la chaleur, dans des conditions bien définies, a été mise au point par Ramon, en 1923 (19), à l'Institut Pasteur de Garches. Ramon a également appliqué les conditions de détoxication mises au point par lui, à d'autres toxines bactériennes (tétanique, staphylococciques, etc...), ce qui lui permit d'obtenir des préparations de pouvoir immunisant élevé, qu'il dénomma « anatoxines ». Les anatoxines de Ramon ont servi, par la suite, à préparer des sérum antitoxiques et des vaccins humains et à usage vétérinaire, offrant toutes les garanties de sécurité.

C'est aussi Ramon qui découvrit en 1925 le principe des « substances adjuvantes et stimulantes » de l'immunité permettant d'augmenter les taux d'anticorps circulants (20, 21). Ramon observa, en effet, que les animaux qui présentaient au cours de l'immunisation une réaction inflammatoire prononcée ou un abcès au point d'injection, produisaient des titres élevés en anticorps circulants. Il démontre qu'il était possible d'augmenter le titre en anticorps, en ajoutant aux anatoxines des substances non spécifiques qui provoquent une inflammation ou qui adsorbent les antigènes, telles que le tapioca, la lanoline, le tanin, le kaolin, et des sels de calcium, d'aluminium ou de magnésium, etc... Le chercheur anglais Glenny (11) et ses collaborateurs montrèrent, peu après la découverte de Ramon, que le précipité obtenu en ajoutant de l'alun de potassium aux anatoxines brutes, leur conférait un pouvoir immunisant très élevé. Les anatoxines se trouvent, dans ces conditions, adsorbées sur le précipité qu'il devient ainsi possible de laver pour diminuer les réactions vaccinales (12). L'emploi d'alun de potassium est donc entré dans la pratique courante pour préparer des vaccins adsorbés : le précipité obtenu à pH neutre est composé

d'un mélange de phosphate et d'hydroxyde d'aluminium, ces deux composants ayant été, par la suite, universellement utilisés pour préparer des vaccins adsorbés.

Dans un premier temps, les vaccins ont été préparés à partir de filtrats de cultures bactériennes non purifiés et transformés en anatoxines. Il était évident que ces préparations pouvaient donner lieu fréquemment chez des sujets apparemment sains, à des réactions vaccinales de type retardé, dont la fréquence augmente avec l'âge des sujets vaccinés.

Plusieurs raisons ont été proposées pour expliquer leur mécanisme, entre autres un état de sensibilisation induit par des injections vaccinales antérieures. Cette hypothèse peut être vraisemblable lors de la vaccination de rappel, mais elle est difficilement acceptable lorsqu'il s'agit d'une primo-injection d'anatoxine diphtérique. Il est à noter que les réactions vaccinales s'observent plus fréquemment avec l'anatoxine diphtérique qu'avec l'anatoxine tétanique. Une explication différente a été fournie par Relyveld, Henocq et Raynaud qui démontrent que cette sensibilisation a été provoquée par le contact antérieur répété des sujets avec des corynébactéries diphtériques toxigènes ou atoxigènes (14, 23, 24). Ces germes secrètent, en effet, des constituants dits « antigènes accessoires » communs à plusieurs d'entre eux et provoquant un état de sensibilisation des sujets. L'anatoxine brute contient également plusieurs de ces antigènes susceptibles de provoquer des réactions allergiques consécutives à une vaccination ou à une injection de rappel. La preuve de cette sensibilisation a été fournie par injection à des sujets de très faibles doses d'anatoxine brute, de préparations d'antigènes accessoires obtenues à partir de souches atoxigènes et une préparation d'anatoxine pure, tandis que chez 65 % environ des sujets éprouvés avec les deux premières préparations, la réaction était positive ; elle était négative avec l'anatoxine pure. On a pu en conclure que le contact répété des sujets

avec diverses espèces bactériennes contaminant les voies respiratoires des sujets sains, pourrait induire une sensibilisation dont la fréquence et l'intensité augmentent avec l'âge.

Il devient donc évident que le seul moyen pour vacciner les sujets sans risque de provoquer des réactions indésirables, c'est d'utiliser des anatoxines pures.

Des anatoxines diphtériques et tétniques purifiées avaient déjà été mises au point et employées dans divers pays, mais il s'agissait, toutefois, de préparations obtenues par purification des anatoxines brutes, ne présentant pas les caractères d'homogénéité souhaitables. L'action du formol sur une toxine bactérienne provoque souvent une agrégation des molécules avec des substances présentes dans le milieu. On comprend qu'il est difficile de purifier des anatoxines à un degré d'homogénéité satisfaisant. Le procédé mis au point à l'Institut Pasteur de Garches consistait à purifier d'abord les toxines avant de les soumettre à la détoxication par le formol (4, 22, 26, 28, 45). On obtient ainsi des anatoxines qui, même agrégées, n'ont pas incorporé de substances étrangères.

Il est difficile de déceler une dénaturation au cours de la purification d'une anatoxine, ce qui se vérifie facilement par mesure de la toxicité au cours de la purification d'une toxine, permettant ainsi de choisir des procédés satisfaisants.

Ce principe est actuellement appliqué à l'Institut Pasteur pour la préparation de vaccins antitoxiques et a aussi été adopté dans un certain nombre de pays.

PRÉPARATION DES VACCINS DIPHTÉRIQUE ET TÉTANIQUE PURIFIÉS.

Préparation de la toxine diphtérique.

La culture se fait sur milieu liquide. A l'origine, on a utilisé des milieux complexes à base d'extrait de viande et de peptone. Afin de simplifier la purification de la toxine, ces milieux complexes ont été remplacés par des préparations plus

simples, ou même chimiquement définies. Un milieu à base d'hydrolysat de caséine a été mis au point et employé dans divers Instituts pour la production de la toxine. Des milieux synthétiques ont également été décrits, mais n'ont pas trouvé d'application pratique, parce que les titres en toxine qu'ils permettent d'obtenir sont faibles. Dans le passé, les cultures étaient faites en flacons à fond plat (ballon de Fernbach ou boîtes de Roux) et les toxines étaient recueillies, suivant le type du milieu, après 6 à 12 jours de culture (22).

La production de toxine en flacons contenant 250 à 500 ml de milieu est fastidieuse, les rendements en toxine variant fréquemment, cette variation était souvent en rapport avec la présence d'un excès de fer, dont la concentration optimale est d'environ 140 µg par litre pour l'obtention du titre maximum de toxine. La culture prolongée a aussi pour effet la sécrétion de protéines accessoires dans le milieu de culture : la toxine brute est donc contaminée par des impuretés nombreuses rendant difficile sa purification.

La préparation de la toxine diphtérique par culture agitée et aérée en fermenteur de 50 litres est préférable. La production de toxine en fermenteur permet d'obtenir des titres élevés de l'ordre de 250 à 300 unités de flocculation par millilitre, après 40 heures de culture, contre 60 à 80 unités par les anciennes techniques. Ce procédé permet d'obtenir d'emblée une toxine dépourvue de nombreux contaminants. Les quantités de toxine obtenues dans un fermenteur de 50 litres après 40 heures de culture, auraient nécessité l'utilisation d'environ 1 000 flacons et au moins 8 jours de culture. L'emploi de fermenteurs a permis une réduction importante de main-d'œuvre et l'obtention d'une toxine dont la purification est aisée (26).

Purification de la toxine diphtérique et préparation de l'anatoxine.

Plusieurs procédés ont été décrits pour la purification de la toxine. Nous ne les citons que pour mémoire. Le procédé

mis au point à l'Institut Pasteur et finalement adopté pour une production industrielle consiste en une concentration de la toxine à l'aide de membranes hém-

perméables suivies d'une purification par relargage par les sels neutres (26). La toxine est obtenue à l'état cristallisé, comme le montre la figure 1.

