

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	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
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

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

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1973, n° 2
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1973

Collation	1 vol. (31 p.) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	36
Cote	INDNAT (103)
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.103

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

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

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

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

*fondée en 1801
reconnue d'utilité publique*

•

Revue trimestrielle
1973 - N° 2

• •

SOMMAIRE

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

- **Les matériaux composites, pourquoi faire ?**
par M. G. LEOMAND, p. 3
- **Le séparateur thermique et ses applications.**
Procédé Elf-Bertin.
par M. P. MARCHAL, p. 15

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

- **Remise de la Grande Médaille Annuelle
à Monsieur Albert LAPRADE, Membre de l'Institut** p. 25

Publication sous la direction de M. Jacques TREFOUËL

Membre de l'Institut, Président

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

Abonnement annuel : 40 F le n° : 20,00 F C.C.P. Paris, n° 618-48

TEXTES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Les matériaux composites, pourquoi faire ? *

par M. G. LEOMAND

Ingénieur civil de l'Aéronautique

I. — GENERALITES

Les matériaux composites, pourquoi faire ? Oui, pourquoi cet engouement depuis ces quinze dernières années ?

Si la maîtrise de ces techniques confère à ceux qui la possèdent des avantages certains dans le domaine industriel, le tableau général des productions mondiales permettra de fixer une nouvelle échelle de technicité.

Mais pour être complet il faudrait donner quelques exemples de réalisation dans les domaines les plus divers.

II. — DEFINITION ET PRESENTATION DES MATERIAUX COMPOSITES

Qu'appelle-t-on un matériau composite ? C'est un matériau multiphase, constitué d'une matrice dans laquelle sont noyés des éléments de renfort, d'où le nom de plastiques renforcés (armés).

Cette matrice est constituée en général d'un matériau de caractéristiques et de prix modestes.

Les renforts sont soit des fils, des lamelles, ou même des éléments sphériques (fig. 1).

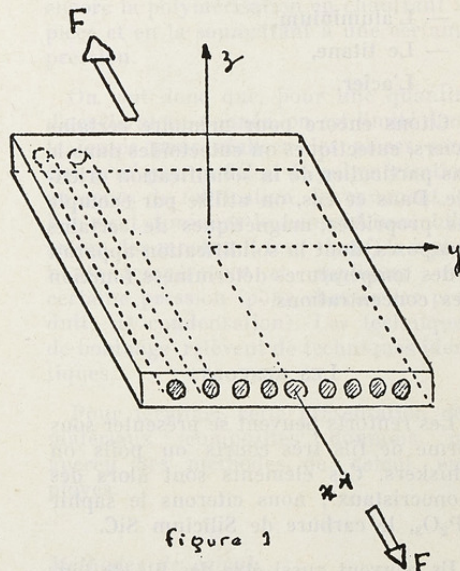


figure 1

Examinons successivement ce que sont ces matrices et ces renforts.

LES MATRICES

Que trouve-t-on comme matrices ? Nous ne retiendrons que les matrices organiques et les matrices métalliques.

* Conférence prononcée le 1^{er} mars 1973 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

En effet, nous ne prendrons pas en compte les matériaux genre béton ou le bois.

Comme matrices couramment utilisées, nous citerons essentiellement les résines suivantes :

- Polyester,
- Epoxy,
- Phénolique,
- Polybenzimidazole,
- Polyimide,
- Polyamide.

Pour les matrices métalliques, on utilise surtout :

- L'aluminium,
- Le titane,
- L'acier.

Citons encore pour mémoire certains aciers, eutectiques ou eutectoïdes dans le cas particulier de la solidification orientée. Dans ce cas, on utilise par exemple les propriétés magnétiques de certains composés, dont la solidification apparaît à des températures déterminées fonction des concentrations.

LES RENFORTS

Les renforts peuvent se présenter sous forme de fils très courts ou poils ou whiskers. Ces éléments sont alors des monocristaux ; nous citerons le saphir AP_2O_3 , le carbure de Silicium SiC .

Ils peuvent aussi être des fils de longueur moyenne ou quasi infinie et nous les classerons en deux catégories :

- les modules bas ou moyens,
- les hauts modules.

Dans les bas et moyens modules, nous citerons :

- les fils de silice,
- les fils de verre (E, R, S),
- l'acier,
- le tungstène.

Dans les fibres haut module, nous citerons :

- les fils de bore,
- les fils de carbone (polyacrylonitrile, brai de houille, pétrole),
- les fils de beryllium (frittage),
- les fibres organiques (PRD 49).

Pour mieux comprendre la nature même des composites, il est bon de donner les grandes lignes des méthodes de fabrication des composants et des composites :

— Pour obtenir une bonne adhésion des fils et des matrices on fait subir aux renforts un traitement de surface ou « finish » lui conférant une bonne mouillabilité. Ensuite, on cherche à enduire le fil ainsi préparé d'une résine, revêtement ou « coating » qui soit à la fois compatible avec la matrice et avec le fil. C'est l'ensimage.

— Il faut ensuite enrober le renfort ensimé dans la matrice proprement dite. Là, plusieurs cas sont à envisager pour la mise en œuvre.

Méthodes de mise en œuvre des composites à matrice organique :

- Imprégnation : au pinceau, au pistolet, par bain (préimprégné).
- Moulage au contact.
- Moulage à la presse : à froid - chauffant, à l'étuve.
- Moulage à la vessie : chauffante, à l'étuve.
- Moulage par injection.
- Moulage par mousse réservoir.
- Moulage par centrifugation.
- Extension (profilés).
- Projection simultanée.
- Enroulement filamentaire.

Pour les matrices métalliques, quatre procédés peuvent être envisagés, dont trois seulement sont industriels :

— Imprégnation sous vide ou sous pression.

— Collage sous pression et température ou par explosion de feuillets.

— Frittage des matrices à renforts noyés.

— Solidification orientée : eutectoïdes ou germination naturelle ; germination artificielle par inclusion de germes.

La disposition géométrique du renfort dans le matériau peut varier d'un type de matériau à l'autre. Citons quelques exemples :

— disposition aléatoire (bi- ou tridimensionnelle) de fibres courtes ;

— fibres longues alignées dans un plan et plans superposés-roving ;

— fibres tissées et couches superposées (tridimensionnel) ;

— fils bobinés.

Fabrication des composites à matrice organique.

Nous allons décrire brièvement la fabrication d'une pièce en composite à matrice organique.

On dispose d'un moule femelle. Ce moule peut être lui-même en composite ou en métal. Son empreinte doit avoir un excellent état de surface. De plus, pour faciliter le démoulage ultérieur, on enduit ce moule d'un démoulant qui est généralement une cire.

Puis, la surface du moule représentant généralement la surface, on commencera par peindre la pièce. On dépose ou projette une résine chargée de pigments.

Lorsque l'état de surface est une caractéristique particulièrement importante, on dispose côté face externe un tissu très fin et très léger destiné à masquer les dessins éventuellement laissés par les tissus résistants à plus grosse trame.

Ensuite, on superpose les différentes couches, en les orientant de façon judicieuse, et en les imprégnant de résine pour les non préimprégnés (en se

contentant simplement de les superposer pour les préimprégnés).

Le nombre de couches désirées étant mises en place, il faut assurer la polymérisation.

Pour les résines classiques (polyester, époxy), cette polymérisation a lieu à température ambiante. La vitesse de polymérisation est fonction de la densité d'accélérateur, la polymérisation étant simplement initiée par le catalyseur.

Mais, après cette polymérisation à température ambiante, on effectue un recuit de stabilisation.

Dans le cas le plus général, on accélère encore la polymérisation en chauffant la pièce et en la soumettant à une certaine pression.

On voit donc que, pour une quantité d'accélérateur donnée, on est limité dans le temps pour réaliser des pièces sans être gêné par un début de polymérisation en cours de fabrication. Inversement, si l'on veut diminuer le temps d'immobilisation des moules, il faut chauffer à plus haute température et appliquer une certaine pression (pour chasser les produits de condensation). Les techniques de bobinage relèvent de techniques identiques.

Pour terminer cette présentation des matériaux composites donnons un aperçu des méthodes de calcul employés.

Méthodes de calcul.

Parmi les matériaux composites, ceux qui ont le plus d'originalité sont les stratifiés, dont chacune des couches est constituée de résine avec comme renfort soit des fils parallèles ou roving, soit des tissus.

