

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
	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
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1984, n° 1 (1er semestre)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1984

Collation	1 vol. (27 p.) : ill. ; 30 cm
Nombre de vues	32
Cote	INDNAT (136)
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.136

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

ISSN : 0019-9133

L'INDUSTRIE NATIONALE

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

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

1^{er} semestre 1984

1^{er} semestre 1984

SOMMAIRE

I. Le comité des arts mécaniques de la société d'encouragement pour l'industrie nationale présente :

« Les matériaux composites : Recherche et Développement dans l'Industrie Mécanique » par M. Tuong Vinh — Professeur de Mécanique I.S.M.C.M.

II. L'histoire de notre hôtel :

« Les transformations de l'ancienne Gendarmerie de l'Abbaye de Saint-Germain-des-Prés ».

III. Raymond Nivet :

« Transport aérien : l'Heure de la Sagesse.

Publication sous la direction du P^r Jean BURÉ

Président de la Société

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

Abonnement annuel : 75 F

le n° : 40,00 F

C.C.P. Paris, n° 618-48

Les matériaux composites : recherche et développement dans l'industrie mécanique

T. VINH

Professeur de Mécanique I.S.M.C.M.

Durant ces quinze dernières années, l'attention du public est attirée, dans la presse technique et dans les médias, par les performances spectaculaires des matériaux composites artificiels. Ces matériaux ont permis des prouesses technologiques dans le domaine aéronautique et astronautique en particulier. Les enthousiastes n'ont-ils pas déjà suggéré de désigner la deuxième moitié du vingtième siècle comme l'ère des matériaux composites par comparaison avec les étapes importantes de l'humanité marquées chacune, depuis la préhistoire, par la maîtrise d'un matériau : pierre, fer, bronze ?

Le succès des matériaux composites dans les applications spectaculaires a de quoi frapper l'imagination : citons entre autres, les tuiles servant de bouclier thermique des navettes spatiales américaines, les pales d'hélicoptères subissant avec succès les tests les plus sévères d'endurance, le mât de bateau de course de Marc Pajot en fibres de carbone, les freins spéciaux en composites multidirectionnels équipant les voitures de course et les avions Airbus, les raquettes de tennis des champions utilisant une grande variété de composites, les prothèses de hanche en carbone-carbone remarquables par leur résistance mécanique, leur légèreté et leur biocompatibilité, sans oublier les cannes à pêche.

Les matériaux composites bien entendu trouvent un terrain privilégié d'applications dans divers secteurs de la mécanique industrielle.

En dehors de l'industrie aéronautique et spatiale, le mécanicien est en droit de se poser les questions suivantes : Comment transposer le savoir-faire et le savoir sur ces matériaux, acquis dans des secteurs aéronautiques, aux secteurs mécaniques traditionnels ?

Tous les matériaux composites sont-ils utilisables dans ces derniers secteurs compte tenu des impératifs techniques particuliers à savoir : facilité de mise en œuvre, fabrication en série, faible coût, etc. ?

Quels types de matériaux composites spécifiques doit-on étudier et élaborer pour les besoins propres de ces secteurs ?

Et enfin, le profil du technicien des matériaux est-il profondément modifié, et quel est son incidence dans les programmes d'enseignements spécialisés ?

II. Rôle des matériaux en France.

Il n'est pas inutile de rappeler que les activités se

rattachant aux matériaux en général représentent 2 millions d'emplois industriels avec un chiffre d'affaire supérieur à 700 G.F.

Les matériaux interviennent pour plus d'un tiers quant aux contributions de la science et de la technologique aux grands programmes technologiques.

Les matériaux nouveaux sont considérés comme des sources d'innovation à moyen ou à long terme.

La prise de conscience de leur importance est cependant récente en France. Les grands programmes en aéronautique lancés il y a une quinzaine d'années en France freinaient la mutation technologique pour des raisons de fiabilité et de coût de certains matériaux de base à haute performance (fibres de carbone notamment) que l'on importe de l'étranger.

Un effort national est entrepris pour créer dans de brefs délais des unités de fabrication de ces fibres en France.

Signalons toutefois que, s'agissant de fibres de verre, la fabrication française suffit largement aux besoins dans divers secteurs industriels.

Nous devons noter, en passant, que les matériaux conventionnels acier, aluminium ne sont pas supplantés pour autant par les matériaux nouveaux. Sous la pression de la concurrence, ils s'adaptent et acquièrent de nouvelles performances techniques. Citons le rôle des tôles minces à hautes caractéristiques pour l'allègement des véhicules terrestres, les alliages d'aluminium qui voient leur résistance à la fatigue s'améliorer.

III. Les matériaux composites dans l'économie française.

Sans prétendre être exhaustif, passons en revue les secteurs industriels dans lesquels les réalisations remarquables ont pu être notées.

Dans l'industrie aéronautique et spatiale on peut noter les pourcentages d'utilisation des composites et des métaux profondément modifiés ces dernières années. Actuellement 80 % des pièces sont en composites dans les engins balistiques contre 20 % de pièces métalliques.

L'industrie aéronautique utilise une très grande variété de fibres : fibres de carbone, de polyamide aromatique (Kevlar), de verre, de bore, de silice...

S'agissant de composites structuraux, on y utilise les résines époxydes comme matrice pour des raisons de performances mécaniques.

Les composites thermostrostructuraux (fibres réfractaires, matrices réfractaires) ont été mis au point. Le prix reste encore très élevé et freine leur extension dans d'autres secteurs industriels.

L'industrie automobile a fait des efforts importants pour adapter les matériaux composites à ses besoins.

Notons une différence d'objectifs par rapport à l'industrie aéronautique : elle vise l'économie de matière et d'énergie, la sécurité, le confort et surtout la facilité de mise en œuvre. C'est dans ce secteur que la compétition entre matériaux conventionnels et matériaux composites est la plus vive. Les matériaux à fibres de verre sont les plus utilisés dans un grand nombre de pièces. Citons les pare-choc, les embases de siège, les couvercles de coffres, le longeron de châssis de camion, la carrosserie de voiture de compétition en formule 1. Nous notons que la part des plastiques renforcés (à base de fibres courtes) est importante dans ce secteur, compte tenu des techniques de mise en œuvre de grande série.

Des recherches sont en cours pour la fabrication des ressorts à lame en composites à fibres longues unidirectionnelles.

Un petit moteur Diesel Renault existant à l'état de prototype utilisant les céramiques classiques ou renforcées, a pu fonctionner pendant un quart d'heure. La maîtrise de ce matériau à haute température, et leur tenue en fatigue conditionnent les progrès des moteurs dits adiabatiques, sur lesquels les spécialistes de l'automobile fondent beaucoup d'espoir.

Dans le secteur de l'équipement industriel, citons les tubes pour le forage pétrolier et les pipe-line obtenus par bobinage filamentaire réalisés par l'Aérospatiale et l'Institut français du pétrole, les tubes spéciaux pour l'injection d'eau et la circulation de boue. Mentionnons aussi les corps de vérin, les pompes compresseurs, les ventilateurs, les roues, les éléments de grue, les chariots.

La robotique fait appel aux composites pour la fabrication des éléments à déplacements rapides et à faible inertie, les manipulateurs.

Les machines textiles (bielles, barre, lance de métier à tisser) les batteurs de machine à vidanger constituent autant d'exemples d'amélioration de performances mécaniques combinées avec une grande légèreté des organes.

Le bâtiment est aussi un domaine où les matériaux composites à fibres ont pu être utilisés avec succès. Les plastiques renforcés ont été introduits dans ce secteur depuis longtemps. On demande en outre à certains matériaux composites, des performances acoustiques liées au confort, d'où l'idée d'utiliser les composites hybrides ou stratifiés dans lesquels les matériaux viscoélastiques sont utilisés pour leurs propriétés amortissantes (élastomère, résine spéciale etc... matériaux poreux tel le polystyrène expansé...).

L'électricité est depuis longtemps grande utilisatrice de matériaux composites. Les composites structuraux à fibres de verre (courtes ou longues) et à matrice de résines diverses (époxydes, polyester, phénoliques, etc...) sont utilisés pour leur légèreté, leur résistance au choc et leur faible conductivité électrique dans les pièces montées. Notons que les recherches de pointe dans ce secteur ont amené l'utilisation des polymères conducteurs dans les accumulateurs électriques, des supraconducteurs (brins

en niobium-titane) à résistance électrique quasi nulle, dont le progrès conditionne l'augmentation de la puissance des alternateurs jusqu'à 5 000 MVA.

Dans les appareils électriques à usage domestique, ou pour le bricolage, les composites à fibres courtes ont permis une réduction de coût de fabrication et une grande diffusion.