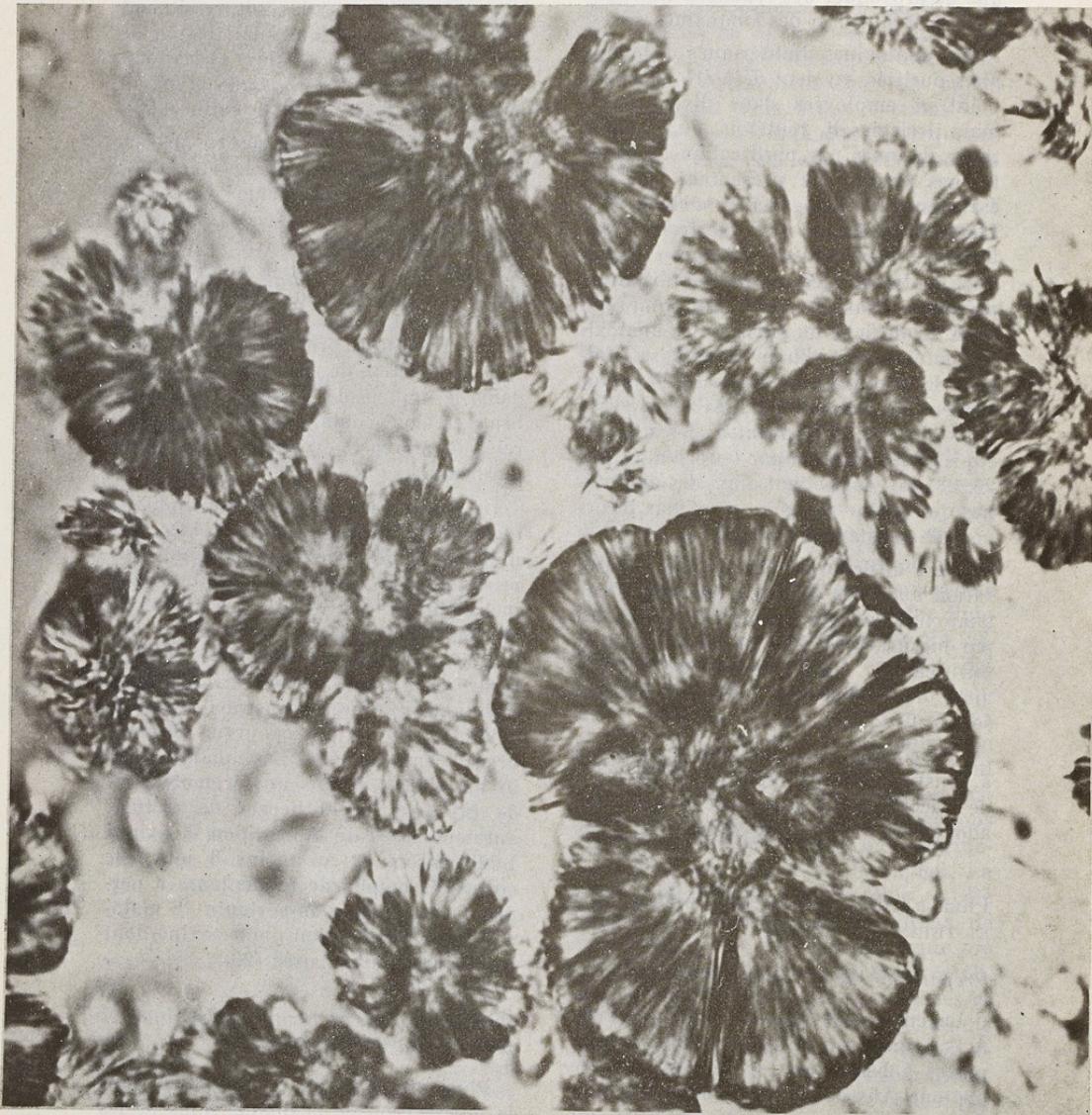


FIG. 1. — Toxine diphthérique à l'état cristallisé (agrandissement $\times 750$).

TABLEAU I. — *Caractères de la toxine diphthérique pure.*

Constante de sédimentation	$4.2 \cdot 10^{-13}$ sec.
Constante de diffusion	6.10^{-7} cm ² . sec. ⁻¹
Poids moléculaire	64.500
Vitesse électrophorétique à pH 8,2 et $\Gamma/2 = 0,005$..	5.10^{-5} cm ² . volts ⁻¹ sec. ⁻¹
Unités de flocculation par mg d'azote (Lf/mgN)	3.100
DMM/Lf	30
DMM/mgN	$9.36 \cdot 10^4$
DMR/Lf	$2 \cdot 10^5$
DMR/mgN	$6.240 \cdot 10^8$
Densité optique par unité Lf à 278 nm	0,00248
N %	16,5

DMM = Doses Minima Mortelles déterminées chez le cobaye.

DMR = Doses Minima Réactives déterminées chez le lapin.

Les caractères physico-chimiques de la toxine diphthérique pure sont résumés dans le tableau I.

Pour la préparation de l'anatoxine, la toxine cristallisée est d'abord dialysée contre du bicarbonate de sodium à 1 %, additionnée de lysine à concentration 0,01 M, puis transformée en anatoxine par action du formol à concentration de 2 %, pendant deux semaines à 37 °C. L'addition de lysine a pour but d'empêcher la réversibilité de la réaction de détoxication (28).

Les anatoxines obtenues à partir d'une toxine pure par action du formol sans agent stabilisant peuvent, en effet, redevenir toxiques, si l'excès de formol est éliminé par dialyse.

Préparation de la toxine tétanique.

La toxine tétanique était, autrefois, produite sur un milieu à base de digestion de viande et de foie de bœuf, en flacons de verre de 5 l, dans des conditions d'anaérobiose. Après 10 jours de culture, les corps microbien étaient éliminés par filtration et la toxine brute ainsi obtenue était transformée en anatoxine par action du formol et de la chaleur (44, 45).

Un milieu à base d'hydrolysat de caséine a ensuite été mis au point, permettant de produire la toxine dans des

conditions mieux définies. Ce même milieu a été employé pour produire la toxine tétanique à une échelle semi-industrielle, en fermenteurs de 200 ou 300 l, et à une échelle industrielle, en fermenteurs de 1 000 l (4).

La culture se fait d'abord sous atmosphère d'azote pendant 24 heures, et ensuite en présence d'air pendant 7 jours, jusqu'à obtention d'une lyse totale des corps microbien. La toxine est récoltée par filtration stérilisante afin d'être purifiée et transformée en anatoxine.

Purification de la toxine tétanique et préparation de l'anatoxine.

La toxine est d'abord concentrée par ultrafiltration à l'aide de membranes héiperméables jusqu'au 1/10 du volume initial. La toxine concentrée est ensuite purifiée par relargage au sulfate d'ammonium et adsorption des constituants autres que la toxine sur charbon actif.

Ce procédé de purification donne une toxine de pureté élevée utilisable pour la préparation de vaccins à usages humain et vétérinaire. Des techniques de purification permettant d'obtenir la toxine à l'état pur ont été décrites (4), mais les rendements sont trop faibles pour une application industrielle. Dans le tableau II, sont résumés les caractères de la toxine tétanique pure.

TABLEAU II. — Caractères de la toxine tétanique.

Constante de sédimentation	7,88.10 ⁻¹³ sec.
Coefficient de friction	1,092
Constante de diffusion	5,40.10 ⁻⁷ cm ² . sec. ⁻¹
Poids moléculaire	148 000 \pm 8 000
Unités de flocculation par mg d'azote (Lf/mgN)	3 200
DMM/mgN	2,0.10 ⁸
N %	15,7 \pm 0,1
0,1 % N	
E	8,0
278 nm	

DMM = Doses Minima Mortelles déterminées chez la souris.

La toxine tétanique purifiée est d'abord dialysée contre une solution de phosphate disodique et ensuite transformée en anatoxine par addition de 2 % de formol et séjour à 37 °C pendant 15 jours (4). Les anatoxines tétaniques obtenues par action du formol sont stables et ne nécessitent pas l'emploi d'un agent stabilisant comme pour la toxine diphtérique.

Préparation de vaccins diphtérique et tétanique adsorbés simples ou associés.

Les vaccins adsorbés étaient préparés jusqu'ici par addition aux anatoxines d'un gel d'hydroxyde ou de phosphate d'aluminium. Un nouvel adjuvant, le gel de phosphate de calcium, a été mis au point à l'Institut Pasteur (27). La technique de préparation des antigènes adsorbés sur phosphate de calcium consiste d'abord, à les dialyser contre une solution de phosphate disodique, à ajouter rapidement un volume égal de chlorure de calcium à la même concentration molaire et à ajuster le pH à 7,0. Il se forme un précipité très fin adsorbant les anatoxines et assurant au produit final des propriétés constantes et une grande capacité immunisante (16, 17, 29, 30, 31).