Considérons une couche et des axes de référence respectivement parallèles et normaux aux fibres (dans leur plan) ; nous pourrions écrire des relations entre les contraintes et les déformations de la forme :

$$\sigma_{xx} = k_{11} \epsilon_{xx} + k_{12} \epsilon_{yy} + k_{13} \epsilon_{xy}$$

$$\sigma_{yy} = k_{12} \epsilon_{xx} + k_{22} \epsilon_{yy} + k_{23} \epsilon_{xy}$$

$$\tau_{xy} = k_{13} \epsilon_{xx} + k_{32} \epsilon_{yy} + k_{33} \epsilon_{xy}$$

Et l'on peut dans ce cas définir pour ce matériau orthotrope particulier des modules apparents de la forme suivante :

$$k_{11} = \frac{E_{xx}}{1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx}} \quad k_{22} = \frac{E_{yy}}{1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx}}$$

$$k_{12} = k_{21} = \frac{\nu_{xy} \cdot E_x}{1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx}} = \frac{\nu_{yx} \cdot E_y}{1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yx}}$$

Mais il faut prendre garde à ces notations trompeuses, car dès que l'on n'est plus aligné avec les fils, les relations prennent la forme suivante, obtenue après application de la transformée par rotation d'un tenseur du second ordre :

$$\sigma_{xx} = k_{11} \epsilon_{xx} + k_{12} \epsilon_{yy}$$

$$\sigma_{yy} = k_{21} \epsilon_{xx} + k_{22} \epsilon_{yy}$$

$$\tau_{xy} = k_{33} \epsilon_{xy}$$

qui s'exprime encore avec des notations matricielles par :

$$\begin{pmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{12} & k_{22} & k_{23} \\ k_{13} & k_{23} & k_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \epsilon_{xy} \end{pmatrix}$$

ce qui veut dire en particulier que, si l'on tire sur un matériau composite dans une direction qui n'est ni parallèle ni perpendiculaire aux fils, il se gauchit.

D'autre part, les associations de plis, dont les orientations de différentes couches sont quelconques (non symétriques), donnent des matrices pleines. Ceci a la conséquence très importante suivante, que les méthodes de calcul classiques de la résistance des matériaux ne sont pas directement applicables en dehors des cas où les axes principaux d'inerties ne sont pas confondus avec les axes de symétrie des matériaux.

Il faut donc nous habituer à ne plus raisonner avec les modules classiques, mais avec les coefficients k_{ij} .

Pour achever cet aspect des caractéristiques générales, nous allons essayer de placer les composites par rapport aux matériaux classiques que nous connaissons.

Pour ce faire nous ne considérons que des matériaux possédant une symétrie. D'autre part, nous comparerons les résistances spécifiques et modules spécifiques. En effet, que ce soit du point de vue structural ou du point de vue économique, un paramètre très important est la densité du matériau. Nous comparons donc :

- les résistances spécifiques des différents matériaux,
- les modules spécifiques de ces mêmes matériaux.

Ces comparaisons étant faites entre l'aluminium, le titane, l'acier et des composites à matrice organique (époxy) renforcés par du carbone, du bore, du verre, du PRD.

Il faut cependant ajouter la remarque importante suivante :

Les valeurs indiquées sur le graphique concernent des unidirectionnels. Mais les stratifiés sont presque exclusivement utilisés sous forme de plis croisés. Dans ce cas, les caractéristiques dans une direction donnée sont considérablement diminuées.

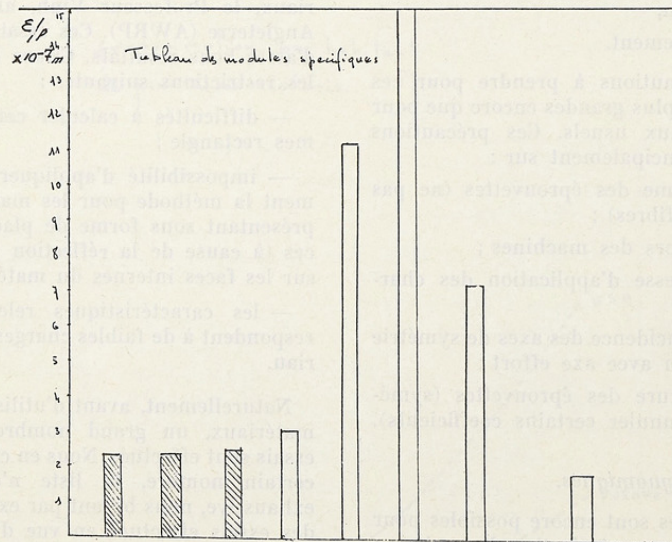
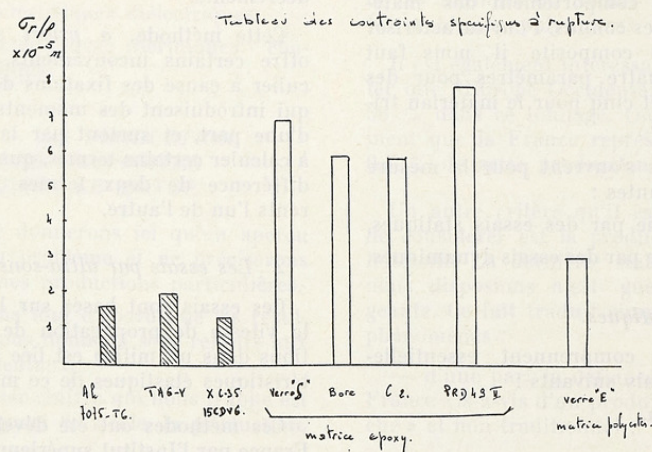


TABLEAU I

III. — LES ESSAIS ET CARACTERISATIONS

Nous venons de voir que le comportement des matériaux composites était différent du comportement des matériaux isotropes connus. Pour caractériser un matériau composite il nous faut connaître quatre paramètres pour des plis minces et cinq pour le matériau tridimensionnel.

Deux voies s'ouvrent pour la mesure de ces constantes :

- une voie par des essais statiques,
- une voie par des essais dynamiques.

a) Essais statiques.

Ces essais comprennent essentiellement les essais suivants :

- traction,
- flexion,
- torsion,
- cisaillement.

Les précautions à prendre pour ces essais sont plus grandes encore que pour les matériaux usuels. Ces précautions portent principalement sur :

- la forme des éprouvettes (ne pas couper les fibres) ;
- les mors des machines ;
- la vitesse d'application des charges ;
- la coïncidence des axes de symétrie du matériau avec axe effort ;
- la nature des éprouvettes (symétrie pour annuler certains coefficients).

b) Essais dynamiques.

Deux voies sont encore possibles pour les essais de caractérisation dynamique :

- les essais basses fréquences,
- les essais par ultra-sons.

1° Les essais basses fréquences.

Il s'agit ici de faire vibrer selon des modes propres des poutres ou des pla-

ques. Les modules dynamiques des poutres et plaques, les coefficients d'amortissement interne, coefficients de Poisson, sont alors déterminées par la connaissance des fréquences propres, et par les décréments.

Cette méthode, *à priori* séduisante, offre certains inconvénients, en particulier à cause des fixations des plaques qui introduisent des moments parasites d'une part, et surtout par la difficulté à calculer certains termes, quotient de la différence de deux termes peu différents l'un de l'autre.

2° Les essais par ultra-sons.

Ces essais sont basés sur le fait que la vitesse de propagation de perturbations dans un milieu est liée aux caractéristiques élastiques de ce milieu.

Ces méthodes ont été développées en France par l'Institut supérieur des Matériaux, le Professeur Vinh, ainsi qu'en Angleterre (AWRP). Ces essais donnent d'assez bons résultats. Citons cependant les restrictions suivantes :

- difficultés à calculer certains termes rectangle ;
- impossibilité d'appliquer correctement la méthode pour les matériaux se présentant sous forme de plaques minces (à cause de la réflexion des ondes sur les faces internes du matériau) ;
- les caractéristiques relevées correspondent à de faibles charges du matériau.

Naturellement, avant d'utiliser de tels matériaux, un grand nombre d'autres essais sont effectués. Nous en citerons un certain nombre, la liste n'étant pas exhaustive, nous basant par exemple sur des essais effectués en vue d'une utilisation aéronautique.

— Essais de fatigue : courbe de Whöler, vitesse de propagation de criques ;

— Essais de vieillissement : rayonnement, température, humidité, ambiance agressive, agents biologiques ;

- Essais à la foudre,
- Essais de métallisation.
- Essais au feu,
- Essais de fumée,
- Caractéristiques diélectriques,
- Caractéristiques thermiques - chaleur spécifique.

IV. — LA PRODUCTION DES COMPOSITES DANS LE MONDE

Nous ne donnerons ici qu'un aperçu général du problème et ne préciserons que certaines productions particulières.

Rappelons tout d'abord que les résultats que nous donnons sont relatifs aux pays occidentaux.