Les applications médicales des composites, constituent un secteur en pleine expansion. Mentionnons la compatibilité biologique de certaines formes de dépôts carbonés qui se retrouvent sur les composites carbone-carbone. L'organisme humain tolère ces matériaux et les tissus se forment jusqu'au contact de la prothèse sans créer de tissus cicatriciels.

On obtient ainsi un excellent « scellement » mécanique pouvant contribuer à augmenter la longévité.

Des études sont en cours pour créer un carbone-carbone à surface volontairement poreuse que l'os viendra coloniser. Les ligaments de genoux, les plaques d'ostéosynthèse, les prothèses orthopédiques de hanche utilisent déjà les composites à fibres de carbone.

Des prototypes de cœur artificiel implantable sont en cours d'étude.

Les appareils pour handicapés physiques utilisent de plus en plus les composites à fibres longues à hautes performances mécaniques alliées à une grande légèreté.

Il s'agit là des mêmes considérations techniques que dans l'aéronautique.

IV. La consommation mondiale.

On distingue les composites à hautes performances (H.P.) des composites à grande diffusion (G.D.). Les premiers sont à fibres continues, et généralement constitués d'un assemblage de couches. Ils sont à faible masse volumique. Les seconds sont recherchés pour leur coût et utilisent les fibres à plus grande diffusion (fibres de verre courtes ou longues en général).

Jusqu'en 1980, les composites H.P. ne représentent que 1,5 % de l'ensemble des composites et 3 % du total des matières plastiques. Au total ils représentent 2 millions de tonnes (50 milliards de francs). Face aux métaux, quoi qu'on dise, la part de ces composites est faible (de l'ordre de 1 pour mille par rapport à l'acier).

Si l'on se réfère au volume ce sera de l'ordre du pourcentage par rapport à l'acier.

Le tableau suivant indique les tonnages des matériaux composites utilisés en comparaison avec ceux de l'acier et de l'aluminium [1].

	Composites		Matières plastiques	Comparaison	
	G.D.	H.P.		Aluminium	Acier
Europe	600 000	250	19 000 000	3 900 000	154 000 000
U.S.A.	800 000	2 000	16 000 000	4 500 000	124 000 000
Japon	300 000	400	7 000 000	1 600 000	111 000 000
Monde	1 700 000	2 600	65 000 000	15 300 000	720 000 000

La part des composites reste encore très marginale au point de vue tonnage, en dépit d'un taux de croissance escompté jusqu'à l'horizon 90, de 25 % pour les composites H.P. contre 7 % pour les composites G.D.

On comprend, au vu de ces résultats, la réserve de l'industrie française à se lancer dans la fabrication de ces matériaux, en dépit de multiples facteurs incitatifs.

D'un pays industriellement évolué à l'autre, les ventilations sectorielles changent. Ainsi en Europe pour les composites H.P., 85 % est dans le secteur spatial, 10 % dans le secteur sport et les autres MC10 secteurs occupent 5 % contre 60 %, 30 % et 5 % respectivement pour les États Unis.

S'agissant de renforts, la position française est bonne concernant la production et la consommation de fibres de verre. Le tableau suivant donne en tonnes pour 1980.

	Capacité de production	Consommation	
		totale	composite
France	60 000	47 000	45 000
Europe occidentale	320 000	240 000	220 000
U.S.A.	500 000	400 000	300 000
Japon	245 000	120 000	100 000

Notons en Europe un grand nombre de producteurs (15) créant une concurrence très dure et des prix peu rémunérateurs. C'est ce qui explique, l'arrêt dans les investissements en dépit des potentialités du marché.

V. — Les prix.

Le tableau suivant [2] donne l'ordre de grandeur des prix en F/kg de divers renforts sous trois présentations.

Renfort	Fil	Tissu	Préimprégnés
Verre E	8-10	15-20	25-35
Verre R	40-50	60-70	70-80
Carbone H.R.	450-700	500-700	600-810
Kevlar	150-300	200-300	300-350

Les verres E (utilisation courante) et R (hautes résistances) sont de l'ordre de 20 F/kg.

Les renforts de carbone (H.R. haute résistance) sont nettement plus chers. Les fibres aramides (Kevlar) ont une fourchette de prix entre les fibres précédentes.

On espère une baisse de prix de 15 à 30 % pour un doublement de la production. Nous devons nous attendre que le prix des fibres de carbone ne baisse pas en dessous de 100 F/kg jusqu'en 1990.

Pour les résines, les époxydes coûtent de 15 à 40 F/kg et les polyesters courants de 8 à 9 F/kg.

Pour les composites G.D., résines et fibres sont dans la même zone de prix. Par contre pour les composites (H.P.) c'est le prix des renforts qui prédomine.

VI. Les techniques de fabrication de moyenne et grande série.

En gros il existe deux groupes de méthodes : la première est la *voie humide* dans laquelle l'imprégnation des fibres a lieu juste avant la fabrication de la pièce. La seconde est la voie qui utilise les préimprégnés (rovings, rubans, tissus enduits au préalable de résine, cette dernière se trouvant dans un état de préréticulation) [3].

L'enroulement filamentaire utilisant l'une ou l'autre voie, permet la fabrication des pièces de révolution (tuyaux, réservoirs ou même des pièces qui ne sont pas de symétrie de révolution. Les pièces fabriquées par cette technique peuvent supporter de très fortes pressions de service.

Le moulage au sac très utilisé en aéronautique utilise les préimprégnés découpés à la dimension et placés dans le moule que l'on recouvre par un sac flexible. On y fait le vide et chauffe la pièce moulée dans une étuve ou dans un autoclave. On obtient des pièces de grande qualité.

Le moulage à la presse utilise les moules métalliques chauffants montés dans une presse hydraulique. Il permet une production économique en grande série.

La pultrusion permet la fabrication des profilés à section constante. Les renforts tirés à travers une filière chauffante sont imprégnés de résine. Les vitesses peuvent atteindre 1 m/mn. Elle est de plus en plus utilisée dans l'industrie automobile.

Nous ne citons que les méthodes principales se prêtant à la fabrication en série. Il existe d'autres techniques de fabrication (estampage, moulage par réaction, injection transfert, moulage basse pression par pistolet de projection, centrifugation).

VII. Amélioration de la mise en œuvre.

Pour améliorer la qualité de la pièce, on cherche à diminuer le pourcentage de vide.

Dans l'industrie aéronautique le taux de porosité de moins de 3 % peut être obtenu, avec les résines époxydes comme matrice. Les travaux en cours visent à obtenir un pourcentage aussi faible avec les polyamides.

Si l'on veut augmenter la cadence de fabrication, on devra réduire les températures de cuisson.

Cette diminution présente des avantages : dépense énergétique réduite, utilisation des mandrins et des moules moins compliqués, réduction de la contrainte résiduelle etc... Pour le moment on n'a pas encore obtenu de solution satisfaisante.

On vise aussi à simplifier les cycles de cuisson. Dans ce sens, on devra mieux maîtriser la rhéologie des systèmes (additifs, réactivité contrôlée des durcisseurs...).

On cherche à mettre au point des résines nouvelles (vinyls notamment). Leur tenue thermique et la tenue à l'hydrolyse, leur retrait appellent des études complémentaires.

Des formulations spéciales de résine époxyde à polymérisation rapide sont confinées aux pièces de petites dimensions. Cette voie est à explorer.

Des thermoplastiques durs à haute température de transition (supérieure à 200 °C) peuvent contribuer à la fabrication des matériaux composites à haute performance. Toutefois, certaines propriétés mécaniques notamment la tenue à la fatigue appellent des études complémentaires.

Une autre voie de recherche prometteuse est celle des polymères autorenforcés. L'extrusion ou l'injection de ces derniers provoque une orientation préférentielle des chaînes donc une forte anisotropie.

La résistance à la traction peut être quadruplée. La résistance à l'impact aussi a été décuplée.

Nous voyons à travers ces quelques exemples qu'une coopération est nécessaire entre mécaniciens, rhéologues et chimistes macromoléculaires. Les progrès dans la mise au point de nouvelles techniques de fabrication de composites est à ce prix.

VIII. Conception des pièces.

Nous allons évoquer ici les problèmes dont le mécanicien doit connaître les solutions au stade de bureau d'étude.

1) *Calculs de prévision.* Le grand intérêt des calculs de prévision est de pouvoir disposer des informations quantitatives sur les caractéristiques mécaniques des composites à partir des caractéristiques connues des constituants (renfort et matrice) de leur géométrie et de leur pourcentage volumique.

Une grande variété de formules sont disponibles permettant d'obtenir les informations sur le matériau composite anisotrope (ou isotrope) [4] en régime élastique et en régime viscoélastique.

On peut aussi prévoir, avec l'aide de l'analyse limitée, les surfaces limites délimitant les contraintes maximales au-delà desquelles il y a rupture du matériau.

L'intérêt est surtout de prévoir le comportement à la rupture des multicouches composites [5].