Le choix du gel de phosphate de calcium pour préparer des vaccins adsorbés s'est trouvé justifié pour les raisons suivantes :

- il s'agit d'un constituant naturel de l'organisme humain, d'où sa parfaite tolérance et sa bonne résorption ;
- les antigènes sont adsorbés pendant la formation du précipité de phosphate de calcium et sont donc inclus dans le gel au lieu d'être simplement à la surface. Il s'ensuit une libération plus lente et une stimulation antigénique plus durable ;
- la réponse immunitaire est élevée et permet de réduire le nombre d'injections ;
- les réactions vaccinales (générales et locales) sont rares et bénignes ;
- la fabrication du vaccin à une échelle industrielle est simple ;
- les vaccins adsorbés conservés à + 4 °C sont stables pendant une très longue période.

Les études sur la vaccination de sujets allergiques chez lesquels la vaccination par des préparations classiques était contre-indiquée, ont montré que ceux-ci peuvent être vaccinés avec les anatoxines purifiées adsorbées sur phosphate de calcium, sans présenter de réactions vaccinales (25, 30).

Des vaccins associés diphtérique-tétanique-polioomyélitique-coquelucheux ad-

sorbés sur phosphate de calcium ont été développés plus récemment. Les vaccins ont d'abord été préparés en mélangeant en proportions convenables, les quatres constituants, chacun étant adsorbé sur phosphate de calcium. Il a ensuite été trouvé qu'il est beaucoup plus simple de préparer un vaccin diphtérique-tétanique adsorbé et d'ajouter le vaccin poliomyélitique injectable au gel séparé par décantation. Les virus poliomyélitiques inactivés s'adsorbent quantitativement sur le gel contenant déjà les antigènes diphtériques et tétaniques. On peut à nouveau séparer le gel du surnageant par décantation et après lavage du gel par du soluté physiologique, obtenir un vaccin D-T-Polio adsorbé hautement purifié. Ce vaccin peut être transformé en vaccin quadruple D-T-C-Polio en ajoutant en quantité suffisante du vaccin coquelucheux, c'est-à-dire, des cultures de *Bordetella pertussis* en phase I, centrifugées, lavées et inactivées par la chaleur.

La préparation du vaccin adsorbé sur phosphate de calcium comporte donc quatre temps :

- l'adsorption des anatoxines durant la précipitation du gel ;
- l'adsorption des virus poliomyélitiques sur le gel contenant les anatoxines ;
- la purification par lavage du gel ;
- l'addition du composant coquelucheux au mélange.

Le vaccin quadruple est actuellement présenté sous volume de 0,5 ml et conditionné en seringues prêtes à l'emploi.

Des études histo-pathologiques ont montré que les vaccins adsorbés sur phosphate de calcium sont bien tolérés (1, 15).

Les vaccins adsorbés sur phosphate de calcium ont fait leur preuve depuis plus de douze ans et sont actuellement commercialisés sous forme monovalente ou associée, (Tableau III).

ETUDES SUR LES VACCINATIONS DANS DIVERS PAYS.

La diphtérie et le tétanos étaient encore, au début du xx^e siècle, des infections dont la mortalité était élevée. L'efficacité des vaccins diphtérique et tétanique aurait dû permettre l'éradication totale de ces redoutables toxi-infections. Le tétanos reste, cependant, en France une maladie fréquente dont les chiffres de morbidité et de mortalité, de 1964 à 1974, ont été récemment rapportés par Mercier (18), (Tableau IV).

La fréquence du tétanos croît essentiellement à partir de l'âge de 40 ans, pour atteindre un maximum pour la tranche d'âge de 70 à 79 ans, (Tableau V). Le tétanos survient chez des sujets qui n'ont pas reçu l'injection de rappel ou qui n'avaient pas été vaccinés, à la suite de blessures minimes, correspondant quelquefois à un changement d'activité, lors, par exemple, de leur mise à la re-

TABLEAU III. — Vaccins adsorbés sur phosphate de calcium.

<i>Vaccins monovalents</i>	D. (Diphérique adsorbé) T. (Tétanique adsorbé) P. (Poliomyélitique adsorbé)
<i>Vaccins polyvalents</i>	D.T. (Diphérique-Tétanique adsorbé) T.P. (Tétanique-Poliomyélitique adsorbé) D.T.P. (Diphérique-Tétanique-Poliomyélitique adsorbé) D.T.C.P. (Diphérique-Tétanique-Coquelucheux-Poliomyélitique adsorbé)

TABLEAU IV. — *Morbidité et mortalité du tétanos en France de 1964 à 1974.*

Année	Nombre	
	de cas déclarés :	de décès :
1964	523	258
1965	403	245
1966	404	244
1967	444	229
1968	364	228
1969	290	207
1970	308	236
1971	314	231
1972	326	224
1973	333	200
1974	276	196

TABLEAU V. — *Répartition du tétanos par tranche d'âge en 1973 *.*

Tranches d'âge	Nombre de cas	Pourcentage %
0 à 9 ans	2	0,7
10 à 19 ans	1	0,4
20 à 29 ans	2	0,7
30 à 39 ans	6	2,1
40 à 49 ans	23	8,2
50 à 59 ans	40	14,3
60 à 69 ans	81	28,9
70 à 79 ans	97	34,6
80 à 89 ans	26	9,3
90 à 99 ans	2	0,7

* Pour 280 cas du nombre total des déclarations.

traite. Bien que le calendrier des vaccinations soit assez bien suivi en France, le taux d'abstention s'élève encore à 25 %, pour des tranches d'âge de 10 à 14 ans. Si on considère que le coût moyen d'une journée d'hospitalisation dans un Service de Réanimation spécialisé est voisin de 1 200 francs par jour, et qu'un tétanique est traité pendant trois mois environ, on peut en déduire un prix de séjour hospitalier de 108 000 francs (42). A cela, il faut également ajouter une durée de convalescence d'environ six à huit semaines dans une maison de repos et une perte de plus de 120 journées de travail pour chaque sujet en activité.

Le tétanos reste aussi une maladie très grave. Le taux moyen de mortalité se

situe entre 30 et 40 pour cent, et il est d'autant plus élevé qu'il s'agit de sujets âgés ou tarés.

L'efficacité de la vaccination tétanique a été démontrée de façon éclatante par le nombre de cas chez les soldats blessés durant les guerres de 1812 à 1945. Pour la France, le nombre de cas rapportés pour 1 000 blessés en 1914-1915 était de 12, alors qu'aucun cas n'a été signalé au cours du dernier conflit mondial (5).

Le nombre de cas mortels dans le monde est très élevé, et les études épidémiologiques de Bytchenko estiment à un million par an le nombre de vies humaines perdues suite au tétanos, et particulièrement par tétanos néonatal. Le tétanos est la principale cause de

décès dans de nombreux hôpitaux aux Indes, au Kenya et en Tanzanie (40).

En ce qui concerne les maladies infectieuses banales, comme la coqueluche, la diphtérie, la poliomyélite et la rougeole, celles-ci tuent encore chaque année cinq millions d'enfants dans les pays en voie de développement, et cela parce que, sur 80 millions d'enfants qui naissent chaque année, à peine 10 pour cent d'entre eux sont vaccinés.

On peut donc conclure que la protection des populations par la vaccination est loin d'être assurée, même en France, bien que des vaccins efficaces soient actuellement disponibles. L'exemple de l'éradication quasi totale de la variole, grâce aux efforts de l'O.M.S., apporte la preuve qu'il est possible d'obtenir des résultats identiques pour d'autres maladies.

RÉSULTATS DES ÉTUDES DE VACCINATIONS EFFECTUÉES AVEC LES VACCINS ADSORBÉS SUR PHOSPHATE DE CALCIUM.

Le pouvoir immunisant et les réactions locales et générales ont été étudiées dans la région parisienne pour les vaccins simples, adsorbés sur phosphate de calcium : D, T, C et Polio, ainsi que pour cinq vaccins associés adsorbés sur phosphate de

calcium : D-T ; D-T-Polio ; D-T-C ; T-Polio ; D-T-C-Polio * (16, 25, 29, 30, 31).