Le premier chiffre qui nous frappe est qu'en un quart de siècle, la production,

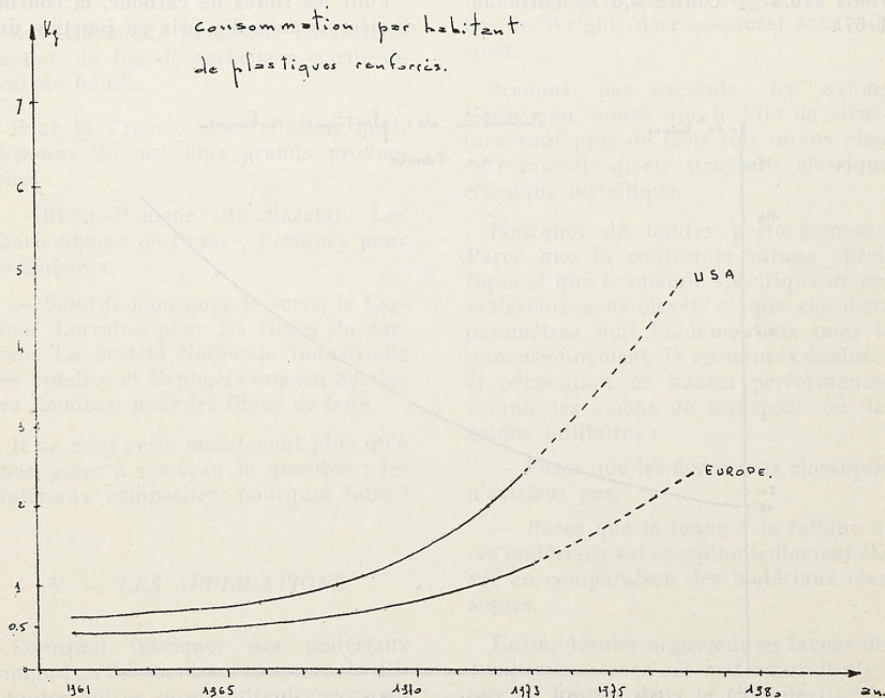
donc la consommation des matériaux plastiques, donc composites, a été multipliée par 50.

La production se situe aux alentours de 30 millions de tonnes par an pour les matériaux polymères.

Il est également intéressant de constater que l'Europe Occidentale entre pour 30 % dans ce tonnage. On note également que la France représente environ 0,5 % de cette production mondiale.

Un autre critère qu'il est intéressant de considérer est la production en kg/habitant. La dernière statistique dont nous disposons n'est guère encourageante. Ce fait traduit simplement deux phénomènes :

— d'une part la défiance générale en France vis-à-vis d'un produit « bon marché » et non traditionnel ;



TABEAU II

— d'autre part, ce qui est un corollaire du phénomène précédent, la réglementation rigoureuse qui exclut bien souvent leur emploi.

Du point de vue mondial, on constate donc une croissance régulière, de l'ordre de 15 % annuel (doublement tous les cinq ans). Mais il faut surtout souligner que cette croissance n'est pas près de diminuer puisque l'on s'accorde à prévoir une production annuelle de l'ordre de 80 à 100 millions de tonnes en 1980, soit un accroissement annuel moyen de 11 à 14 %.

Transposés à l'Europe, ces résultats donnent une croissance moyenne de l'ordre de 14 %, alors qu'en France elle est plus lente et se situe vers 11 %.

Un autre point très important à signaler est que le développement industriel des industries des composites accuse un taux de croissance beaucoup plus élevé que celui de la production industrielle (10,3 % contre 5,6 % entre 58 et 67).

Il nous faut donner maintenant quelques ordres de grandeur de prix afin de mieux situer cette production. Les prix que nous signalerons sont pour des quantités supérieures à 500 kg et représentent une moyenne des prix courant 1971 :

- Résines polyester, 10 cts le kg.
- Résines Epoxy-phénoliques, 2 à 5 \$ le kg.
- Résines polymide, 10 \$ le kg.
- Le verre (E et S), 2 à 10 \$ le kg.
- Le PRD 49, 50 à 100 \$ le kg.
- Les fils de carbone de bore, 1 000 \$ le kg.
- Les trichites de Sic et Alroz, 5 000 \$ le kg (non disponible).

Certains de ces prix évolueront en fonction de la demande. C'est le cas en particulier des fibres haut module et de résines à hautes performances.

Pour les fibres de carbone, la courbe de décroissance des prix en fonction du

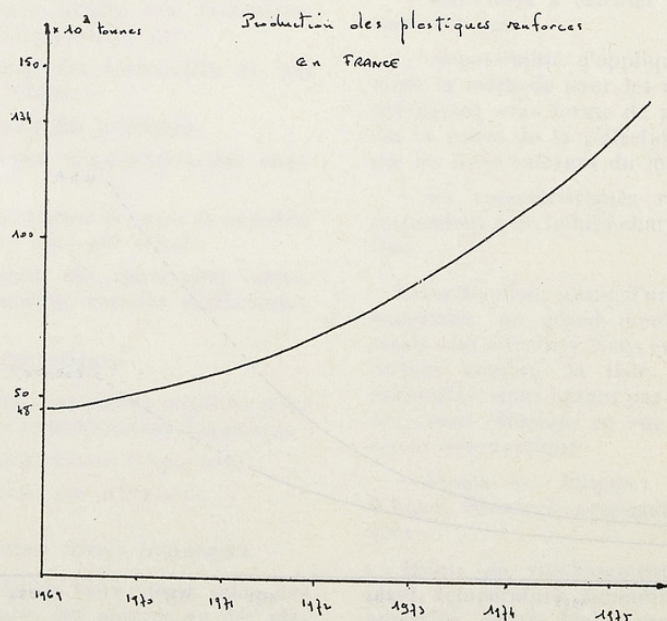


TABLEAU III

temps donne un prix plancher qui ne peut être réduit, compte tenu des procédés possibles à employer.

Pour terminer cet aspect de la production dans le monde, il semble intéressant de signaler les points particuliers suivants :

Les résines de haute performance sont produites aux U.S.A. en particulier chez Du Pont de Nemours. Notons également que les résines vendues en France sont d'un prix comparable aux prix européens.

Les verres à haute performance sont également d'origine américaine.

Le Bore et le PRD 49 viennent des Etats-Unis, mais c'est là un choix politique destiné à concurrencer la production du fil de carbone anglais.

Les Japonais proposent l'industrialisation de fils de carbone à partir du brai de pétrole.

Les Allemands proposent l'industrialisation de fils de carbone à partir de brai de houille.

Pour la France, nous citerons quelques-uns de nos plus grands producteurs :

— Rhône-Poulenc (Rhodiaceta). Les Charbonnages de France, Péchiney pour les matrices.

— Saint-Gobain pour le verre, le Carbone Lorraine pour les fibres de carbone, La Société Nationale Industrielle des Poudres et Explosifs (ancien Service des Poudres) pour les fibres de bore.

Il ne nous reste maintenant plus qu'à nous poser à nouveau la question : les matériaux composites, pourquoi faire ?

V. — LES APPLICATIONS

Pourquoi fabriquer des matériaux composites ? Pour deux raisons très différentes qui ne se produisent encore jamais simultanément :

— pour des raisons économiques : bas prix de revient ;

— pour des raisons techniques : hautes performances de ces matériaux rendant bien supérieures les solutions utilisant les matériaux composites.

Il est bien évident que les bas prix de revient se rencontrent pour les composites aux caractéristiques modestes, et que les hautes performances reviennent aux hauts modules.

Pourquoi un bas prix de revient ? Parce que la matière première est moins chère au kilo que les matériaux classiques.

— Parce que l'outillage mis en œuvre est moins complexe, moins lourd et consomme moins d'énergie, même dans les techniques de moulage à chaud.

— Parce que la qualification nécessaire du personnel est moins élevée que pour les techniques classiques et coûte moins d'heures au kilo et que les courbes de Wright (décroissances) sont voisines.

Prenons, par exemple, les avions légers : on trouve que le kilo de structure vaut près de trois fois moins cher en composite qu'en structure classique métallique.

Pourquoi de hautes performances ? Parce que la contrainte ultime spécifique et que le module spécifique de ces matériaux sont élevés, et que ces deux paramètres sont fondamentaux pour le dimensionnement de structures évoluées et nécessitant de hautes performances comme les avions de transport ou les avions militaires :

— Parce que les corrosions classiques n'existent pas.

— Parce que la tenue à la fatigue de ces matériaux est exceptionnellement élevée en comparaison des matériaux classiques.

Enfin, dernier argument en faveur des composites : avec ces matériaux il n'y a pas de limites dans la complexité des pièces, qui peuvent ainsi avoir plusieurs

fonctions. Il n'est pas rare de voir que des pièces en plastique, remplacent plus de 100 pièces élémentaires d'une construction classique.

Enfin, examinons quels sont les domaines d'application. Le tableau ci-après nous donne la répartition de la consommation par domaine :

Avions et engins spatiaux	13 %
Bâtiment	20 %
Transport	20 %
Bateaux	17 %
Alimentation (emballage)	9 %
Canalisation	5 %
Divers	16 %

Avions - Engins spatiaux.

Structure travaillante :

— Pales hélicoptère Gazelle - WA 51 - Empennage F III - Ailettes RB 211 - train.

— Bidons de lanceurs à poudre - tête de rentrée - boucliers thermiques.

Equipements.