2) *Lois de comportement.* Parallèlement, le mécanicien doit prévoir des méthodes de caractérisation mécanique par des techniques variées (essais statiques, essais dynamiques de vibration, propagation des ondes ultrasonores) donnant les relations entre les contraintes et les déformations. Le nombre de constantes doit être suffisant et tient compte de la symétrie du matériau lui-même.

3) *Calculs des pièces.* La technique des éléments finis est utilisée avec succès à cette fin (à condition d'obtenir des lois de comportement).

4) *Rupture et endommagement.* La rupture des composites est plutôt de type fragile. Quand il y a fissuration, il y a endommagement plus ou moins important de la pièce. La mécanique de la rupture utilisée avec succès sur les métaux, présente encore de grosses difficultés quand on veut l'étendre aux composites. L'endommagement se prête difficilement à une étude quantitative. Là aussi des théories applicables aux métaux s'avèrent inopérantes pour les composites. Ce domaine est encore à explorer.

5) *L'optimisation.* Le calcul des structures en composites inclut l'optimisation à plusieurs paramètres (épaisseur, volume, masse, orientation des fibres de chaque couche, etc...) en se basant sur une fonction coût déterminée, incluant la contrainte maximale imposée éventuellement.

6) *Les attaches et les liaisons.* Les liaisons d'une pièce en composite avec d'autres pièces en métal constituent des

points faibles où la concentration des contraintes peut créer une rupture prématurée. La prise en compte des assemblages et des liaisons n'est pas chose aisée dans les calculs.

IX. Les essais et le contrôle non destructif.

Les essais mécaniques et physiques sur les composites ne sont pas faciles à conduire. Il ne s'agit pas d'extrapoler tout simplement le savoir-faire acquis pour les matériaux isotropes métalliques en adaptant les appareils d'essai. Cette attitude aboutit souvent à des erreurs tant sur le plan du principe de l'essai que sur le plan fondamental où le praticien n'a pas forcément une vue suffisante sur la formulation mécanique du problème. Les essais mécaniques même les plus simples mettent en jeu plusieurs mécanismes qui réagissent entre eux créant des couplages. Ainsi, pour prendre un exemple, une éprouvette désaxée (dont l'axe n'est pas confondu avec l'axe de symétrie du matériau) soumise à une traction pure peut être le siège d'une torsion combinée. Si l'on ne tient pas compte de cet effet, les interprétations des mesures peuvent être erronées. D'autres effets : effet d'extrémité, effet de bord ont une influence sur la répartition des contraintes.

Quand on passe aux *essais dynamiques* d'autres problèmes surgissent et il faut avoir une vue claire sur les problèmes théoriques à savoir de cisaillement transversal non uniforme (dont l'influence est beaucoup plus prononcée pour les composites que pour les matériaux métalliques isotropes), l'inertie rotationnelle l'inertie radiale, etc...

Les équations du mouvement de ce fait comportent des termes supplémentaires dont l'importance est d'autant plus grande que les éprouvettes sont de petites dimensions.

Si l'on aborde le domaine de propagation des ondes, d'autres problèmes interviennent : l'absorption des ondes par les défauts dans le matériau (porosité, mauvaise adhésion interfaciale, etc...) sans parler de l'anisotropie souvent prononcée qui rend difficile l'interprétation par la vitesse de propagation des ondes.

Nous évoquons quelques problèmes à propos des essais apparemment simples pour dire que l'on doit non seulement s'entourer du maximum de précautions sur le plan expérimental mais aussi posséder une vue théorique claire du problème et des paramètres régissant le phénomène observé.

La résistance au choc des matériaux composites appelle des études spéciales quant à l'endommagement, la fissuration des éprouvettes. Elle doit être complétée par des études de choc sur les structures.

Les essais de rupture et de fatigue méritent une attention spéciale. On sait réaliser des essais de fatigue avec des chargements simples et quantifier, dans le cadre des études statistiques, par des lois de probabilité (Weibull notamment) pour les essais de rupture. Pour les essais de fatigue on cherche à évaluer une loi donnant la durée de vie.

Le problème reste entier quand on veut passer aux essais multiaxiaux. Des recherches à cet égard restent à faire.

Le comportement à long terme a donné lieu à de nombreuses études sur le mode de sollicitation, sur l'influence de l'environnement (eau, agents chimiques, divers températures, etc...). Les mécanismes de dégradation doivent être connus.

Le contrôle non destructif des pièces en composite s'est enrichi d'une variété de méthodes : citons le contrôle par les ultrasons, par transmission avec enregistrement, par l'atténuation de l'onde ultrasonore, le contrôle par courants de Foucault, par radiographie.

L'holographie interférométrique a été utilisée avec succès. Elle reste cependant une technique coûteuse.

Le contrôle par infra-rouge sensible au dixième de degré permet de localiser les contraintes maximales lesquelles évoluent comme la température détectée.

Des contrôles indirects par des méthodes électriques (notamment par les mesures de constantes diélectriques par Omètre ou par une technique utilisant les ondes « hyperfréquence » millimétriques) permettent d'étudier l'influence du degré hygrométrique de l'éprouvette.

Conclusion.

Nous avons répertorié plus haut une série de problèmes dont certains n'ont pas trouvé de solution. Le lecteur se rend compte de l'ampleur de la tâche du mécanicien. Les spécialistes en composite sont rares. Le plus souvent ils sont formés sur le tas. Les recherches universitaires et techniques dans ce domaine ont commencé dans certains centres. Le nombre de chercheurs est cependant notablement insuffisant. Dans le domaine industriel, l'ingénieur mécanicien n'a pas reçu une formation scientifique et technique adéquate (peu d'enseignements reçus sont consacrés aux composites).

Les enseignements dans les grandes écoles appellent un complément et une refonte complète tant sur le plan

de la Rhéologie et de la mécanique des milieux continus que sur le plan du calcul des structures.

Les petites et moyennes entreprises en France commencent à s'intéresser à ces matériaux.

En dehors des tours de mains, le savoir et le savoir-faire en composite leur font terriblement défaut. Ils sont dans un domaine où l'intuition ne suffit pas. Des enseignements de perfectionnement en formation continue existent pour les ingénieurs mais font défaut au niveau des techniciens. Pour ces derniers, une pédagogie spéciale est à mettre au point.

La pénurie de techniciens et de spécialistes en composites constitue un frein pour le développement des composites dans l'industrie mécanique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Numéro spécial Enjeux, Matériaux composites, Édition AFNOR, Paris 10/1982, n° 29, pp. 45-49, article de M. Bord intitulé Aperçu technique et économique.
2. Matériaux composites, Évolution, Aspects technico-économique, Matières plastiques et composites, Application actuelle et évolution. Documents CETIM de MM. Bord, Durand, Reyne et Weiss, février 82.
3. Numéro spécial Enjeux, Matériaux composites. Édition AFNOR, Paris 10/1982, n° 29, pp. 54-58, article de MM. Bednarick, Biensan, Chenard et Vidouse, intitulé Recherche et développement dans le domaine des composites.
4. Document de stage de perfectionnement de l'ENSTA, Cycle M12, Caractérisation mécanique des composites, Y. Chevalier, T. Vinh, et D. Le Nizerhy.
5. D. Le Nizerhy, Thèse de docteur-ingénieur, Université de Paris VI (1974).

L'histoire de notre hôtel

Les transformations de l'ancienne gendarmerie de l'Abbaye de Saint-Germain-des-Prés

Alors que notre Société vient de décider d'entreprendre la réfection complète des toitures de son hôtel, place Saint-Germain-des-Prés, il nous a semblé intéressant de reproduire un article paru dans le numéro de février 1875 du « Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie Nationale » qui précédait notre actuelle revue.

Notre Société était alors présidée par Jean-Baptiste Dumas, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences dont on fête cette année le centenaire du décès.

Les deux gravures qui illustraient cet article et que nous avons fait reproduire dans ce numéro, représentaient l'une, la façade du nouvel Hôtel telle qu'elle venait d'être construite et qui est inchangée aujourd'hui, c'est-à-dire cent dix ans plus tard ; l'autre, l'emplacement de notre Hôtel par rapport à l'ancienne abbaye de Saint-Germain-des-Prés telle qu'elle était en 1368, il y a plus de six siècles.

Plusieurs reproductions, pas toujours très fidèles, de cette abbaye à travers les siècles, sont maintenant visibles sur le quai de la station de métro de Saint-Germain-des-Prés. Celle qui figure dans l'entrée de notre Immeuble et qui n'est autre que l'agrandissement d'une vue cavalière de l'ancienne abbaye, est extraite du « Monasticon Gallicanum » du XVII^e siècle provenant de la Bibliothèque Mazarine.