Les titrages d'anticorps circulants dans le sang avant et après la vaccination ou l'injection de rappel ont montré que le degré d'immunité obtenu était toujours très élevé. Il est même possible de vacciner avec les vaccins D et T des sujets par deux injections, au lieu de trois.

Le tableau VI montre les résultats obtenus avec le vaccin D-T-C-Polio après trois injections et les titres minimum nécessaires pour assurer la protection. Les résultats ont été identiques, et dans certains cas, même meilleurs pour les autres vaccins adsorbés sur phosphate de calcium.

Les réactions vaccinales, locales ou générales, ont été rares et bénignes. On peut aussi vacciner des sujets allergiques avec un minimum de risque.

Des études de la vaccination de populations, dans les pays en voie de développement, ont été effectuées en collaboration avec plusieurs organismes : Centre International de l'Enfance, l'Organisation de Coordination pour la lutte contre les Endémies en Afrique Centrale, Instituts Pasteur d'Outre-Mer, etc... La vaccination se heurte dans ces pays à de nombreuses difficultés, en particulier celle relevant de la multiplicité des injections.

TABLEAU VI. — *Titres d'anticorps obtenus après 3 injections de vaccin D.T.C.P. adsorbé sur phosphate de calcium.*

Anticorps	Titre moyen ou moyenne géométrique des titres obtenus	Titre protecteur minimum
Antidiphétériques	8,82 U.A.I./ml	0,01 U.A.I./ml
Antitétaniques	28,96 U.A.I./ml	0,01 U.A.I./ml
Anticoquelucheux	1/1123	1/320
Antipoliomyélitiques :		
Type I	1/83	1/10
Type II	1/61	1/10
Type III	1/278	1/10

* D = vaccin diphtérique ; T = vaccin tétanique ; C = vaccin coquelucheux ; P (ou Polio) = vaccin poliomyélitique inactivé polyvalent.

Plusieurs programmes permettant de simplifier les campagnes de vaccinations ont été étudiés, et ont permis de conclure :

— que l'immunisation antidiphthérique, antitétanique par anatoxines adsorbées sur phosphate de calcium en deux injections à un an d'intervalle est efficace, les taux d'anticorps circulants étaient élevés et tous les sujets étaient protégés. Cette modalité de la vaccination permet l'organisation de campagnes de vaccination à périodicité annuelle, relativement aisées à réaliser, même avec des moyens réduits (6, 13, 39) ;

— que deux injections à un mois d'intervalle de vaccin poliomyélitique trivalent inactivé et adsorbé sur phosphate de calcium, pratiqués à l'âge de cinq et six mois, permettent d'immuniser complètement 81 % des nourrissons vaccinés. L'injection de rappel faite un an plus tard, fait passer à 90 % le pourcentage des enfants complètement protégés (43) ;

— qu'il est possible de vacciner les femmes enceintes par une injection de vaccin tétanique adsorbé sur phosphate de calcium et de protéger 90 à 95 % des sujets, à l'accouchement. Toutes les parturientes sont protégées après deux injections. La vaccination des futures mères permet de protéger également les nouveau-nés contre le tétanospasme (32) ;

— que des associations vaccinales permettant d'immuniser en même temps les sujets contre le maximum de maladies sont possibles : on peut administrer de façon simultanée ou combinée les vaccins suivants : amaril, variolique, rougeoleux, tétanique et B.C.G. (9, 10, 34, 39) ;

— que les vaccins adsorbés sur phosphate de calcium peuvent être administrés à l'aide d'un injecteur sous pression sans aiguille, ce qui simplifie considérablement le mode de vaccination (9, 32, 34, 39).

Les réactions vaccinales locales et générales étaient toujours rares dans tous les essais effectués.

VACCINS DE L'AVENIR.

Les vaccins coquelucheux utilisés actuellement sont préparés à partir de corps microbien entiers. Ces vaccins provoquent parfois des réactions vaccinales. Leur qualité peut être certainement améliorée par l'emploi de fractions microbien possédant un pouvoir immunisant satisfaisant. Des études sont en cours dans de nombreux pays, ainsi qu'en France, pour isoler à partir des parois bactériennes par des procédés divers, des fractions immunogènes solubles. Il est donc plausible que dans un proche avenir, les vaccins coquelucheux seront préparés comme les anatoxines, à partir d'antigènes solubles.

Comme rapporté précédemment, les anatoxines étaient jusqu'ici préparées à partir de toxines microbien par action du formol et de la chaleur. Un procédé nouveau pour l'obtention des vaccins a été mis au point à l'Institut Pasteur. Il est caractérisé par le fait qu'on met en contact des toxines ou des micro-organismes avec du glutaraldehyde à une concentration et pendant une durée juste suffisantes pour les détoxiquer ou les inactiver (33, 35, 36, 37). Ce procédé est applicable à toutes les toxines microbien expérimentées. Il faut noter que les temps de traitement des toxines par le glutaraldehyde sont très courts, par exemple, de dix minutes pour la toxine tétanique, alors que le formol nécessitait un temps d'incubation de deux semaines au moins, à 37 °C.

L'étude de l'antigénicité des préparations obtenues par l'action du glutaraldehyde a montré que le pouvoir immunisant est très élevé, et cela en l'absence d'un adjuvant. La différence des taux d'anticorps circulants n'est pas significative pour les préparations fluides et adsorbées et diminue peu aussi si l'on vaccine les animaux avec des quantités moins élevées d'anatoxine habituellement utilisées.

Ce procédé de préparations des anatoxines permettra de disposer de vaccins utilisables sans adjuvant. On pourra cer-

tainement les associer à d'autres préparations comme le vaccin coquelucheux préparé à partir de corps microbiens ou de fractions de parois.

L'antigénicité élevée des anatoxines a été attribuée à l'agrégation des molécules de toxine par action du glutaraldéhyde. Le traitement de la toxine diphthérique pure par le formol ne modifie pas le poids moléculaire de la toxine : par contre, les produits de réaction résultant du traitement de cette toxine par le glutaraldéhyde sont constitués de molécules agrégées de poids moléculaire variable.

Des études ont été effectuées pour déterminer le pouvoir immunogène des anatoxines en fonction de leur poids moléculaire : on a trouvé qu'une agrégation trop élevée de la toxine fait baisser l'antigénicité de l'anatoxine. L'isolement des fractions de toxines agrégées sur la base de leur poids moléculaire et l'étude de leur antigénicité a permis de constater que les taux d'anticorps étaient les plus élevés avec l'anatoxine dimère. Les mêmes études effectuées avec la toxine

tétanique ont montré que les préparations obtenues par action du formol contiennent une proportion élevée de molécules agrégées et que celles obtenues par action du glutaraldéhyde sont presque uniquement constituées de dérivés agrégés (38).

Le procédé de détoxication par le glutaraldéhyde a également permis d'obtenir des vaccins à antigénicité multiple. Les vaccins se caractérisent par le fait qu'ils contiennent des molécules d'au moins deux produits détoxiqués au sein d'un copolymère obtenu par action de pontage du glutaraldéhyde sur chacun des produits toxiques de départ. Un vaccin mixte antidiphthérique-antitétanique a été ainsi préparé. D'autres vaccins mixtes peuvent être obtenus également, comportant des molécules d'un antigène ou haptène enchaîné au sein d'un copolymère avec des molécules d'une autre protéine, la fonction de ces dernières étant essentiellement de servir de support aux molécules du premier type. Les vaccins mixtes trouveront certainement de nombreuses applications dans l'avenir.