— Réservoirs sous pression, canalisations - portes de visites - aménagements intérieurs.

Bâtiment.

— Panneaux extérieurs - Eléments préfabriqués - Encadrements - cellules complètes (Maison de l'an 2000) - Coffrages pour couler des éléments préfabriqués.

Transport.

— Citernes de camion ou de wagon - Containers marins - Voilier Vendredi 13.

Bateaux.

— Coques - ponts - mât du voilier América - aménagements.

Répartition des productions en 1971

Domaine	EUROPE		FRANCE		ETATS UNIS	
	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%
TRANSPORT	48.000	13,5	7.800	13,5	110.000	25,5
BATEAUX	51.000	14,5	3.800	17,0	113.000	26,5
BATIMENT	35.500	26,0	3.200	5,5	60.800	13,5
Industrie électrique	28.700	8,5	5.300	9,0	25.400	5,5
Anti-corrosion	47.000	13,5	3.300	5,5	40.400	9,0
Biens de consommation	39.700	11,5	19.300	33,0	35.800	8,0
Autres Industries - Agriculture	30.100	8,5	6.500	11,5	24.000	5,5
Divers	14.500	4,0	2.900	5,0	28.700	6,5
	352.500	100	58.100	100	443.100	100

TABLEAU IV

Alimentation.

— Emballages.

Canalisations.

Tubes téléphone - pipe-line.

Divers.

— Meubles - Décors et surtout industrie automobile, calendres (U.S. et Renault) Carrosserie 1200 spéciale GS - Mehari, tableau de bord.

Je voudrais terminer par une question : nous voyons que les composites prennent un essor considérable, mais qui doit les fabriquer ?

Doit-on s'orienter vers des produits semi-finis du genre préimprégnés ?

Doit-on prévoir des fournisseurs de matière première ?

Pour l'heure, les deux voies sont possibles. Et à la question : les matériaux composites, pourquoi faire ? je répondrais en trois points, mais dans tous les cas :

— Pour le progrès des technologies.

— Pour l'abaissement des prix de revient.

— Pour l'amélioration des performances.

*Le séparateur thermique et ses applications **
procédé Elf-Bertin
commercialisé par la Sté Nat
(Nouvelles applications technologiques)

par MM. AMANDE, MARCHAL, SIMONNET, SOVICHE et VERRIEN

I. — INTRODUCTION

Le séparateur thermique est une machine frigorifique sans pièce mobile fonctionnant, pour un observateur extérieur, comme une turbine, à cette différence que l'enthalpie soutirée au fluide lors de son passage dans la machine est livrée à l'extérieur sous forme de chaleur et non sous forme de travail. Cette différence pourrait faire croire que ce type de machine est d'un intérêt restreint par rapport aux turbines, en ce sens que l'énergie thermique est peu utilisable en regard de l'énergie mécanique. Il n'en est rien pour un grand nombre d'applications, car l'utilisation de puissances de 5 à 1 000 kW livrées aux régimes souvent très élevés des turbines ne présente pas forcément le caractère de fiabilité et de souplesse demandé par les utilisateurs. Ceci est tellement vrai que l'énergie mécanique de certaines turbines est dégradée sous forme thermique par un moulinet brassant de l'huile, de l'eau ou de l'air.

Deux photos situeront le développe-

ment de l'appareil. La première (photo N° 1) correspond à la machine imaginée en 1967. Cette machine partait de la réflexion suivante :

Considérant un conduit tel qu'un tuyau d'orgue siège d'un écoulement instationnaire périodique et se plaçant à un centre de pression, on observe que lorsque la pression est maxima, le gaz est comprimé et chaud, et lorsque la pression est minima, il est détendu et froid. Si par un moyen quelconque, il était possible de prélever dans une direction le gaz comprimé et chaud d'une part, et le gaz détendu et froid dans une deuxième direction d'autre part, on pourrait réaliser à partir d'un flux unique de gaz dont la détente servirait à entretenir les fluctuations de pression, deux débits de gaz détendu, l'un chaud, l'autre froid.

Cette machine dont l'écoulement instationnaire est créé par un multivibrateur fluide, mesure environ 20 cm de long et le diamètre des conduits est de 8 mm. Le débit de gaz est de quelques grammes seconde d'air, la pression amont de

* Conférence prononcée par M. Philippe MARCHAL le 29 mars 1973 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

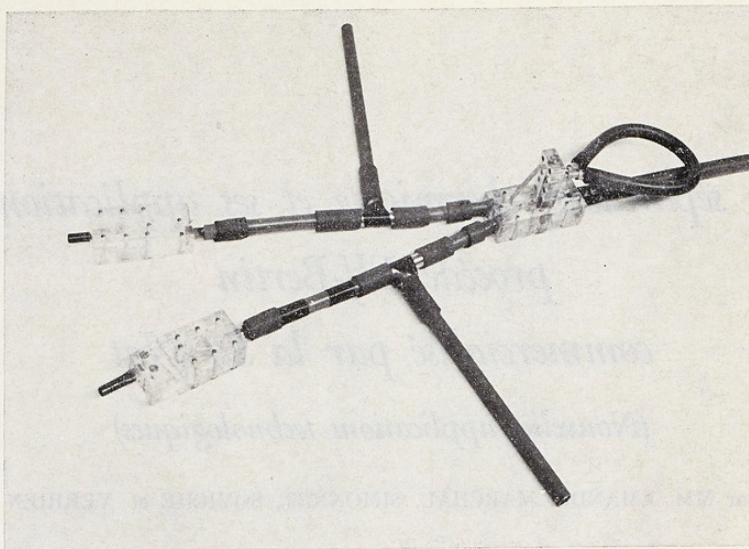


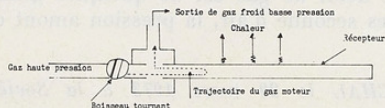
PHOTO n° 1

1,3 à 1,6 bars absolus, la pression aval : la pression atmosphérique. Les performances sont très faibles ; le refroidissement observé est de quelques degrés, mais la température du gaz chaud dépasse 150 °C.

La deuxième photo (n° 2) représente la première unité industrielle de récupération de gazoline dans un gaz de torche, unité mise en route au Gabon pour ELF-SPAFE en novembre 1972.

II. — PRINCIPE PHYSIQUE DU SEPARATEUR THERMIQUE

Le séparateur thermique est essentiellement constitué par un conduit dit récepteur de faible périmètre devant sa longueur, fermé à une extrémité et dont la seconde extrémité est le siège d'un écoulement instationnaire périodique.



Cet écoulement instationnaire peut être réalisé soit par voie fluïdique, soit par voie mécanique à l'aide d'un boisneau tournant, par exemple.

Le mécanisme de fonctionnement est le suivant :

Lorsque le distributeur laisse passer une tranche de gaz moteur, celui-ci se précipite dans le récepteur et, en se détendant, comprime le gaz récepteur qui s'y trouvait initialement.

La compression de ce gaz moteur s'effectue avec une très mauvaise efficacité par rapport à une compression isentropique pour deux raisons essentielles :

- la vitesse atteinte par le gaz récepteur dans le conduit est élevée et la dégradation d'énergie par frottement à la paroi importante,

- les ondes de pression qui transmettent l'énergie du gaz moteur au gaz récepteur ne conduisent pas à des transformations isentropiques.

Lorsque le distributeur se ferme, il reste une pression résiduelle dans le tube récepteur qui permet de refouler

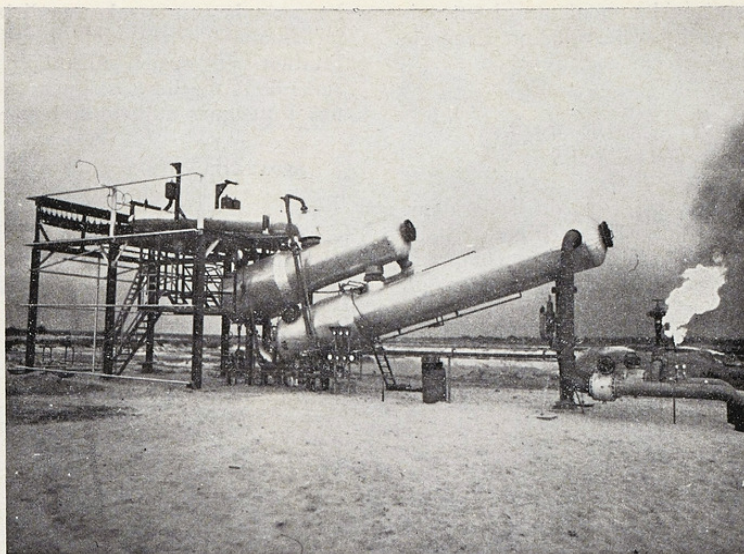


PHOTO n° 2

le gaz moteur vers la sortie. A la fin du cycle, le gaz récepteur, ayant reçu globalement de l'énergie mécanique et l'ayant dégradée, s'est réchauffé et le gaz moteur qui a cédé de l'énergie s'est refroidi.