Elle est de loin postérieure à celle de 1368, mais l'on peut sur l'une comme sur l'autre, vérifier l'implantation de notre Hôtel par rapport à l'une des tours d'enceinte de l'ancienne abbaye dont une partie est toujours visible à l'intérieur de notre Immeuble.

Le nouvel Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (1)

Au moment où la Société d'encouragement vient de restaurer et d'agrandir son hôtel, dont la façade contribue à la décoration de la place Saint-Germain-des-Prés, nous avons pensé qu'il ne serait pas inutile de donner quelques détails sur le passé et sur le présent d'une construction à laquelle tous les amis de la science et de l'industrie s'intéressent, et qui semble donner une vie nouvelle à une Institution née avec ce siècle.

Le passé.

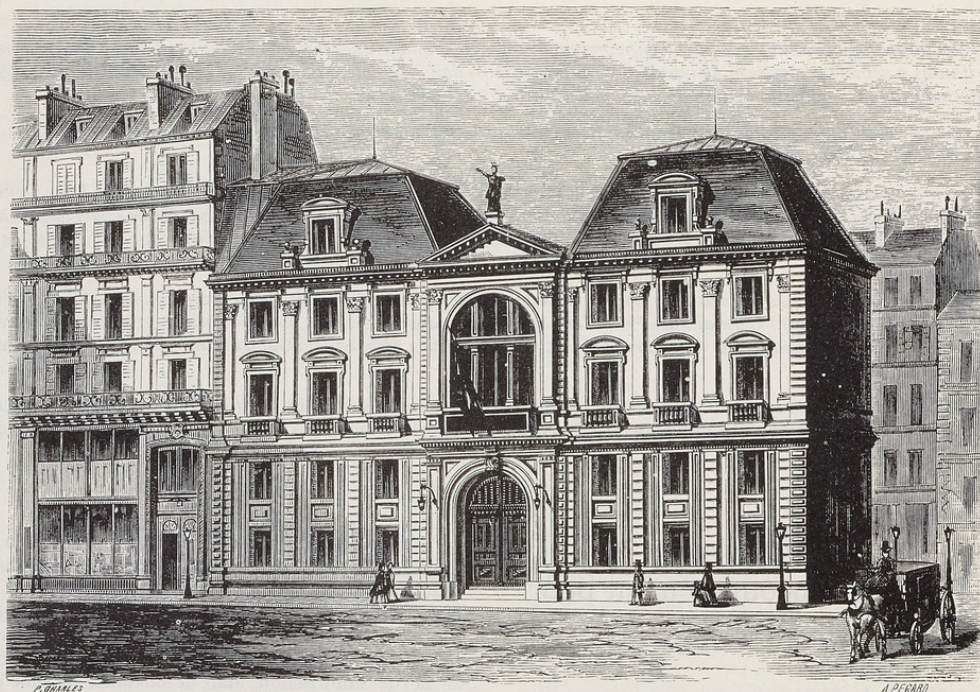
Ainsi que le démontre le dessin d'autre part, l'emplacement qu'occupe actuellement la Société d'encouragement était, en 1368, la limite ouest de l'Abbaye de Saint-Germain-des-Prés ; le mur qui sépare aujourd'hui la grande salle des séances des maisons de la rue Saint-Benoît est le même qui, à l'origine, formait sur le canal de la petite Seine la muraille crénelée, garnie de tourelles sur culs-de-lampe, et appuyée par des contreforts.

(1) Article paru dans le n° de février 1875 du Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, p. 99 à 104.

C'est dans cette muraille qu'était pratiquée la Porte papale flanquée de deux grosses tours semi-circulaires à l'intérieur, et constituant une espèce de poterne avec pont-levis. Cette porte était placée à peu près dans l'axe de la rue de l'Abbaye actuelle, et l'arrachement récemment démoli, lors de l'ouverture du prolongement de cette rue sur la rue Saint-Benoît, était la naissance de celle de ces deux tours qui était la plus éloignée de la Seine.

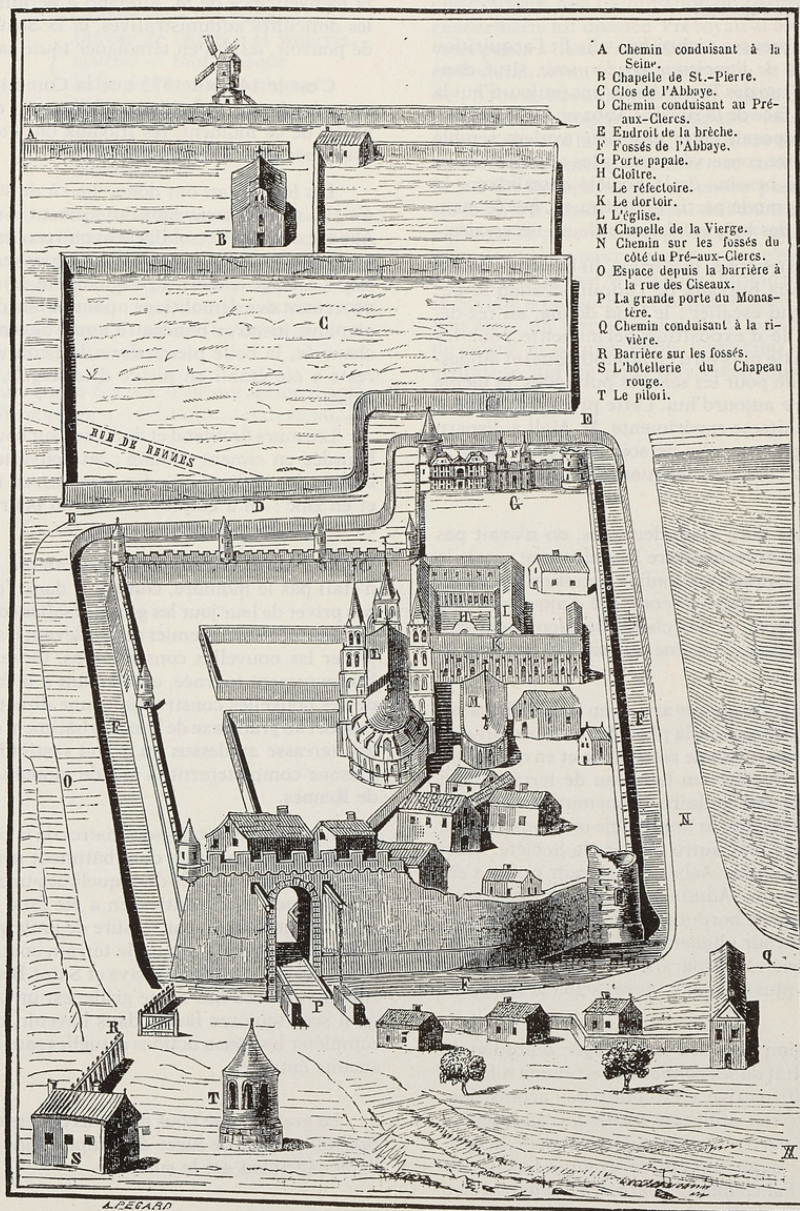
Le long de ce mur fortifié il y avait, en outre, des tours d'angle, et l'hémicycle qui forme le fond de la grande salle des séances est assis sur les fondations de l'une d'elles, la tour du vieux colombier, dont l'accès avait lieu par un jardin réservé.

Plus tard des constructions à usage de dépendances ont dû être adossées à cette partie d'enceinte sur ce même jardin, car, lorsque la Société d'encouragement vint, en 1849, s'installer dans un ancien bâtiment affecté pendant longtemps à la gendarmerie, on retrouva, en restaurant les parties en mauvais état de ce bâtiment, une poutre en chêne de très fort équarrissage, parfaitement conservée et accusant une origine très ancienne. Cette poutre, qui a été employée dans les nouvelles constructions, paraît avoir servi de sommier à un pressoir ; elle est encore en place aujourd'hui et supporte la partie du plancher sur laquelle est établie l'estrade de la grande salle des séances. On peut voir, à gauche de la lettre G, le bâtiment actuel de la Société, ainsi que l'emplacement de la rue de Rennes qui se trouve indiquée par deux lignes ponctuées.



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

Nouvelle façade



VUE ORIENTALE DE L'ABBAYE DE SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS, TELLE QU'ELLE ÉTAIT EN 1368.

Le présent

La Société d'encouragement, qui depuis son origine avait successivement occupé divers locaux dont le dernier rue du Bac, se décida en 1849 à changer son installation provisoire et à satisfaire aux exigences d'une situation devenue de jour en jour plus florissante, en achetant un immeuble et en l'appropriant aux besoins de son administration et de ses comités.

Après de nombreuses recherches, elle fit l'acquisition d'un bâtiment dit de l'ancienne *gendarmerie*, situé dans une impasse de la rue des Petits-Augustins (aujourd'hui la rue Bonaparte) en face de la rue de l'Abbaye. Les constructions dont se composait cette propriété avaient semblé d'abord pouvoir être conservées ; mais les appropriations nécessitées par les besoins de la Société entraînèrent la démolition d'une grande partie du bâtiment, que le mauvais état reconnu des bois rendait d'ailleurs nécessaire.