Bibliographie

1. BALOUET (G.), LEVADITI (J.-C.) & RELYVELD (E.-H.). — Le granulome immunogène : histopathologie expérimentale des lésions liées à des injections vaccinantes associées à divers adjuvants de l'immunité. *Bull. Inst. Pasteur*, 1975, 73, 383-409.
2. BEHRING (E.) (von). — Untersuchungen über das Zustandekommen der Diphtherie-Immunität bei Tieren. *Dtsch. med. Wschr.*, 1890, 16, 1145.
3. BEHRING (E.) (von) & KITASATO (S.). — Ueber das Zustandekommen der Diphtherie-Immunität und der Tetanus-Immunität bei Tieren. *Dtsch. med. Wschr.*, 1890, 16, 1113.
4. BIZZINI (B.), TURPIN (A.) & RAYNAUD (M.). — Production et purification de la toxine tétanique. *Ann. Inst. Pasteur*, 1969, 116, 686-712.
5. BYTCHENKO (B.), CVJETANOVIC (B.) & GRAB (B.). — Factors determining mortality due to tetanus. *Comptes Rendus de la Quatrième Conférence Internationale sur le Tétanos*, Dakar, Sénégal, 6-12 avril 1975, 43-66. Ed. Fondation Mérieux, Lyon, France.
6. CABAU (N.), LÉVY (F.-M.), RELYVELD (E.-H.), LABUSQUIÈRE (R.), POIRIER (A.), RAVISSE (P.) & CHAMBON (L.). — Vaccination anti-diphthérique-antitétanique par anatoxines adsorbées sur phosphate de calcium en deux injections à un an d'intervalle. *Ann. Inst. Pasteur*, 1970, 119, 663-670.
7. ERMENGEM (von) (E.). — Über einen neuen anaeroben Bacillus und seine Beziehungen zum Botulismus. *Z. Hyg. Infektikr.*, 1897, 26, 1.

8. FABER (K.). — Die pathogenese des Tetanus. *Klin. Wschr.* 1890, 27, 717.
9. GATEFF (C.), RELYVELD (E.-H.), LE GONIDEC (G.), VINCENT (J.), LABUSQUIÈRE (R.), MC BEAN (A.-M.), MONCHICOURT (D.) & CHAMBON (L.). — Etude d'une nouvelle association vaccinale quintuple. *Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur)*, 1973, 124 B, 387-409.
10. GATEFF (C.), RELYVELD (E.-H.), LE GONIDEC (G.), VINCENT (J.), MC BEAN (A.-M.), DURAND (B.) & CHAMBON (L.). — Vaccination antitétanique simplifiée associée à des vaccins viraux vivants. *Méd. trop., Marseille*, 1974, 34, 171-181.
11. GLENNY (A. T.), POPE (C. G.), WADDINGTON (H.) & WALLACE (U.). — Immunological notes. Note XXIII. The antigenic value of toxoid precipitated by potassium alum. *J. Path. Bact.*, 1926, 29, 38.
12. GLENNY (A. T.) & BARR (M.). — Alum-toxoid precipitates as antigens. *J. Path. Bact.*, 1931, 34, 118.
13. GUÉRIN (N.), FILLASTRE (C.), ORSSAUD (E.), LÉVY (F.-M.) & CABAU (N.). — Essai de vaccination antitétanique simplifiée au Cameroun. *Comptes Rendus de la Quatrième Conférence Internationale sur le Tétanos*, Dakar, Sénégal, 6-12 avril 1975, 883-885. Ed. Fondation Mérieux, Lyon, France.
14. HÉNOQC (E.), RELYVELD (E.-H.) & RAYNAUD (M.). — La sensibilisation aux antigènes diphtériques. Etude immunologique et clinique. *Int. Arch. Allergy*, 1962, 20, 262-297.
15. LEVADITI (J.-C.) & RELYVELD (E.-H.). — Tolérance locale des vaccins adsorbés sur substances immunostimulantes. *Les entretiens de Bichat*, 1974, *Thérapeutique*, pp. 207-208. Expansion scientifique française. *Sem. Hôp. Paris, Thérapeutique*, 1975, 51, 117-118.
16. MARTIN (R.), RELYVELD (E.-H.), RAYNAUD (M.), DAMAS (J.-P.) & HÉNOQC (E.). — Pouvoir immunisant et tolérance par l'organisme humain des vaccins adsorbés sur phosphate de calcium. *Presse méd.*, 1969, 77, 341-344.
17. MATIĆ (D.), ŠKARICA (N.), RELYVELD (E.-H.), RAYNAUD (M.) & MRAVUNAC (B.). — Etude du pouvoir vaccinant de l'anatoxine diphtérique purifiée adsorbée sur des adjuvants divers. *Bull. Org. mond. Santé*, 1966, 34, 21-32.
18. MERCIER (P.). — Le tétanos. Vers son éradication par la généralisation de l'immunisation active. *Bull. Acad. nat. Méd.*, 1976, 160, 598-604.
19. RAMON (G.). — Sur le pouvoir flocculant et les propriétés immunisantes d'une toxine diphtérique rendue anatoxique (anatoxine). *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, 1923, 177, 1338.
20. RAMON (G.). — Sur l'augmentation anormale de l'antitoxine chez les chevaux producteurs de sérum antidiphérique. *Bull. Soc. Centrale Méd. vét.*, 1925, 78, 227.
21. RAMON (G.). — Sur la production de l'antitoxine diphtérique. *C.R. Soc. Biol. (Paris)*, 1925, 93, 506.
22. RELYVELD (E.-H.). — Etudes sur la toxine et l'antitoxine diphtériques et la réaction toxine-antitoxine. Thèse (Editions Scientifiques Hermann, Paris, 1958).
23. RELYVELD (E.-H.), HÉNOQC (E.) & RAYNAUD (M.). — Etude de la réaction de Schick à l'aide d'une toxine pure. *Bull. Acad. nat. Méd.*, 1962, 146, 101-109.
24. RELYVELD (E.-H.), HÉNOQC (E.) & RAYNAUD (M.). — Etude sur la sensibilisation aux antigènes élaborés par diverses souches de Corynébactéries diphtériques et non diphtériques. *Ann. Inst. Pasteur*, 1962, 103, 590-604.
25. RELYVELD (E.-H.), HÉNOQC (E.) & RAYNAUD (M.). — Etude de la vaccination antidiphérique de sujets allergiques, avec une anatoxine pure adsorbée sur phosphate de calcium. *Bull. Org. mond. Santé*, 1964, 30, 321-325.
26. RELYVELD (E.-H.) & RAYNAUD (M.). — Préparation de la toxine diphtérique pure cristallisée à partir de cultures en fermenteur. Caractères de la toxine pure. *Ann. Inst. Pasteur*, 1964, 107, 618-634.
27. RELYVELD (E.-H.) & RAYNAUD (M.). — Etudes sur le phosphate de calcium comme adjuvant de l'immunité. *International Symposium on Adjuvants of Immunity*, Utrecht 1966. *Symp. series Immunobiol. Standard.*, 6, 77-78. (Karger, Basel / New-York 1967).
28. RELYVELD (E.-H.). — Studies on the detoxification of purified diphtheria toxin. Proc. 10th int. Congr. permanent Sect. microbiol. Standard. int. Ass. microbiol. Soc., Prague 1967. *Progr. Immunobiol. Standard.*, 3, 258-263. (Karger, Basel / New-York 1969).