D'un cycle sur l'autre, le gaz récepteur s'échauffe jusqu'à ce que la quantité de chaleur qu'il reçoit par cycle soit égale à celle évacuée à travers la paroi du tube dans l'atmosphère, par rayonnement, convection naturelle ou forcée, ou dans tout autre fluide réfrigérant.

La température à laquelle est évacuée la chaleur importe peu. En effet, le mélange entre le gaz chaud et le gaz froid est extrêmement réduit, car les écoulements instationnaires dans des conduits présentent la particularité d'être tout à fait bidimensionnels. Ce point particulier est très important car il permet de réaliser des machines de forte puissance dont l'énergie peut être évacuée dans l'air par convection naturelle avec des surfaces d'échanges modérées de températures très élevées.

A titre anecdotique, il a été procédé à des essais où le tube récepteur était

givré à son extrémité froide et dont la température dépassait 700°C quelques 15 centimètres plus loin.

En ce qui concerne la distribution, il faut observer qu'il y a un grand intérêt à disposer d'un temps d'injection faible devant le temps total d'un cycle. En effet, le gaz moteur travaille durant sa phase de pénétration dans le tube. Si le temps durant lequel il doit être évacué est bref, il sera nécessaire que la pression résiduelle du gaz récepteur soit élevée. Alors, le taux de détente disponible pendant la phase travail en sera réduit d'autant.

Des calculs sur ordinateur ont été conduits en utilisant la méthode des caractéristiques. Cette méthode consiste à se placer en un point et à un temps donné du tube et à faire la somme en ce point des ondes qui viennent de la droite et de la gauche de ce point. La méthode des caractéristiques permet de décrire, le plus généralement, des écoulements isentropiques. Il a été nécessaire de développer considérablement ce type de calcul car les écoulements considérés dans le cas du séparateur thermi-

que ne sont évidemment pas isentropiques puisqu'il y a dégradation d'énergie et transfert de chaleur.

III. — TYPES DE MACHINES REALISEES

Partant du principe du séparateur, deux générations de machines ont été développées. La première ne comprend aucune pièce mécanique en mouvement.

La seconde comprend un distributeur mécanique tournant dont la vitesse de rotation peut varier suivant les dimensions de la machine, de quelques centaines à quelques milliers de tours minute.

SÉPARATEUR THERMIQUE STATIQUE (figure 3)

Le séparateur thermique statique est constitué essentiellement par un injecteur rectangulaire de gaz haute pression

REALISATION DU SEPARATEUR THERMIQUE

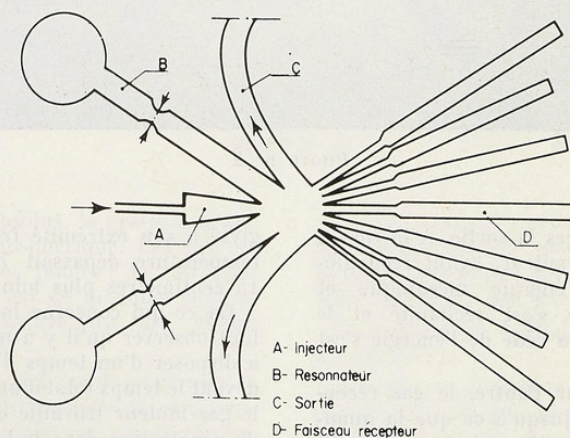


FIG. n° 3

en face duquel se trouve situé un grand nombre de tubes récepteurs borgnes. Deux conduits sont adjacents à l'injecteur, terminés par des capacités étanches ; enfin, il existe deux sorties latérales pour le gaz détendu et froid.

Le mécanisme de fonctionnement est le suivant :

Lorsque le gaz haute pression arrive par l'injecteur, il se précipite dans le récepteur placé en face. Lorsque la pression disponible dans le jet moteur est égale à celle en tête de conduit récepteur, le jet ne pouvant plus pénétrer dans le conduit, se courbe et remplit le

récepteur voisin. Le premier récepteur se vide alors et crée une légère pression latérale sur le jet et l'oblige ainsi à se courber. Lorsque la courbure devient trop forte, le jet revient en arrière. Le jet oscille d'une façon parfaitement organisée. Des expériences de visualisation ont permis de le vérifier (fig. 4).

Le rôle des résonateurs est d'aider le jet de gaz à basculer. Lorsque le jet est complètement courbé, par effet de trompe, il part une onde de détente dans le tube du résonateur qui se réfléchit en onde de compression sur le changement de section causée par la présence

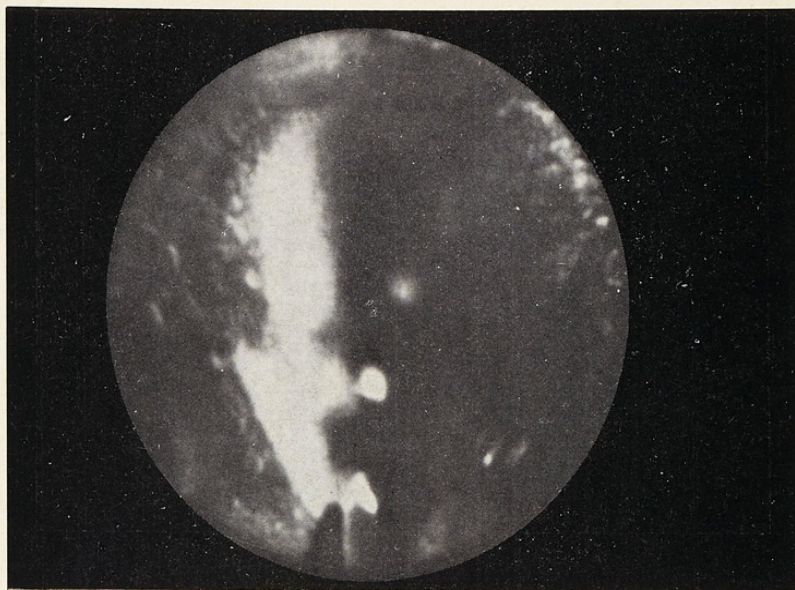


FIG. n° 4

de la capacité. On arrange la longueur et le diamètre du conduit de telle sorte que cette onde de pression revienne pousser latéralement sur le jet juste au moment où les conduits extrêmes étant remplis, le jet tend à repartir. La fréquence de fonctionnement est comprise entre 100 et 2 000 Hz suivant la taille de la machine.

L'efficacité d'une machine étant définie comme le rapport entre la chute enthalpique observée sur la machine à celle qui aurait été obtenue dans une détente isentropique, on constate qu'une machine sans résonateur a une efficacité de 20 % alors que les résonateurs permettent d'atteindre 40 %.

L'efficacité de ce type de machine dépend peu du taux de détente, et pratiquement pas de la pression absolue, de la température amont, de la nature du gaz et de l'apparition de liquide dans le gaz due à la traversée de courbes de condensation.

Les domaines couverts représentent des taux de détente de 2 à 6, des pressions absolues de 0,1 bar à 25 bars, des températures de $+ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $- 150\text{ }^{\circ}\text{C}$, des gaz tels que l'air sec et humide, l'argon, les gaz de pétrole.

SÉPARATEUR THERMIQUE ROTATIF

Avec l'aide de la D.G.R.S.T., une campagne d'essais a été effectuée en vue d'améliorer l'efficacité des machines tournantes. Il ne sera pas décrit la technologie de ces machines couvertes encore par le secret industriel. Mais cette campagne s'est déroulée avec un certain succès, car alors qu'ELF et BERTIN s'étaient engagés à obtenir 55 % d'efficacité, voire 60 %, les meilleurs points actuellement obtenus de façon répétitive dépassent 75 %. Si cela s'avérait nécessaire pour des raisons économiques, il paraît tout à fait possible de réaliser des machines à efficacité encore supérieure.