Dans la reconstruction, la portion du bâtiment à l'entrée fut affectée aux bureaux de l'administration et des comités et au grand escalier : le fond donna, au rez-de-chaussée, une salle d'exposition permanente pour les inventions (convertie plus tard en bibliothèque) et au-dessus une grande salle pour les séances publiques, la même qui subsiste encore aujourd'hui. Cette première installation, due à un architecte expérimenté, M. Moll a disparu trop récemment pour qu'elle ne soit pas restée dans la mémoire de tous ceux qui fréquentent assidûment la Société.

Bien qu'elle ait duré vingt-deux ans, on n'avait pas été longtemps sans en reconnaître l'insuffisance ; mais la prudence de ceux auxquels est confiée la gestion des finances de la Société avait toujours conseillé d'ajourner toute espèce de changement, et les choses seraient peut-être encore aujourd'hui dans le même état sans la création de la rue de Rennes.

L'ouverture de cette grande artère, en faisant disparaître les maisons qui limitaient la place Saint-Germain-des-Prés, laissa, sur un des côtés de cette place et en contiguïté du bâtiment de la Société, un lambeau de terrain, dont l'exiguïté, la forme triangulaire et surtout la servitude qui y était attachée rendaient impossible une construction quelconque faite par tout autre que par la Société. Aussi la question était-elle grave. Acheter ce terrain, c'était s'engager à reconstruire, car l'Administration municipale mettait les propriétaires en bordure sur la place en demeure d'édifier des façades sur alignement donné ; ne pas acheter, c'était s'exposer à disparaître derrière une construction étrangère plus ou moins élevée selon la servitude existante.

Une Commission spéciale fut chargée d'étudier la question, et le résultat de ses délibérations fut une solution dans le sens de l'affirmative, c'est-à-dire de l'acquisition. Un autre motif sérieux obligeait d'ailleurs, en quelque sorte, à prendre ce parti. L'impasse dans laquelle le bâtiment de la Société avait son entrée, comme l'avait eue autrefois celui de l'ancienne *gendarmerie*, venait d'être ouverte sur la rue Saint-Benoît pour former le prolongement de celle de l'Abbaye ; par suite du nivellement de cette nouvelle voie, le vestibule du bâtiment se trouvait surexhaussé de quatre marches par rapport au nouveau trottoir et devenait ainsi moins facilement abordable.

En présence de cette aggravation de situation et eu égard aux nécessités d'agrandissement depuis longtemps reconnues, le Conseil de la Société, sur la proposition de la Commission, décida la construction d'un bâtiment nouveau en façade sur la rue de Rennes et se raccordant avec l'ancien de la rue de l'Abbaye.

Cette clause du programme n'était pas facile à remplir. En effet, il s'agissait d'épouser pour la nouvelle façade les lignes de l'ancienne qui devait être conservée, de façon à éviter sur l'angle une perspective choquante ; d'un autre côté, les règlements voirie imposaient certaines conditions dont la stricte exécution pouvait être un obstacle à l'exécution du plan conçu par l'architecte. Hâtons-nous de le dire, la bienveillance de M. Alphand a permis de lever toutes les difficultés administratives, et la Société est heureuse de pouvoir, ici, lui en témoigner toute sa gratitude.

C'est le 14 août 1873 que la Commission accepta et signa les études définitives qu'elle avait demandées, et, à partir de ce moment, les travaux ont été commencés et continués sans interruption.

Les fondations ont donné lieu à de sérieuses difficultés ; les sablons mouvants qui forment le sol de l'ancienne Abbaye ont, en effet, obligé d'avoir recours à des blindages exceptionnels et de reprendre en sous-œuvre les anciens murs. L'étage souterrain a été monté en vieux matériaux provenant des démolitions ; pour la façade nouvelle, on a employé, jusqu'au bandeau d'appui des croisées du rez-de-chaussée, la belle pierre dure de Lérrouville (Meuse) ; le reste a été établi en pierre dite *vergelé*, de Saint-Vaast (Oise).

Les murs de refend et de façade sur cour sont en brique hourdée en ciment romain ; les couvertures sont faites, suivant les inclinaisons des combles, en tuile, en ardoise et en zinc ; on a employé le plomb pour les terrassons ; enfin tous les planchers sont en fer à T.

Une autre difficulté du programme à remplir, et ce n'était pas le moindre, consistait dans l'obligation de ne pas priver de leur jour les grandes salles conservées du rez-de-chaussée et du premier étage, devant lesquelles on allait élever les nouvelles constructions. Cette difficulté a été heureusement tournée, en donnant à la façade intérieure de ces nouvelles constructions une direction oblique par rapport au grand axe de l'ancien bâtiment et en établissant une terrasse au-dessus du grand vestibule ; artifices que masque complètement la façade monumentale de la rue de Rennes.

Tels sont les détails sommaires de la construction qui, en résumé, se compose d'un bâtiment neuf accolé à l'ancien bâtiment, remanié dans quelques-unes de ses parties ; on sait que l'inauguration en a été faite le 11 décembre 1874. Ajoutons que, par mesure de prévoyance, la Société d'encouragement a acheté le terrain contigu, en façade à la fois sur les rues de l'Abbaye et Saint-Benoît ; ce terrain, entouré aujourd'hui d'une grille, est un terrain d'attente où il sera toujours facile, dans l'avenir, d'agrandir et de compléter les constructions actuelles sans avoir à redouter aucune entrave.

La gravure que nous donnons en tête de ce numéro du *Bulletin* permet de juger de l'importance de l'œuvre dont l'aménagement est le suivant :

	Grand vestibule.
	Secrétariat.
	Logement du concierge.
	Escalier de l'administration.
	Cours.
	Escalier des comités.
	Grand escalier.
	Grand salon et annexes.
	Salle de bibliothèque et dépendances.
Rez-de-chaussée.....	

Entre-sol.....	Côté droit de la façade. — Bureau de la rédaction du <i>Bulletin</i>. Côté gauche de la façade. — Salle de comité avec dépendances ; cabinet du Président.
1 ^{er} Étage.....	Grand escalier. Salon d'attente. Grande salle des séances. Bureau de l'agence et annexes. Galerie — bibliothèque. Salle de comité et cabinet.
2 ^e Étage.....	Appartement de l'agent.
Combles	Archives. Dépendances.

Aujourd'hui qu'une approbation unanime démontre à la Société que les sacrifices qu'elle vient d'imposer à son budget n'auront pas été faits en vain, il est juste, pour donner à chacun la part d'éloges qui lui revient, de dire que le plan et l'exécution des constructions que nous venons de décrire sont dus au digne et ancien collaborateur de M. Moll, M. l'architecte Ramousset.

Et maintenant que la Société d'encouragement entre dans une nouvelle phase de son existence, ne conviendrait-

il pas de rappeler ici le nom de l'un des membres les plus estimés de son Conseil d'administration, mort en 1873, M. Amédée Durand ? Tout le monde, en effet, ne sait pas le rôle actif qu'il a joué en 1849, alors que la Société voulait quitter la rue du Bac et faire l'acquisition d'un terrain dont le choix avait été confié aux soins d'une Commission spéciale. C'est en grande partie grâce à lui, à ses efforts persévérants, que l'acquisition du bâtiment de l'ancienne gendarmerie fut décidée. Prévoyait-il alors les grands travaux publics dont Paris allait se couvrir ? Avait-il deviné qu'il viendrait un jour où, par suite de ces travaux, la rue de l'Abbaye aboutirait à la rue Saint-Benoît en prenant pour son prolongement l'impasse même dans laquelle allait s'installer la Société ; où la place Saint-Germain-des-Prés, complètement remaniée par suite de la création de la rue de Rennes, verrait prendre position sur l'une de ses faces le modeste bâtiment de l'ancienne gendarmerie ? Nous ne le pensons pas ; mais, en tout cas, il y aurait ingratitude à ne pas reconnaître que c'est en grande partie à la sollicitude que M. Amédée Durand avait pour elle, que la Société a pu, autrefois, acquérir à un prix relativement peu élevé un terrain qui n'allait pas tarder à décupler de valeur, et occuper enfin, vingt-cinq ans plus tard, une situation qui ne peut que contribuer à grandir son importance.

(M.).