29. RELYVELD (E.-H.), MARTIN (R.), RAYNAUD et al. — Le phosphate de calcium comme adjuvant dans les vaccinations chez l'homme. *Ann. Inst. Pasteur*, 1969, **116**, 300-326.
30. RELYVELD (E.-H.), MARTIN (R.), RAYNAUD (M.), HENOCQ (E.) & DAMAS (J.-P.). — Résultats de vaccinations avec des antigènes adsorbés sur phosphate de calcium. Proc. 11th int. Congr. permanent Sect. microbiol. Standard. int. Ass. microbiol. Soc., Milan 1968 ; *Progr. immunobiol. Standard.*, **4**, 540-547. (Karger, Basel / München / New-York 1970).
31. RELYVELD (E.-H.), RAYNAUD (M.), MARTIN (R.), HENOCQ (E.) & DAMAS (J.-P.). — Tolérance in humans of pertussis vaccines adsorbed onto calcium phosphate. International Symposium on Pertussis, Bilthoven 1969 : *Symp. Series Immunobiol. Standard.*, **13**, 171-179 (Karger, Basel/München/New-York 1970).
32. RELYVELD (E.-H.), LABUSQUIÈRE (R.), GATEFF (C.), LE BOURTHE (F.), RAVISSE (P.), LEMARINIER (G.) & CHAMBON (L.) — Antitetanus vaccination and neonatal protection in developing countries. Proc. 12th int. Congr. permanent Sect. microbiol. Standard. int. Ass. microbiol. Soc., Annecy 1971 ; *Progr. immunobiol. Standard.*, **5**, 517-527 (Karger, Basel 1972).
33. RELYVELD (E.-H.). — Préparation de vaccins antitoxiques et antimicrobiens à l'aide de glutaraldéhyde. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 1973, Série D, **277**, 613-616.
34. RELYVELD (E.-H.), GATEFF (C.), CHAMBON (L.), GUERIN (N.), CHARPIN (M.) et al. Etudes sur les vaccinations en Afrique. International Symposium on Vaccination against Communicable diseases. Monte-Carlo, Monaco, mars 1973. *Symp. Series immunobiol. Standard.*, **22**, 215-222 (Karger 1973).
35. RELYVELD (E.-H.), GIRARD (O.), CHEYROUX (M.), Asso (J.) & de RUDDER (J.) — Nouveau procédé d'inactivation pour la préparation de vaccins. 13th International Congress of I.A.B.S., Budapest 1973 ; Part A : Purification of proteins. *Develop. biol. Standard.*, **27**, 236-248. (Karger, Basel 1974).
36. RELYVELD (E.-H.), GIRARD (O.) & DESORMEAU BEDOT (J.-P.). — Procédé de fabrication de vaccins à l'aide du glutaraldéhyde. *Ann. Imm. Hungaricae*, 1973, **17**, 21-31.
37. RELYVELD (E.-H.). — Préparation de vaccins tétniques à l'aide du glutaraldéhyde. *Comptes Rendus de la Quatrième Conférence Internationale sur le Tétanos*, Dakar, Sénégal, 6-12 avril 1975, 727-733. Ed. Fondation Mérieux, Lyon, France.
38. RELYVELD (E.-H.). — Detoxification of microbial toxins by glutaraldehyde and their use in the preparation of vaccines. *Toxicon*, (sous presse).
39. REYNAUD (R.), RELYVELD (E.-H.) & CHAMBON (L.). — Antitetanus vaccination with two injections of calcium phosphate adsorbed toxoid given by a one year interval. *Proc. Symposium on Field Trials of Vaccines*, Zagreb, Octobre 1973, 67-72. Publ. : Yug. Acad. Sci. Arts Zagreb, 1973.
40. REY M. — Résumé de la Quatrième Conférence Internationale sur le tétanos. *Comptes Rendus de la Quatrième Conférence Internationale sur le Tétanos*, Dakar, Sénégal, 6-12 avril 1975, 963-973. Ed. Fondation Mérieux, Lyon, France.
41. ROUX (E.) & YERSIN (A.). — Contribution à l'étude de la diphtérie. *Ann. Inst. Pasteur*, 1888, **2**, 629-661.
42. ROUX (M.). — Le tétanos en France peut et doit disparaître. *Nouv. Presse méd.*, 1977, **6**, 1111-1112.
43. SUREAU (P.), FABRE (J.), BEDAYA N'GARO (S.), COME BUTOR (S.), POULOGOU (M.) & RELYVELD (E.-H.). — Vaccination simultanée de nourrissons en milieu tropical contre le tétanos et la poliomyélite. *Bull. Org. mond. Santé*, 1977, **55** (sous presse).
44. TURPIN (A.), RAYNAUD (M.) & ROUYER (M.). — Purification de la toxine et de l'antitoxine tétnique. *Ann. Inst. Pasteur*, 1952, **82**, 299-309.
45. TURPIN (A.) & RAYNAUD (M.). — La toxine tétnique. *Ann. Inst. Pasteur*, 1959, **97**, 718-732.

and a total of 17,481 individuals
and 1,011 families of Indian
background living in the United
States in 1900.

On the other hand — (H-2) — we
find about 1,500 Indian families
of no Indian background, primarily
of Chinese descent, scattered
throughout the United States in
1900. This is a very small number.

On the other hand — (H-3) — we
find approximately 10,000 Indian
families of Indian background
in 1900, living in the United
States, mostly in California.

Thus, we find that (H-1) we find
approximately 17,481 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900, and that
(H-2) we find approximately 1,500
Indian families of Chinese
background living in the United
States in 1900.

Thus, we find that (H-3) we find
approximately 10,000 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900.

Thus, we find that (H-1) we find
approximately 17,481 Indian families
of Indian background living in the

United States in 1900, and that
(H-2) we find approximately 1,500
Indian families of Chinese
background living in the United
States in 1900.

Thus, we find that (H-3) we find
approximately 10,000 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900.

Thus, we find that (H-1) we find
approximately 17,481 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900, and that
(H-2) we find approximately 1,500
Indian families of Chinese
background living in the United
States in 1900.

Thus, we find that (H-3) we find
approximately 10,000 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900.

Thus, we find that (H-1) we find
approximately 17,481 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900, and that
(H-2) we find approximately 1,500
Indian families of Chinese
background living in the United
States in 1900.

Thus, we find that (H-3) we find
approximately 10,000 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900.

Thus, we find that (H-1) we find
approximately 17,481 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900, and that
(H-2) we find approximately 1,500
Indian families of Chinese
background living in the United
States in 1900.

Thus, we find that (H-3) we find
approximately 10,000 Indian families
of Indian background living in the

United States in 1900.

Thus, we find that (H-1) we find
approximately 17,481 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900, and that
(H-2) we find approximately 1,500
Indian families of Chinese
background living in the United
States in 1900.

Thus, we find that (H-3) we find
approximately 10,000 Indian families
of Indian background living in the
United States in 1900.

PRIX ET MÉDAILLES

1976-1977.

édition du 8 octobre 1977

PARIS

ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

La Grande Médaille d'Or de la Société pour l'Industrie Nationale est attribuée à la Société EDF pour le rayonnement qu'elle exerce sur le plan international, et plus l'exemple qu'elle donne de l'apport bien des sciences à l'industrie, sur rapport de M. Bernard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Grand Prix Lang est attribué à la Société EDF pour le rayonnement qu'elle exerce sur le plan international, et plus l'exemple qu'elle donne de l'apport bien des sciences à l'industrie, sur rapport de M. Bernard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Grande Médaille des établissements d'enseignement est attribuée à M. André BOUAFIA pour le développement qu'il a donné à l'École des mines de Paris dans les domaines des métallurgies, des matériaux, des sciences et des technologies, sur rapport de M. Bére, au nom du Comité de l'Éducation.

La Médaille Dumas est attribuée à M. Louis GILBERT pour reconnaître la carrière exemplaire d'un ouvrier dissipateur parvenu aux fonctions de chef d'un bureau de dessin très important, sur rapport de M. Jaccard, au nom de l'ordre des Arts Chimiques.

La Médaille Louis Pasteur est attribuée à M. Jean-Pierre CAN pour ses travaux de recherche dans le domaine des prospections pétrolières, sur rapport de M. l'ingénieur Général de Lévis, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Oppenheimer est attribuée à M. James BASSOT pour ses efforts de plomber dans le domaine des appareillages pour très hautes pressions, sur rapport de M. Bére, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Grande Médaille Michel Perte est attribuée à M. Jean BONHOFF, animateur de laboratoires très importants, qui a eu plus hautement la recherche fondamentale avec la recherche appliquée et la recherche de développement, sur rapport de M. le Dr Brillat, Membre de l'ordre, au nom du Comité des Arts Chimiques.

COLLÈGE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLE D'AGRICULTURE
POUR L'INDUSTRIE MÉTALLIQUE

PRIX ET MÉDAILLES

1976-1977

Cérémonie du 8 octobre 1977

PALMARÈS

I. - Distinctions exceptionnelles

La Grande Médaille Annuelle de la Société d'Encouragement est attribuée à la SOCIÉTÉ NATIONALE INDUSTRIELLE AÉROSPATIALE pour ses succès éclatants dans le domaine des hélicoptères, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Grand Prix Lamy est attribué à la SOCIÉTÉ L'ORÉAL pour le rayonnement qu'elle exerce sur le plan international et pour l'exemple qu'elle donne de l'application des sciences à l'industrie, sur rapport de M. Bénard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Grande Médaille des Activités d'Enseignement est attribuée à M. André BONASTRE pour le développement qu'il a donné à l'Ecole des Industries Agricoles et Alimentaires, sur rapport de M. Buré, au nom du Comité de l'Agriculture.