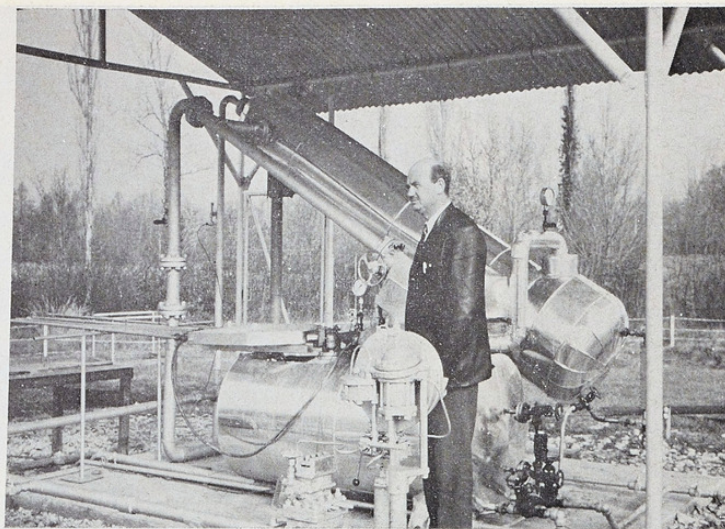


FIG. n° 5

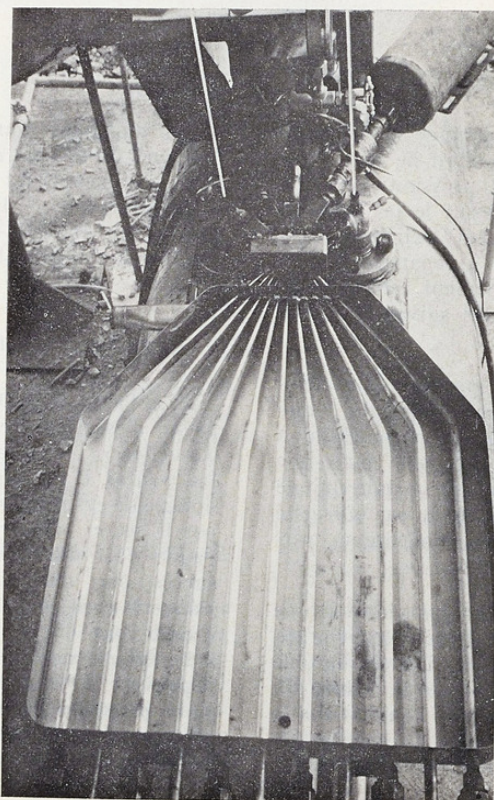


FIG. n° 6

4. APPLICATIONS PRATIQUES

D'une manière générale, le séparateur thermique peut être utilisé avantageusement pour créer du froid en tout point où du gaz est normalement laminé dans une vanne. Cette situation est particulièrement fréquente sur les champs d'exploitation de pétrole où le brut est séparé du gaz à des pressions plus ou

moins élevées (de 3 à 200 bars). Très souvent, le gaz étant inexploitable industriellement pour des raisons de site géographique, est brûlé. Ce gaz contient, sous forme de vapeur, des fractions lourdes, condensables et donc récupérables et transportables.

C'est ainsi qu'après une phase pilote à Saint-Marcet (figures 5 et 6) photos

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE UNITE DE DEGAZOLINAGE

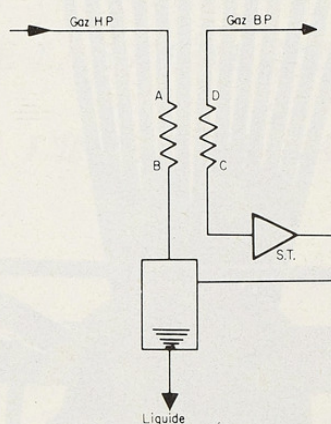


FIG. n° 7

St-Marcet unité + ST), il a été procédé en novembre 1972 à la mise en route de la première réalisation industrielle pour le compte d'ELF SPAFE au Gabon (figures 2 et 8) (photos ST Gabon unité + ST).

Cette unité est capable de récupérer 15 m³ par jour de gasoline avec une pression de tête de 4 bars, un taux de détente de 3,5 et une température au point le plus froid de -15 °C, pour une température d'entrée de 45 °C/50 °C.

Le principe de la boucle utilisée (figure 7) comprend un échangeur condenseur, un séparateur gaz-liquide sur le côté haute pression et la machine frigorifique.

Indépendamment de l'application citée dont le potentiel économique est très important, d'autres utilisations dans les branches chimie, raffinage sont envisagées. A titre d'exemple, il sera cité :

- Récupération de cumène dans de l'azote.
- Récupération d'ammoniac dans de l'hydrogène.
- Récupération de propane dans du fuel gaz.
- Purification d'hydrogène.
- Récupération de méthanol dans de l'hydrogène, etc...

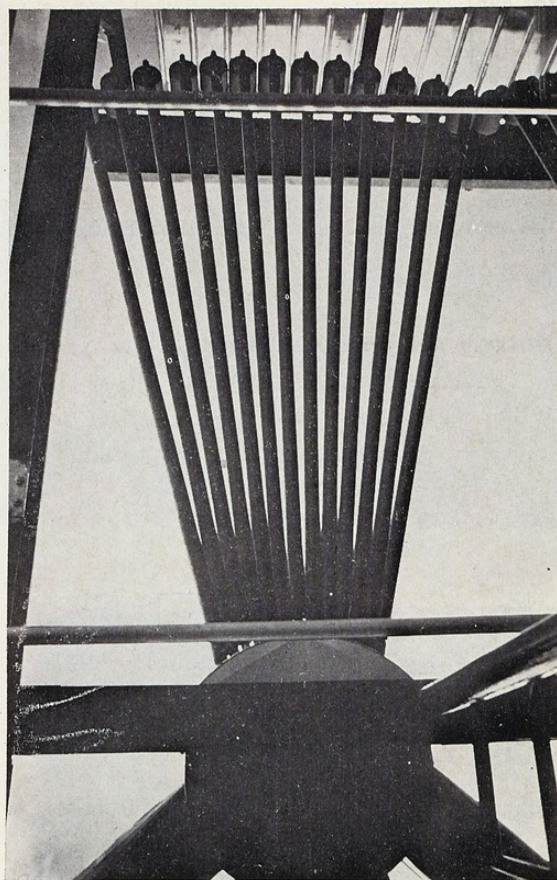


FIG. n° 8

CONCLUSION

Les recherches menées avec une grande rapidité ont permis de passer en cinq années du stade de l'idée à la première unité industrielle.

La très importante augmentation d'efficacité obtenue, grâce à l'aide en particulier de la D.G.R.S.T., laisse espé-

rer une augmentation sensible du marché entrevu à l'origine de l'étude.

Dès à présent, des discussions sont en cours en vue de réaliser des unités capables de récupérer de 80 000 à 1 000 000 m³/an de gazoline.

Bien que d'un type nouveau et de ce fait manquant d'expérience industrielle, le « Séparateur Thermique » a d'ores et déjà séduit par sa grande simplicité certains industriels.

Pres à Mikalla

1972-1973

Série de la grande semaine sociale

ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Rapport de M. Jean Fournier, Président de la Société d'Encouragement et de l'Industrie Nationale

Après les fêtes de Noël, les activités de la Société d'Encouragement et de l'Industrie Nationale ont repris leur cours normal. Les travaux de la Commission de l'Industrie Nationale ont été poursuivis, ainsi que ceux de la Commission de l'Encouragement. Les travaux de la Commission de l'Industrie Nationale ont été poursuivis, ainsi que ceux de la Commission de l'Encouragement.

Les travaux de la Commission de l'Industrie Nationale ont été poursuivis, ainsi que ceux de la Commission de l'Encouragement. Les travaux de la Commission de l'Industrie Nationale ont été poursuivis, ainsi que ceux de la Commission de l'Encouragement.

Nous devons bien nous rendre compte que nous ne pouvons pas nous contenter de nous limiter à la simple production de biens matériels. Nous devons nous occuper de la formation de l'homme, de son éducation, de son développement moral et intellectuel.

Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement.

Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement. Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement.

Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement. Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement.

Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement. Il est donc nécessaire de créer des conditions de travail et de vie qui permettent à l'homme de se développer pleinement.

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

Le 1er mai 1889, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a tenu sa séance annuelle. Elle a été présidée par M. le Ministre de l'Industrie et du Commerce, M. de Freycinet. Le rapport de M. le Ministre a été lu par M. de Freycinet. Le rapport de M. de Freycinet a été lu par M. de Freycinet.

Le 1er mai 1889, la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a tenu sa séance annuelle. Elle a été présidée par M. le Ministre de l'Industrie et du Commerce, M. de Freycinet. Le rapport de M. le Ministre a été lu par M. de Freycinet. Le rapport de M. de Freycinet a été lu par M. de Freycinet.

Prix et Médailles

1972-1973

Remise de la grande médaille annuelle

à Monsieur Albert LAPRADE

Membre de l'Institut

au cours d'une Cérémonie spéciale, le 7 juin 1973

Rapport de M. Jean Fressinet, Président du Comité des Constructions et Beaux-Arts.

Depuis les débuts du machinisme jusqu'à la vingtième année de notre siècle, l'industrie a suscité, par certaines de ses productions et principalement par ses constructions, une avalanche de diatribes particulièrement violentes dues à la plume de philosophes, de sociologues, d'esthètes et aussi d'écrivains mondialement connus.

Parmi les nombreux méfaits dont ils l'accusaient, dominait celui de l'enlaidissement des sites urbains et ruraux dont elle faisait partie ; ils concluaient même — et on ne peut plus arbitrairement — qu'il convenait de classer la laideur parmi l'une des tares congénitales et irrémédiables du machinisme.