TRANSPORT AÉRIEN : L'HEURE DE LA SAGESSE

par M. Raymond NIVET
Directeur adjoint Honoraire d'AIR FRANCE

Le jeudi 8 décembre 1983, en l'Hôtel de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale et sous la Présidence de séance de M. l'Ingénieur en Chef de l'Armement Jacques Faisandier, ancien Directeur Technique de S.A.M.M., M. Raymond Nivet a prononcé sa brillante conférence. Ses multiples fonctions de Professeur à l'École Nationale de l'Aviation Civile, au Collège Royal Aéronautique de Cranfield et à l'Institut de Formation Universitaire et de Recherches

du Transport aérien de la Faculté de Droit d'Aix-Marseille ont permis aux auditeurs d'écouter en même temps une causerie avec beaucoup d'humour et un cours très documenté. Nous avons reconstitué avec l'aide de l'auteur, le texte de sa conférence grâce à trois publications récentes traitant du passé, du présent et de l'avenir des transports aériens.

Le transport aérien : aux quatre coins du monde en quelques heures (1)

Le Monde a-t-il des coins ? Pourquoi pas, n'en déplaie aux cosmologues : Brassens n'évoquait-il pas les petits coins de Paradis... et ce sont des petits coins de paradis que promettent, sous d'attrayantes couleurs ensoleillées, les alléchants catalogues des compagnies aériennes et organisateurs de voyages.

Si l'on veut appréhender tout le progrès réalisé par le Transport Aérien durant le dernier demi-siècle, il suffit de comparer ces catalogues. Certes, l'objet de tous les soins des transporteurs n'a pas changé : en vocabulaire administratif, il s'agit de « l'usager ». Dans sa préface au guide des voyages aériens de Louise Faure Favier, publié en 1921, Laurent Eynac l'appelait simplement « le voyageur » ; il remarquait déjà que ce voyageur « est encore ce qui importe le plus dans le voyage, comme l'a écrit quelque part Suarès. Les transports aériens, en deux années d'un prestigieux effort, ont eu le souci d'assurer à leurs passagers, la sécurité et avec le confort et l'élégance des aménagements intérieurs, le bénéfice inchiffrable de la vitesse, le gain d'un temps si précieuse dans la vie présente ».

Depuis des temps immémoriaux, l'Église qui était catholique et romaine, faisait dire chaque jour à ses curés de campagne, une prière pour les voyageurs et les marins : il s'établissait déjà une classification ! Pour être complet, il faut dire que la même prière s'étendait aux prisonniers et aux agonisants : le voyage terrestre et les traversées maritimes étaient, il est vrai, pleines de risques !

Plus récemment, l'objet de tous nos soins est devenu « un passager », sans doute pour suivre Pierre Larousse : « Passager (n.) : voyageur d'un navire, d'un avion ». On ne dit jamais : le passager d'un train ; fait-il voir là une indication du caractère particulier que présentait à l'origine le déplacement dans un élément fluide ?

Il y a de l'éphémère dans le passager (on ne le stocke pas, et tout passager qui ne se présente pas au départ est un passager perdu), et il y a du paradoxe dans l'avion (et la bicyclette, il faut le dire) dont la stabilité est liée au mouvement alors que le mouvement est risqué en soi...

N'était donc passager que celui qui le voulait bien. Il était récompensé par le plaisir éprouvé, et la contemplation du ciel le remplissait de joie. Je ne sais d'ailleurs pas si les tout premiers passagers transatlantiques étaient remplis de joie : je pense au chien et au chat, passagers d'Alcock et Whitten-Brown, lors de leur traversée en 1919. Personne à l'époque ne leur a d'ailleurs demandé leurs impressions, pas plus qu'il y a deux siècles ne furent recueillies celles du mouton, du canard et du coq exécutant à leur corps défendant un vol libre en Montgolfière de trois kilomètres : c'était devant le roi, à Versailles, en septembre 1783...

Le guide du voyageur (pas encore passager) aérien distribué par la C.I.D.N.A. (Compagnie Internationale de Navigation Aérienne) en 1925 n'invitait déjà plus à regarder le ciel, mais la terre. Les lecteurs du guide apprenaient, s'ils ne le savaient déjà, que les voyages en avion présentaient des avantages essentiels : rapidité d'abord et agrément du voyage ensuite. Des exemples venaient appuyer cette pétition : « Les rapides de Paris à Strasbourg par

(1) Cette première partie de la conférence est publiée avec l'aimable autorisation du Musée de l'Air et de l'Espace, Aéroport du Bourget.

exemple, mettent environ neuf heures à parcourir la distance qui sépare ces deux villes, alors que l'avion les réunit en moins de trois heures. De Paris à Vienne, le train de luxe Suisse-Alberg Vienne Express met 26 heures, alors que l'avion parcourt le trajet dans la même journée en douze heures.

En outre, en chemin de fer, le voyageur ne voit pas grand chose du paysage ou des villes à travers les fenêtres de son wagon ; il juge de l'importance des villes à la longueur des faubourgs qu'il traverse le plus souvent dans une tranchée, et à la superficie occupée par la gare. Le voyageur aérien au contraire, embrasse par les hublots de l'appareil qui l'emporte, un panorama splendide sur des étendues considérables ; il se rend compte de l'aspect des contrées survolées, de leur relief ; il voit les villes, leurs monuments, leurs étendues, le fleuve qui les traverse ; rien ne limite son regard ; il se rend réellement compte des accidents du terrain, alors qu'en chemin de fer, il ne les connaît que par les deux côtés de la vallée que suit la voie ferrée et par l'essoufflement de la locomotive.

Rapidité et agrément, voici deux avantages incontestables.

L'écart des prix, s'il est défavorable à l'aviation est largement compensé par les avantages offerts et si l'adage *Time is money* est exact, on sera vite amené à conclure qu'en se basant sur le gain de temps, les voyages par avion sont toujours meilleur marché que ceux effectués par les autres voies.

N'hésitez donc pas, et lorsque vous devrez vous rendre dans une capitale étrangère, renseignez-vous sur la possibilité de faire le voyage par avion ; utilisez la voie aérienne, vous y gagnerez du temps, de l'argent et de l'agrément. »

Voilà donc ce qu'on écrivait en 1925. On ne peut manquer en relisant ces lignes d'évoquer le premier quadrimoteur de transport public : le *Bolchoï* d'Igor Sikorsky, construit en 1914, dont les quinze passagers disposaient d'un balcon... plus tard, le guide de la C.I.D.N.A., déjà citée, conseillait aux passagers ressentant « les premières atteintes d'un malaise analogue au mal de mer », d'ouvrir un hublot ou une fenêtre de la cabine, et de respirer l'air vif du dehors : « c'est encore le meilleur remède à conseiller... » Le temps des voyages à la fenêtre ouverte ou au balcon est hélas révolu, et l'air frais du pays s'achète chez d'astucieux vendeurs de boîtes de conserve vides, dans les bazars d'aérogares !

C'est peut-être pour cela qu'un rédacteur du bulletin de l'I.T.A. (Institut du Transport Aérien) se plaignait, dans les années soixante, du manque presque total d'intérêt manifesté par le passager pour la terre, pour SA terre... et ce même rédacteur ajoutait à propos de ce passager : « en avion, il appartient à un autre monde, sauf pour les aspects les plus matériels de sa vie : les repas, par exemple, auxquels il garde souvent un attachement excessif. Et pourtant, c'est bien parce qu'il veut plus facilement, et plus intensément vivre la vie de ce monde terrestre, qu'il utilise le transport aérien... »

Et c'est bien là qu'est le miracle du transport aérien moderne, celui qui est né de l'avènement du « jet » : il a mis le monde à la portée de tout à chacun. Il faut dire que l'écroulement des cours du pétrole de 1950 à 1973 y a quelque peu contribué !

La prédiction du Marquis d'Argenson au roi Louis XV s'est ainsi réalisée ; n'écrivait-il pas en effet à son souverain : « Je suis persuadé qu'une des premières découvertes à faire, et réservée peut-être à notre siècle, c'est de trouver l'art de voler en l'air. De cette manière, les hommes

voyageront vite et commodément et même, on transportera des marchandises sur de grands vaisseaux volants. » Rêve ou prémonition ?

Le rêve en tout cas, se retrouve en feuilletant ces catalogues de plages des mers du Sud... qui décrivent longuement les charmes du pays, les talents des cuisiniers exotiques, le climat (toujours au beau fixe, par convention) et qui mentionnent presque incidemment qu'on rejoint ces coins du monde par « un avion d'une grande compagnie ». Le transport s'efface devant l'attrait de la destination : il n'est vraiment plus qu'un moyen, il n'est plus un but... et c'est là qu'est le progrès : le transport aérien « va de soi ».

Certes, les esprits chagrins ont déploré que l'aviation ait tué les îles ; ce fut d'ailleurs le thème d'une conférence restée célèbre de Beverley Shenstone, directeur technique d'une très grande compagnie internationale, à l'occasion de son départ en retraite, il est vrai qu'il s'était taillé une bonne réputation d'humoriste ! Il y a du vrai dans la boutade, mais qui pouvait se permettre autrefois de visiter des îles : elles ont peut-être perdu de leur charme discret, mais leurs plages sont désormais à la portée des populations laborieuses et enfumées de Birmingham, du Creusot et autres lieux qui ne sont généralement pas considérés comme des villégiatures.