La Médaille Dumas est attribuée à M. Louis GLATARD pour récompenser la carrière exemplaire d'un ouvrier dessinateur parvenu aux fonctions de chef d'un bureau de dessin très important, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Louis Pineau est attribuée à M. Jean-Pierre FAIL pour ses travaux de recherche dans le domaine des prospections pétrolières, sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Oppenheim est attribuée à M. James BASSET pour ses efforts de pionnier dans le domaine des appareillages pour très hautes pressions, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Grande Médaille Michel Perret est attribuée à M. Jean ROBIEUX, animateur de laboratoires très importants, qui a su allier heureusement la recherche fondamentale avec la recherche appliquée et la recherche de développement, sur rapport de M. le P^r Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Prix Elphège Baude est attribué à M. Roger TAILLIBERT dont la maîtrise technique est parvenue à rendre possible ce qui était auparavant considéré comme impossible dans l'art de construire, sur rapport de M. Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

II. - Médailles d'Or

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Paul BASTARD pour ses heureuses réalisations en tant qu'ingénieur qui l'ont conduit à la Direction des Ports Maritimes à Paris, sur rapport de M. de Rouville, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Jacques ERNEST qui a su porter à un haut niveau la réputation de la science et de la technique française dans le domaine des lasers, sur rapport de M. Ponte, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Henri GUÉRIN pour les services qu'il a rendus à la chimie et à l'industrie chimique, sur rapport de M. le P^r Wahl, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Marcel BRUYÈRE, dont le travail opiniâtre a assuré, avec d'autres ingénieurs, la renaissance de l'industrie française de moteurs d'aéronefs, sur rapport de M. le P^r Rapin, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Jean COGNARD qui a permis la création et la réussite du Centre Technique de l'Union Intersyndicale des Industries Alimentaires, sur rapport de M. le P^r Buré, au nom du Comité de l'Agriculture.

Une Médaille d'Or est attribuée à M. Jean FOURASTIÉ, Membre de l'Académie des Sciences Morales et Politiques, pour ses brillantes recherches en Economie et pour son activité d'importance nationale comme Président de nombreuses Commissions Ministérielles, sur rapport de M. le P^r Grivet, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Economiques.

III. - Médailles de Vermeil

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Jacques DUBOIS qui s'est élevé de la base aux plus hautes fonctions de la hiérarchie portuaire, sur rapport de M. de Rouville, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Edgard HUGHES qui est actuellement l'un des principaux artisans de la réputation de l'optique française à l'étranger, sur rapport de M. Ponte, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. DORÉ pour sa mise au point du procédé dit « Traitement électrochimique dynamique hors cure », sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Lucien DÉMON qui a contribué au développement de la technique et de l'innovation industrielle dans notre pays, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Robert ALBERNY dont les travaux ont permis d'améliorer les résultats des installations de coulée, sur rapport de M. Bénard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Yves LEROUX, auteur de nombreuses publications scientifiques d'un grand intérêt, sur rapport de M. Normant, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée au D^r René MARAL qui a enrichi l'arsenal des anti-cancéreux et surtout des antileucémiques, sur rapport de M. le P^r Paul, au nom du Comité des Arts chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Robert LANTZ pour les résultats qu'il a obtenus au service de l'Industrie française des colorants, sur rapport de M. le P^r Wahl, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Daniel PERSON pour ses études relatives à l'aménagement du compartiment réacteur dans la réalisation de la Chaufferie Avancée Prototype (C.A.P.), sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Adrien-Antoine LIBECCIO qui n'a cessé d'honorer son métier d'imprimeur par le choix de ses options et la qualité de ses réalisations, sur rapport de M. Lhoste, au nom du Comité de l'Agriculture.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Jean DEVEL pour ses nombreuses activités dans le domaine du machinisme agricole, sur rapport de M. Baratte, au nom du Comité de l'Agriculture.

Une Médaille de Vermeil est attribuée à M. Gérard CASTAN pour sa participation à la mise en œuvre d'une politique active de promotion des industries alimentaires, sur rapport du Vétérinaire-Biologiste-Général Guillot, au nom du Comité de l'Agriculture.

IV. - Médailles et Prix spéciaux

Le Prix Melsens est attribué à M. Joseph TAILLET pour ses travaux qui, bien que se rattachant pour la plupart à l'analyse des phénomènes fondamentaux, ont toujours été inspirés par des applications très concrètes de caractère industriel et ont contribués aux progrès de technique d'avant-garde, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Prix Galitzine est attribué à M. Daniel VIDAL pour ses grands mérites d'ingénieur de recherche dans un domaine technique extrêmement ardu et délicat, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Médaille Gaumont est attribuée à M. Bernard PINGAUD pour son souci de l'industrialisation et l'introduction « en ligne » de systèmes permettant le contrôle de la qualité des produits fabriqués, sur rapport de M. le P^r Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

La Médaille Bourdon est attribuée à M. Jean VIDAL pour son étude des équilibres de phases des fluides intéressant les pétroliers, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Prix Thénard est attribué à la Société Emile MAROT, spécialisée dans la construction de matériel destiné à la sélection et au traitement des graines, sur rapport de M. Baratte, au nom du Comité de l'Agriculture.

Le Prix Parmentier est attribué au P^r Roland ROSSET pour récompenser son remarquable talent de conférencier pour exposer les connaissances les plus récentes concernant l'hygiène et la conservation des aliments, sur rapport du Vétérinaire-Biologiste-Général Guillot, au nom du Comité de l'Agriculture.

La Médaille Aimé Girard est attribuée à M. Henri SIRIEZ pour son œuvre de journaliste consacrée au service de la protection des végétaux, sur rapport de M. le P^r Desaymard, au nom du Comité de l'Agriculture.

La Médaille de la Conférence Carrion est attribuée au D^r RELYVELD pour ses travaux sur les toxines bactériennes, la mise au point de nouveaux vaccins et leurs études sur le terrain, sur rapport de M. le P^r Tréfouël, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Bardy est attribuée à M. Raymond CALAS pour ses recherches de qualité exceptionnelle en chimie organique et en chimie organométallique, sur rapport de M. le P^r Normant, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Prix Bardy est attribué à M. Edouard GRIMAUD pour sa contribution importante à la mise au point des membranes de séparation isotopique pour l'uranium, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Prix Osmond est attribué à M. Jean POKORNY pour sa contribution importante dans la réalisation de l'Atlas Métallographique de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier et de l'Album de Métallographie du C.E.S.S.I.D., sur rapport de M. Bénard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Prix de la Classe 51 est attribué au D^r André SAUSSE sur les directives duquel peut être réalisé, en 1968, le premier rein artificiel entièrement français, sur rapport du P^r Paul, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Prix de la Classe 65 est attribué à M. Maurice LAPIERRE qui, en 1941, fonda l'atelier de mécanique de précision, à l'Institut Pasteur, sur rapport de M. le P^r Tréfouël, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Fauler est attribuée à M. Jean-François PIERSON dont les publications traduisent les préoccupations de mettre en relation les propriétés concrètes d'utilisation des matériaux avec leur structure physique et chimique, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Le Prix Letort est attribué à M. Olivier DUROUCHOUX pour la réalisation d'un accumulateur d'énergie cinétique à moment d'inertie variable capable de restituer cette dernière avec un rendement jusqu'alors inconnu, sur rapport de M. l'Ingénieur-Général Marchal, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Farcot est attribuée à M. Christian BRATU pour ses mémoires se rattachant au problème concret des effets de mouvements de cargaisons liquides dans les navires à la mer, sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Le Chatelier est attribuée à M. Paul-Victor RIBOUD, physicochimiste d'une grande expérience dans la connaissance des phénomènes d'élaboration de la fonte et de l'acier, sur rapport de M. Bénard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

La Médaille Giffard est attribuée à M. Jean-Louis ANDRIEU pour son rôle éminent dans la réalisation du programme des sous-marins stratégiques lanceurs d'engins et celui concernant la réalisation de la « chaudière avancée prototype » C.A.P. pour appareils propulsifs nucléaires, sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

La Médaille Richard est attribuée à M. Jean-Claude PERRIN qui a montré qu'il savait allier l'esprit scientifique le plus rigoureux avec l'imagination et le sens pratique, sur rapport de M. le P^r BÉZIER, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