Nous devons, hélas, bien reconnaître qu'une partie de ces critiques était pleinement justifiée. Nous ne pouvons nier qu'un trop grand nombre d'industriels considéraient alors simplement leur usine comme une sorte d'abri destiné à recevoir un outillage mécanique pour le faire fonctionner, ceci sans se préoccu-

per le moins du monde, des conditions de travail et d'hygiène du personnel chargé d'assurer ce fonctionnement.

Il en résultait à travers les villes et les campagnes une prolifération de hangars sombres et enfumés, hérissés de cheminées qui obscurcissaient et polluaient leur environnement. Nous en avons tous connu, certains d'entre eux existent encore de nos jours.

Le courageux exemple donné au XVIII^e siècle par l'architecte Claude-Nicolas Ledoux en construisant les Salines de Chaux à Arc et Senans, comme le remarquable projet de Cité Industrielle conçu au début de ce siècle par l'architecte Tony Garnier furent considérés comme des utopies.

Il fallut attendre que les résultats communiqués par certaines usines expérimentales, claires, propres et salubres construites à l'étranger, révèlent une augmentation sensible de leur productivité et une diminution non moins sen-

sible de l'absentéisme parmi les membres du personnel, pour que l'on se décide en France à vouloir améliorer la construction des centres de production.

Ces résultats intéressants avaient permis de comprendre que la valeur humaine du personnel, son bon équilibre psycho-physiologique ainsi que le développement de ses facultés physiques, mentales et spirituelles, dépendent en grande partie du cadre dans lequel il travaille pendant huit heures par jour. Ces résultats avaient aussi prouvé que l'amélioration de ce cadre peut être une opération rentable.

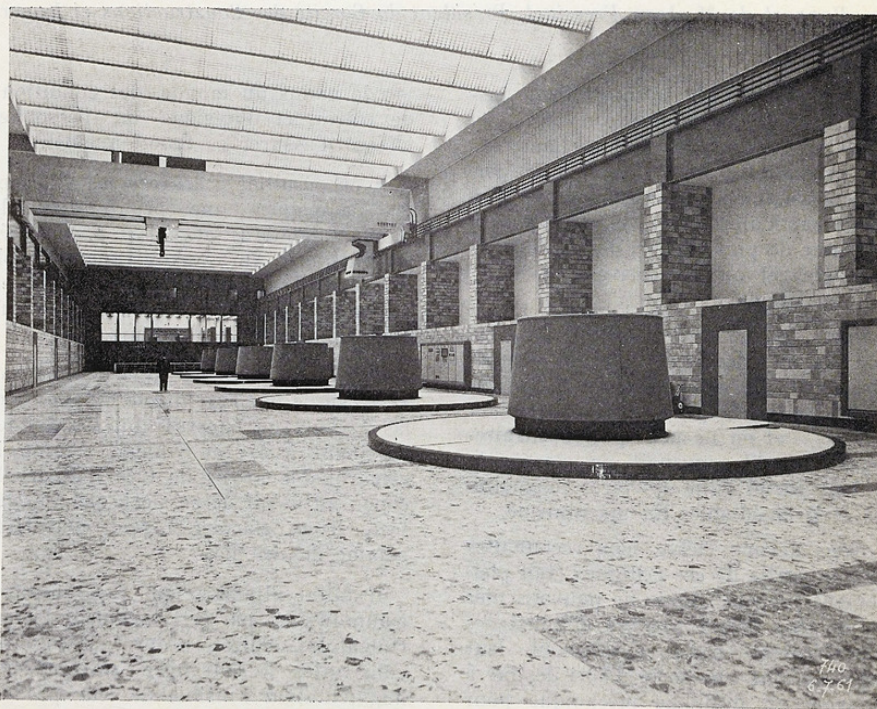
Après avoir constaté que des grands travaux, des centrales hydrauliques ou thermiques, des châteaux d'eau, des transformateurs, ainsi que d'autres constructions industrielles méritaient certains des reproches que l'on adressait

à l'usine, la Compagnie Nationale du Rhône prit l'heureuse initiative de vouloir donner une beauté plastique à la hardiesse de ses ouvrages pour les rendre susceptibles d'émouvoir le cœur des hommes ainsi que le font les véritables œuvres d'art.

La Compagnie estima donc que l'association d'un architecte aux travaux des ingénieurs permettrait de repenser les programmes pour aboutir à une plus grande variété de solutions — *rationnelles, certes* — mais dont la beauté plastique ne serait pas exclue.

A cet effet, elle organisa vers 1935 un concours entre architectes pour la construction de son premier grand barrage à Génissiat.

L'architecte Albert Laprade en fut le lauréat.



Centrale de la Bathie près d'Albertville

Il fut chargé ensuite d'autres travaux analogues parmi lesquels ceux de l'usine de Seyssel, en aval de Génissiat et des barrages situés en amont immédiat de Donzère-Mondragon.

Il construisit également la centrale thermique du port d'Oran puis, plus tard, ce fut la très grande centrale de La Bathie dont les turbines sont actionnées par les eaux du lac de Roseland retenues par un barrage — voûte d'André Coÿne.

Cette usine, réalisée avec de Cidrac à 200 mètres sous terre, est d'un volume impressionnant ; ses dispositions et ses éclairages très étudiés produisent un effet saisissant qui permet de la classer parmi les réalisations industrielles les plus spectaculaires que la France puisse montrer aux délégations venant de pays étrangers.

Albert Laprade construisit ensuite une autre usine assez particulière à Villardin avec simplement deux énormes alternateurs dont les turbines sont actionnées par les eaux du nouveau lac du Mont-Cenis, à la frontière italienne.

La réussite de ces importantes réalisations lui valut plus tard de se voir confier d'autres travaux dans le domaine industriel notamment par la Régie Renault à Billancourt, par la Société Kléber-Colombes à Decize et à Colombes ainsi que par les Etablissements Schneider pour la construction de leurs services sociaux au Creusot.

Albert Laprade fut donc l'un des architectes qui, grâce à leur talent et à l'étendue de leurs connaissances techniques, ont contribué à rénover la construction à usage industriel, faisant de celle-ci une réalité vivante et en harmonie avec le siècle.

Mais l'œuvre bâtie de notre lauréat ne se limite pas aux grands travaux que nous venons de citer. Elle est bien plus vaste et sort même parfois du cadre de notre territoire national.

Un regard rapide sur sa biographie nous apprend :

— Qu'il est né en 1883 à Buzançais, dans l'Indre, qu'après de sérieuses études faites au lycée de Châteauroux, où il fut le condisciple de Jean Giraudoux, il fut admis en 1903 élève à l'Ecole Nationale Supérieure des Beaux Arts de Paris, où il obtint en 1907 le diplôme d'architecte.

— Promu Inspecteur Général des Beaux-Arts en 1935, il fut élu en 1958, Membre de l'Académie des Beaux-Arts et en 1960, Président de l'Institut de France.

C'est en 1915 que commença vraiment la carrière professionnelle d'Albert Laprade.

Blessé au début de la grande guerre à Zonnebeke, près d'Ypres, convalescent et encore claudicant, il fut réclaté par le Maréchal Lyautey pour collaborer avec son maître, Henri Prost, à la réalisation de l'œuvre considérable d'urbanisme et d'architecture entreprise par la France au Maroc.

Il participa ainsi aux grands travaux de Casablanca, de Fez, de Meknès, de Marrakech et principalement à ceux de la Résidence Générale de Rabat.