J'ai évidemment simplifié à l'extrême, en ramenant le transport aérien à un moyen d'accéder à des loisirs. En fait, l'avion a de nombreuses clientèles dont la diversité s'est affirmée, et que les compagnies s'emploient à mieux connaître pour les mieux servir.

La clientèle « Affaires » a longtemps été le plat de résistance du transporteur ; sans elle, les moyens énormes mis en place par les compagnies ne sauraient être valablement amortis. Cette clientèle ne discutait guère les tarifs, qui d'ailleurs étaient les mêmes partout, mais se préoccupait essentiellement du service rendu : horaires convenables, sécurité, vitesse et confort. Les temps sont durs, la concurrence est sévère, sinon sauvage, les hommes d'affaires sont toujours exigeants en matière de commodité et de service, mais ont découvert l'importance du rapport « qualité-prix », ce qui pose un nouveau challenge aux compagnies et exige d'elles rigueur et efficacité. Le rêve a changé de camp, les fournisseurs de rêve ne peuvent plus rêver.

Il y a quelques années, un haut fonctionnaire responsable d'un très grand programme aéronautique pouvait encore écrire sous le titre *Les bénéfices du rêve* ceci : « Toute conquête technologique comporte sa part de rêve et sa part d'utilité. Il faut, par nature même de l'audace pour la tenter, car s'il était humainement possible de saisir tous les aspects techniques, industriels, économiques et financiers, qui oserait la lancer devant les multiples difficultés que doit affronter une telle entreprise ? ».

Les compagnies dont certaines parmi les plus expérimentées viennent de disparaître de la scène internationale, ou dont le sort inspire de sérieuses inquiétudes, se réfèrent plus volontiers à M. H. White-Smith, président de la « Society of British Aircraft Constructors » quand il concluait la Conférence de l'Air tenue à Londres, à l'automne 1920 : « si l'aviation civile doit survivre, il faut qu'elle réussisse financièrement, comme toutes les autres entreprises commerciales ».

A la devise dantonienne : « de l'audace, encore de l'audace, toujours de l'audace... », les compagnies ajouteront : « réflexion et jugement ». Peut-être, faut-il trouver là le mobile qui inspirait John Theodore Cuthbert, Lord

Brabazon of Tara, lorsqu'il s'adressait en 1963 à l'Assemblée Générale de l'I.A.T.A. (International Air Transport Association). Ce ptérodactyle humain (c'est ainsi qu'il se présentait lui-même) déclarait : « J'entends parler d'avions qui traverseront l'Océan en trois heures, d'avions horriblement chers, aussi bien pour leurs constructeurs que pour la clientèle... ; j'entends parler d'avions qui ne seront utilisés que par les hommes d'affaires voyageant aux frais de leur société, ou encore par des hommes d'État et quelques millionnaires. Est-ce cela l'aviation de demain ? »... Et Lord Brabazon continuait : « Votre femme de ménage a-t-elle déjà pris l'avion ? Ni elle, ni aucune autre femme de ménage du monde ne goûtera l'ivresse de s'élever en plein ciel, parce que vos avions seront de plus en plus chers... »

Et oui ! rien n'est simple : nous ne pouvons abandonner les femmes de ménage chères à Lord Brabazon, mais nous devons aussi capturer l'homme d'affaires. C'est à la clientèle de ceux-ci que pensait Sir George Edwards, lorsqu'il analysait le rôle de la vitesse dans les transports. Il a démontré, en particulier, qu'elle était un élément essentiel de développement du trafic en élargissant le fameux « cercle des douze heures » dans lequel s'inscrit la quasi-totalité du trafic... Lorsque le cercle des douze heures englobe la totalité du monde « économiquement intéressant », la vitesse a cessé de jouer un rôle capital dans ce domaine. Nos successeurs penseront que c'est alors que le transport aérien est sorti de l'âge ingrat.

On savait déjà, il faut le reconnaître, que la vitesse doit toujours être envisagée sous l'angle du temps gagné. On est toujours surpris de constater qu'il suffit d'une faible augmentation des temps morts pour annuler l'effet d'un accroissement sensible de la vitesse de croisière, obtenue éventuellement à grands frais.

Sur les petites distances, l'avion est en concurrence avec les moyens de transport de surface, dont certains font du porte à porte ; sur une étape de 350 km, les aéroports étant distants de 20 km des points de départ et d'arrivée des passagers, une réduction de moitié du temps de parcours au sol équivaut à une augmentation de vitesse de croisière de 225 à 500 km/h.

Sur les grandes distances où l'avion ne concurrence que lui-même, on peut, ou plutôt on pouvait se demander si un gain de 30 minutes sur une distance de 5 000 km justifie une augmentation de 30 à 40 % de la vitesse de croisière... L'augmentation des coûts de carburant a tranché cette question !

Reste un autre problème : l'aviation après des années de recherche et développement dans l'indépendance connaît désormais les servitudes des interférences avec le monde non aéronautique : le riverain des aéroports doit lui aussi pouvoir rêver en paix... La technique est venue heureusement au secours de tout le monde : pour diminuer les consommations de carburant, l'industrie a mis au point des réacteurs à double ou triple flux, qui se trouvent être infiniment plus silencieux (enfin, moins bruyants) que leurs prédécesseurs. On peut donc sans grand risque prédire que le record de la quantité d'équivalent pétrole nécessaire par passager-kilomètre restera l'apanage du funiculaire de Montmartre, plutôt qu'au plus prestigieux des avions de transport public.

Je suis incorrigible, et m'éloigne toujours de mon sujet : le passager, objet de tous les soins du transporteur. On a longtemps négligé, sans doute parce qu'elle est discrète par essence, et échappe aux sondages, la clientèle « à motivation personnelle » : elle est de plus en plus importante quand le niveau de vie augmente, dans les pays

qui autorisent les déplacements de leurs ressortissants évidemment. Cette clientèle rejoint un peu la clientèle « affaires », moins exigeante sur le service offert peut-être, plus sensible aux incitations tarifaires : le rêve est au départ, la récompense, à l'arrivée ; le voyage n'est encore là qu'un moyen, et c'est fort bien ainsi.

Parmi les caractères spécifiques du transport aérien, il en est deux particulièrement importants : l'inadéquation naturelle de l'offre et de la demande, et l'absolue nécessité de rentabiliser les investissements, autrement dit d'utiliser le matériel au maximum.

L'objet de tous nos soins, le passager, est le complément naturel, sinon toujours direct du « siège offert » lorsque l'avion décolle. C'est ici le drame du transport aérien : il est toujours possible à un commerçant peu scrupuleux (c'est heureusement l'exception) de vendre à une ménagère un hareng pas frais, s'il a pris la précaution de lui humecter les yeux... rien de tel avec le « produit » (comme disent nos spécialistes du marketing) du transport aérien. Un siège vide au décollage est un siège perdu, et l'on ne peut pas comme le suggérait une haute personnalité « diminuer le nombre de sièges pour augmenter le coefficient de remplissage », un enfant de six ans comprendrait pourquoi.

Le transport aérien est une cigale, il ne fait pas de stocks... Le touriste voyage en fin de semaine, ou à la saison des vacances, l'homme d'affaires voyage la semaine, les avions doivent être raisonnablement remplis 364 jours par an (traditionnellement, il n'y a que peu ou pas de vols le jour de Noël), et voler le plus possible ces jours-là : plus de huit heures pour un moyen courrier européen, treize heures pour un long courrier d'où l'inévitable chasse au passager (payant si possible un tarif en rapport avec le coût du service rendu) et les appâts, devons, mannes, appeaux, leurres, courcaillets, appelants, filets, lacets, lacs miroirs, souricières et trébuchets de toute nature destinés à le prendre vivant... mais cela ne suffit pas. Nous ne sommes pas des belluaires ; une fois rendu à la liberté, il faut que le passager revienne à nous : nous serons des psylls. « In other words », nous nous souviendrons que le transport n'est pas une industrie (il suffit de connaître la grammaire française pour cela), mais une prestation de services, et que ces services ne consistent pas seulement à transporter. Ceci est vrai également du fret dont certains esprits superficiels disent qu'il ne réclame pas : d'autres le font pour lui, et il résiste parfois moins que le passager aux mauvais traitements.