V. - Médailles d'Argent

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Maurice LAFFIN qui a été pendant 45 ans la cheville ouvrière de la lente et minutieuse préparation de l'unification internationale des caractères de la signalisation maritime, sur rapport de M. de Rouville, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Jean-Claude NICoud pour sa contribution très importante au développement de l'aluminium et des alliages d'aluminium pour conducteurs électriques, sur rapport de M. le P^r Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Jean-Paul BALTZINGER chargé de la qualité et du développement des produits couleur et noir et blanc à la Société Kodak-Pathé, sur rapport de M. le P^r Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Michel SOTTON qui a proposé, entre autres, une meilleure compréhension des phénomènes liés à la fatigue et aux contraintes thermo-mécaniques, sur rapport de M. le P^r Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Michel BADIA qui sait utiliser les connaissances scientifiques de haut niveau qui sont les siennes à la résolution des problèmes appliqués, sur rapport de M. le P^r Trillat, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Michel ARMBRUSTER pour son rôle de coordinateur des problèmes concernant les matériaux composites dans l'industrie aéronautique, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M^{me} Janine TAIN pour son rôle important au secrétariat général des enseignements et des stages à l'Institut Pasteur, sur rapport de M. le P^r Tréfouël, Membre de l'Institut, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Jean GUÉRIN pour la mise au point de procédés de chloration dans des conditions extrêmes ou délicates, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Gilbert KREMMER dont les recherches sur les colorants ont fait l'objet de nombreux brevets, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à MM. DEMBINSKY et DUPONT, à qui nous devons la réalisation des fours à élément chauffant au zircone, seuls fours capables d'atteindre 2 000 °C dans l'air, sur rapport de M. le P^r Collonges, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M^{me} Françoise GAILLARD pour ses recherches dans le domaine de la métallurgie appliquée à la construction navale, sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. René CHOCTEAU qui a conduit l'ensemble des études de faisabilité et de réalisation des principaux composants relatifs au bloc chaudière de la G.A.P., sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Jean AUTIÉ qui a permis la réalisation au stade industriel des comptages à masse volumique stabilisée, sur rapport de M. l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Henri FALXA qui a imaginé et mis au point un appareil flottant permettant le pompage de l'eau de pluie polluant la saumure stockée dans des bassins à ciel ouvert, sur rapport de l'Ingénieur-Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M. Michel COIN dont les connaissances techniques étendues et les qualités personnelles remarquables lui ont valu d'accéder à l'importante fonction d'ingénieur responsable de l'information des Etablissements du Creusot de Creusot-Loire, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M^r Vincent GUIRO dont l'activité créatrice n'a cessé de se manifester sous différentes formes et lui fait participer étroitement à l'acte de bâtir, sur rapport de M. le P^r Ache, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Une Médaille d'Argent est attribuée à M^{me} Arlette MARTIN pour l'œuvre de rénovation qu'elle a accomplie en apportant un esprit moderne et en élargissant le champ d'application d'une ancienne technique artisanale du bois : la marqueterie, sur rapport de M. Fressinet, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

VI - Médailles de Bronze

Une Médaille de Bronze est attribuée à M^{me} Simone CLERMONTÉ pour sa participation particulièrement appréciée à la création de l'Association Internationale de Signalisation Maritime, sur rapport de M. de Rouville, au nom du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Henri MARIE qui a contribué à permettre aux équipes de recherches de Marcoussis d'obtenir, dans le domaine du laser, des résultats d'une large portée internationale, sur rapport de M. Robieux, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Alexandre MILOCHEVITCH, qui a contribué à assurer le succès d'un groupe d'ingénieurs et de techniciens dans un secteur de recherche avancée, sur rapport de M. Robieux, au nom du Comité des Arts Physiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Pierre AUSTIN, technicien au plus haut niveau, qui a accompli avec une compétence exemplaire une carrière de laboratoire, sur rapport de M. Brocart, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. René BERNHARDT, qui, pendant plus de trente années, a mis à la disposition des laboratoires d'enseignement et de recherche de l'E.M.S.C.S. des appareils scientifiques qu'il a conçus, adaptés et améliorés, sur rapport de M. Bénard, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Robert BACKTROG, chargé du contrôle des fabrications des appareils utilisés en thérapeutique à la SODIP, sur rapport de M. le P^r Paul, au nom du Comité des Arts Chimiques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Emile CHAMPENOIX, qui a réorganisé la vérification du montage des locomotives et mis au point des méthodes rationnelles de contrôle à la Sté Alsthom-Atlantique à Belfort, sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Raymond FUENTES, considéré comme le spécialiste de la complétion des puits, dite « Gravel Packing », à la Société Nationale des Exploitations d'Aquitaine (Production), sur rapport de M. l'Ingénieur Général de Leiris, au nom du Comité des Arts Mécaniques.

Une Médaille de Bronze est attribuée à M. Roger JEAN, qui a su appliquer un grand nombre d'idées constructives à la réalisation de prototypes remarqués, dont le banc de visualisation par diffraction de Bragg, sur rapport de M. Vodar, au nom du Comité des Arts Physiques.

VII. - Titre social

MEDAILLES DES OUVRIERS, CONTREMAITRES ET CADRES D'EXECUTION

Nobel-P.R.B. : Emile GUITARD, M^{me} Jeanne LABARRIÈRE.

Société Nationale des Chemins de Fer Français : André GIRAudeau, André MICHEL, Roger KERN, Edmond NEIDHOFFER, Jean-Louis WENDLING, Georges PIARD, René MÉJASSON, Jean MOREAU, Hervé ROLLAND, Joseph VOGEL, Jean MARCEL, Georges ROSTAING, Gilbert BAREILLE, Gaston ROCHE, Marcel LOGEL, Maurice BOCHET, André GÉRARD, Amédée OLLIVIER, Roger CHENEAU, Claude GEAY, Camille LEDEZ, Marcel TIQUET.

Ardoisières d'Angers S.A. : Edouard ROBE.

Shell Française : Gilbert ALBRAND, M^{me} Josette BERTRAND, Jacques LE STUM, Jean LÉONI, Edouard ORLER, Jean-Baptiste COLONNA-CÉSARI, France LE SAUX, René ARNAUD, Gaston LEBLOND, Jacques MARTIN, André PERROUD, Pierre BLANC.

Alsthom-Atlantique : Joseph MOYON, Anatole KERMAGORET, Eugène CATTEAU, Pla-cide MAHÉ, Raymond CHÉDOTAL, René GILBERT, Albert DROUARD, Henri LEVESQUE, Frédéric DESMARS, Jean ROTHOUX, André STÉVENOT, René PUY-DARRIEUX, Georges BERTHAULT, Marcel DUJARDIN, Raymond POULAIN.

Elf-France : Eugène BAVINCKHOVE, Marc BRIOULET, René MENRATH, M^{me} Jacqueline LAILLOT, Roger DARTHOUT, M^{me} Yvette BAZIEU, Robert MOMAS, Robert VIDAILLAC, Georges BONNEAU, Henri VERGAUD, Maurice ROGER, M^{me} Suzanne BELLAICH, M^{me} Paulette MIDY, Joseph RUBIO, Alban LARANE, Claude SAUTIER, Jacques CONTER, Serge DUPESSEY, M^{me} Denise CHARPENTIER.

Laboratoire Central de l'Armement : Pierre LE BONNIEC, Robert CHARLEUX, Abel DESCROIZETTE.

Elf-Aquitaine (production) : Maurice PAUX, Pierre STENIER, Paul MADRONA, Paul LEFIN, Marius CORNILLE, André PAILLOU, Robert CAMP, Maurice DUFOR, Gérard ESPAGNE, Michel BAULIEU, Gaston BARADAT, Marcel DARQUIER, André HUNEAU, André BARBE, Jean PIERRE, Edouard VERDIER, Jacky OIX, Georges LANZI, Jacques CAVASINO, Julien BARTHAUT, Robert FLEURENCE.

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

L.T.Q.A.-CAHORS. — 70.107. — Dépôt légal : IV-1977
Commission paritaire n° 57.497

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Fondée en 1801

Reconnue d'Utilité Publique en 1824

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

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



HISTORIQUE

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

RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE EN 1824,

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

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

BUT

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

ACTIVITÉS

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

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

RECRUTEMENT

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