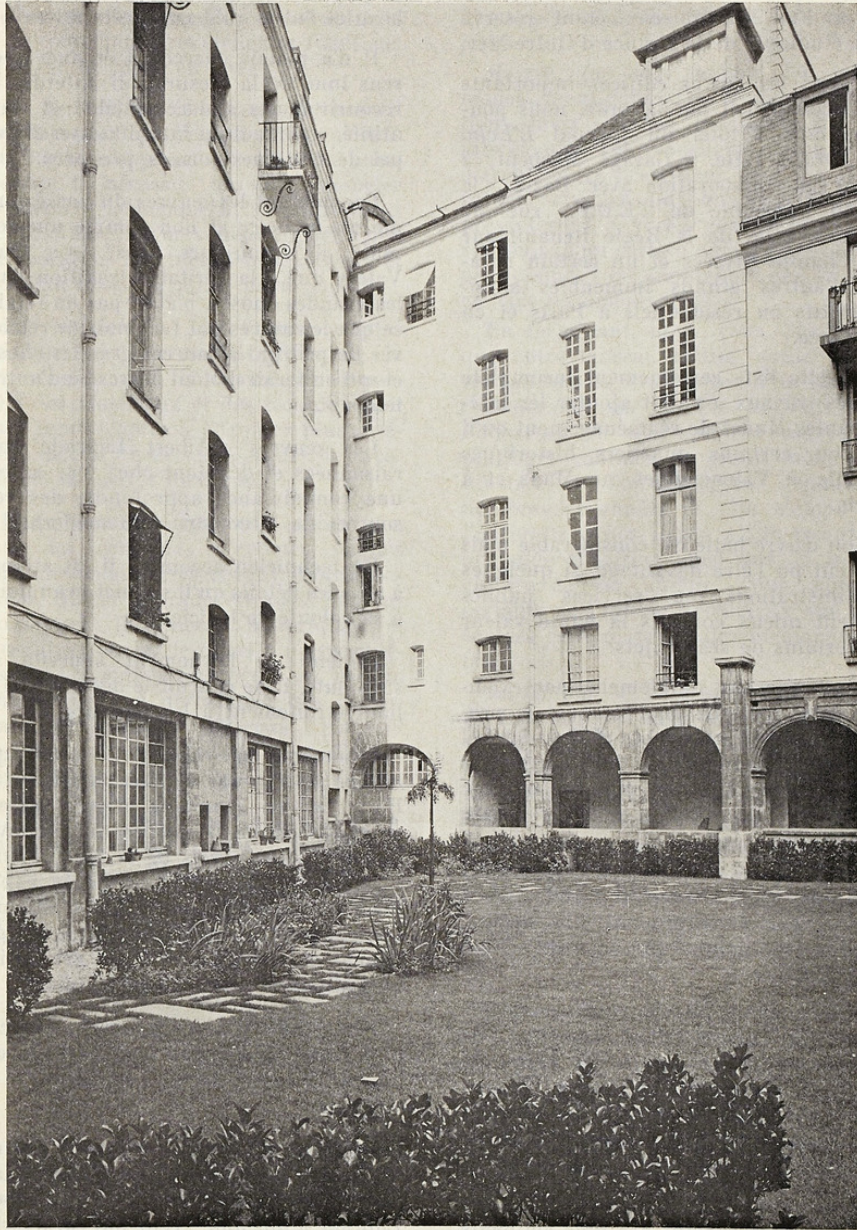
Rentré du Maroc en 1920, il créa à Paris une agence d'architecture pour l'étude et la conduite de ses travaux personnels.

Ces dernières ayant permis de mieux connaître les possibilités de son talent, il fut chargé, en 1929, de la construction du Palais de la France d'Outre-Mer, édifice principal de l'Exposition Internationale qui devait occuper en 1931, la majeure partie du Bois de Vincennes. Devant survivre aux bâtiments éphémères de cette importante manifestation, il fut construit en matériaux durables. Sa réalisation monumentale, la franchise de son parti architectural ainsi que la qualité de sa décoration lui confèrent une grande personnalité. Il évoque dignement un moment important de notre Histoire Nationale.

On confia ensuite à Albert Laprade l'édification de l'Ambassade de France à



Hôtel Saint-Gervais (état ancien)



Ilôt Saint-Gervais (état nouveau)

Ankara, puis celle de plusieurs bâtiments dans la Cité Universitaire de Paris, l'un d'entre eux étant réservé aux étudiants de la France d'Outre-Mer.

Parmi les autres édifices importants qu'il construisit par la suite, nous pouvons citer l'Hôtel du journal *L'Écho du Nord*, à Lille, le Garage Marbeuf, à Paris (en collaboration avec Bazin), le grand immeuble de l'E.D.F., rue de Rennes, celui de la Régie Renault sur les Champs-Élysées et un certain nombre d'autres grands immeubles administratifs ou résidentiels à Paris et en Province.

A cette liste certainement incomplète de ses travaux on doit ajouter les intéressantes études de réaménagement qu'il fit pour certains quartiers historiques à Lille, à Valenciennes, au Mans et à Paris.

Son œuvre bâtie est considérable mais elle eût pu l'être davantage, si quelques administrations ou services publics avaient mieux compris la haute valeur de certains de ses projets.

Nous citerons simplement, par exemple, celui qu'il fit pour assurer la protection du célèbre temple d'Abou-Simbel contre les débordements du Nil, aggravés par la construction du nouveau barrage d'Assouan. La solution qu'il proposait, avec les ingénieurs Coÿne et Bellier, maintenant les hypogées de Ramsès II et de la Reine Nefertari à leur place primitive, était infiniment plus logique et plus économique que celle qu'adopta l'U.N.E.S.C.O.

Nous pouvons faire la même remarque pour son projet d'aménagement de l'emplacement des anciennes halles de Paris, en regrettant les beaux espaces verts qu'il aurait procurés et qui auraient été cependant si utiles aux habitants de notre capitale ainsi qu'à leur santé.

Mais n'est-ce pas le sort de tous les architectes et surtout des plus éminents d'être parfois incompris ?

L'architecture d'Albert Laprade se caractérise par sa clarté et son élégante

sobriété ; son art est rationnel mais il est aussi humain. C'est en harmonisant le beau et l'utile qu'il manifeste le vrai.

Il n'a jamais cherché à étonner ; son sens inné de la mesure lui interdit de recourir à des audaces faciles et sans utilité, comme il lui interdit aussi le rappel de certaines formes périmées.

Considérant les œuvres du passé comme un message et non comme une formule, il a toujours pensé avec Paul Valéry que « la véritable tradition dans les grandes choses, n'était pas de refaire ce que les autres ont fait mais de retrouver l'esprit qui a fait ces grandes choses et qui en ferait de tout autres en d'autres temps ».

Les œuvres d'Albert Laprade sont raisonnées et dénotent chez leur auteur une connaissance approfondie des ressources de la construction moderne.

En technicien accompli, il est attentif à tous les détails qu'il soumet néanmoins à sa volonté de logicien.

Ennemi de l'ornement superflu ou surajouté, il ne conçoit le décor qu'en le liant étroitement à la structure.

L'immense bas-relief de Janniot qui enrobe les façades de son Palais de la Porte Dorée, comme la grande surface de tapisserie de Bezombes qui recouvre la totalité des parois de la Salle d'Honneur de sa Maison des étudiants, expriment simplement sa volonté d'affirmer franchement un parti décoratif et également de souligner avec un art raffiné la destination de ces deux bâtiments.

Il ne faut y voir aucune recherche d'opulence ou d'ostentation : il les exècre comme il exècre aussi la démesure et la vulgarité.

Puissant, mais sans lourdeur ; raffiné, mais sans maniérisme ; cartésien, mais sans rigorisme puritain, le style d'Albert Laprade a une âme : celle qui caractérise les grandes époques de l'art français.

C'est en 1932 qu'il fut chargé de l'Inspection Générale des Beaux-Arts.

Son talent, ses connaissances et sa passion du dessin, lui permirent de remplir avec autant de distinction que d'autorité et de compétence ces délicates fonctions qu'il exerça jusqu'en 1947.

Au moment où l'enseignement artistique fut plus particulièrement orienté vers les arts appliqués, il sut faire comprendre la nécessité absolue d'associer étroitement la logique à la technique et à l'esthétique si l'on voulait apporter une collaboration fructueuse aux métiers et aux industries de notre pays.

En soumettant les futurs artistes créateurs aux dures disciplines de la raison ainsi qu'à la connaissance parfaite des matériaux et des techniques, il les a rendus aptes à affronter plus aisément, dès la fin de leurs études, les problèmes de la vie moderne.

Enfin beaucoup ignorent encore que, outre les centaines d'articles publiés dans de nombreuses revues professionnelles, Albert Laprade est aussi l'auteur d'ouvrages littéraires, historiques et artistiques parmi lesquels un livre intéressant : *Lyautey Urbaniste, vu par un témoin*, ainsi qu'un volume très important sur *François d'Orbay, éminent architecte du XVII^e siècle*, à peu près ignoré de la plupart des Français.

Il a publié également 8 albums de croquis pris à travers la France, à Paris, en Italie, en Yougoslavie, en Espagne, au Portugal, au Maroc et dans le Proche-Orient.

Chacun de ces albums contient environ un millier de dessins d'une qualité et d'une précision absolument remarquables.

Malgré que leur auteur les traite modestement comme de simples distractions, nous sommes persuadés du vif intérêt que ces excellents documents d'architecture présentent pour les générations actuelles, ainsi que de celui qu'ils présenteront pour les générations futures, puisqu'un certain nombre des ouvrages dessinés sont maintenant disparus ou en voie de disparition.

En terminant, nous vous confierons que notre lauréat utilise actuellement ses loisirs à la terminaison d'un ouvrage considérable sur la *Vie difficile des Bâtisseurs*. Il s'agit d'une œuvre en plusieurs volumes de grand format et illustrée. Il l'a entreprise depuis de nombreuses années et elle s'étend de l'antiquité à nos jours. Connaissant la profonde érudition ainsi que la solide culture de son auteur, nous sommes certains de l'intérêt prodigieux que présentera cette œuvre vraiment monumentale.

La Grande Médaille que notre Société décerne aujourd'hui à Albert Laprade ne récompense pas seulement la haute conscience, la belle maîtrise et la carrière exemplaire d'un grand architecte, mais aussi la vie courageuse et exaltante d'un homme exceptionnel « ayant encore, suivant l'heureuse expression de Robert Poujade, assez de jeunesse d'esprit pour s'intéresser au passé ».