Nous revenons au rêve du vacancier : l'avion à réaction, surtout l'avion à grande capacité, par sa productivité, sa commodité, a attiré ces foules voyageant le plus souvent en groupes à qui l'on offre un produit complet : vacances aux quatre coins du monde. Des hôtels se sont édifiés partout, le plus souvent à l'initiative des transporteurs ; le phénomène n'est pas nouveau : les grands palaces européens aux noms prestigieux mais aussi souvent à la plomberie désuète sont nés du « boom » des chemins de fer au début du siècle. Les compagnies aériennes ont dès l'origine, créé des hôtels pour leurs passagers, touristes de luxe, là où l'infrastructure était insuffisante (il ne suffit pas de planter là le passager à l'arrivée), mais surtout pour leurs équipages et transit — Incidemment, cette cohabitation à l'escale donnait lieu à des échanges bien sympathiques, mais pourquoi pleurer sur les temps passés, cela ne sert à rien.

Le phénomène transport-hébergement est aujourd'hui d'une toute autre ampleur : il a quelquefois bouleversé l'économie de pays qui ont découvert que leurs rivages, pourvu qu'ils soient adéquatement aménagés, pouvaient

devenir une source importante, sinon leur principale source, de revenus. Le monde a éclaté : le rêve du lecteur de catalogues de voyages et celui du transporteur se sont rejoins.

Il est difficile de désigner un responsable de ce miracle : le transport aérien n'est qu'un élément, essentiel certes, de ce « système » de déplacement organisé de masses elles-mêmes conscientes et organisées. Le transport aérien lui-même est un « système », et le vol, qui caractérise essentiellement la prestation en est un autre : on dirait en hexagonal, un « complexe dynamique indissociable », fait de personnels nombreux et qualifiés (les gros bataillons itinérants, chers à Louis Armand), de matériels toujours plus évolués, et d'une infrastructure, c'est-à-dire d'un environnement et d'un support logistiques total... le tout s'inscrit dans une enveloppe économique exigeante.

Je serais tenté de dire qu'à l'origine des temps aéronautiques, l'homme a été l'élément moteur, qu'il s'agisse des inventeurs de génies, ou plutôt des premiers hommes de l'air pour lesquels je ressens une intense admiration... mais nous n'aurions jamais atteint le niveau suffisant d'efficacité si des « managers » n'avaient assez tôt vu tout le parti qu'ils pouvaient tirer de plus lourd que l'air... et ceci amène, au sortir de l'âge ingrat, à la prédominance du matériel. Je n'en veux pour preuve que le fait universellement admis dans les années soixante que le retard entre la technologie de l'avion et les possibilités de l'infrastructure étaient de cinq à dix ans, suivant les pays. Serions-nous entrés aussi vite dans l'ère des voyages à la portée de tous si un constructeur n'avait décidé de se lancer dans l'aventure du quadrimoteur à réaction, alors même qu'à l'époque, en 1955, les compagnies aériennes venaient de commander le fin du fin des quadrimoteurs à hélices, qui ne seront jamais amortis ?...

Le matériel a toujours symbolisé le progrès, puisqu'il est là, et que l'on peut le toucher... à la limite, le mythe du matériel toujours meilleur, parce que plus performant, a donné naissance à une sorte d'existentialisme industriel aéronautique dont les résultats sont illustrés dans ce catalogue des « World's worst aircraft » (les pires avions du monde), de James Gilbert... et tous ces avions ont quelque chose en commun : ils volèrent ; ceci indique bien qu'un avion de transport doit savoir faire autre chose que simplement voler !

Le matériel est aussi favorisé par sa nature même ; je m'explique. Les musées m'ont toujours attiré : ce sont des anti-cimetières. Mes fonctions professionnelles m'ont facilité les déplacements, et donné ainsi accès à des musées de toutes sortes. Que trouve-t-on dans un musée consacré à l'aéronautique ? Des souvenirs, des photographies d'hommes qui ont marqué leur époque ou leur art... mais quand il s'agit du matériel, bien souvent il est là. Aucun dessin ne remplacera jamais la présence de l'hydravion de Fabre à Marignane, du *Boeing 247-D* et du *Spirit of Saint-Louis* au Smithsonian, du Farman « *Goliath* » à Paris... sans parler de l'*Antoinette*, ou du *Point d'Interrogation*... et de la capsule *Apollo*, qui se trouvent au Musée de l'Air du Bourget.

Un sceptique dans la foule rassemblée à La Muette il y a deux siècles, demandait à Benjamin Franklin, témoin d'une ascension de Pilâtre de Rozier, pilote d'essai des frères Montgolfier : « A quoi cela sert-il ? » Ceci lui valut la réponse de Benjamin Franklin « A quoi sert un enfant nouveau-né ? »

Nous n'avons plus à nous poser la question, nous savons que pour le meilleur et pour le pire, les dimensions de la planète se sont singulièrement rétrécies. A ce sujet,

dès 1958, Max Hymans rappelait que s'il est devenu un lieu commun de parler d'une meilleure compréhension internationale à porter au crédit de l'aviation commerciale, il ajoutait aussitôt qu'il ne fallait rien exagérer. Il remarquait que les rencontres facilitées peuvent produire indifféremment des élans d'amitié ou des courants d'hostilité, et il pensait qu'on devrait insister, plus qu'on ne le fait, sur la nécessité d'une préparation au voyage, d'une éducation : les compagnies ont peut-être là un rôle à jouer, qui dépasse évidemment celui du simple transporteur. Sans doute peut-on constater un progrès dans ce domaine. M. Dursort, président en 1979 de la Semaine Mondiale du Tourisme, remarquait que « le concept des 4 S (Sun, Sea, Sand, Sex) était remplacé par celui de Nature, Culture, Aventure ». Les organisateurs de voyages multiplient donc les programmes insolites. Ils organisent des traversées du Sahara en voiture, des randonnées en traîneaux à chien au Groenland, la descente du Nil en felouque, des expéditions en pirogues sur le Maroni, etc... Les voyages « à thèmes » se développent également, comme les vacances sportives... L'imagination fait prime, et il semble même parfois qu'un grain de folie ait inspiré certains programmes de voyages particulièrement insolites.

Pour répondre à cette soif de voyages, ce besoin de dépassement, les compagnies aériennes mettent en œuvre une flotte d'environ 6 000 avions. Tous ne sont pas modernes, et l'on trouve encore quelques 450 DC-3, les « *Dakotas* » dont le type date de 1935 ! Les nostalgiques du passé peuvent toujours essayer de trouver une place sur l'unique DC-7 encore en service dans le monde, ou les deux *Super Constellations*. Mais déjà les jets de la première génération, *Boeing 707*, *Caravelles* sont devenus des raretés... Boeing a cessé de produire le 727, mais il en reste quelques 1 900 exemplaires en service. Les gros avions à fuselage large et deux courbes ont, dès 1970, changé encore la dimension du transport aérien : L'*Airbus* européen s'est taillé une belle place parmi les courts et moyens courriers, tandis que le *Boeing 747* reste le seul quadrimoteur à large fuselage — un *Jumbo* — et conservera cette place pendant longtemps encore. D'autant plus longtemps d'ailleurs qu'un nombre non négligeable de ces géants attend plus ou moins patiemment au sol des jours meilleurs : car le rêve de certains peut facilement en période difficile devenir le cauchemar des autres, en l'occurrence, des compagnies aériennes et des constructeurs aéronautiques.

En 1982, les 120 compagnies membres de l'I.A.T.A., (International Air Transport Association), qui représentent 75 % du trafic mondial, ont perdu deux milliards huit cent millions de dollars, soit 6 % de leur chiffre d'affaires, et prévoient une croissance nulle ou quasi-nulle pour l'année ou les quelques années à venir. Le rapport de leur dette à moyen et long terme au total de leur capital et de leurs réserves dépasse deux, tandis que la dette à court terme dépasse dix % du montant des actifs liquides. Aucune des caractéristiques favorables qui ont donné aux compagnies les structures financières ayant rendu possible le financement des grandes flottes modernes ne se retrouve aujourd'hui.

Il est un fait empirique que l'expérience a toujours vérifié jusqu'à présent : un avion neuf dégage un chiffre d'affaires annuel égal à son prix d'achat. Si l'on considère que la vie d'un avion de transport se situe généralement autour de 17 ans, le seul renouvellement de la flotte obsolette exige le dégageant d'une marge de 6 %, à laquelle on peut ajouter un autre pourcentage pour les investissements au sol correspondants, soit donc au total 7 % du chiffre d'affaires. Comment faire si le compte d'exploitation persiste à accuser des pertes, ou si les quelques marges qui peuvent être dégagées sont absorbées par les seuls intérêts

servis aux prêteurs qui ont financé l'acquisition des flottes en service. Le trafic augmente peu ou pas du tout, et tous les avions commandés ne sont pas encore livrés. Ceux-ci s'ajouteront aux flottes excédentaires existantes, dont l'utilisation sera encore réduite... et ceci explique les inquiétudes des constructeurs dont le carnet de commandes s'est singulièrement dégraissé !

Le rétablissement de la rentabilité du transport aérien est la condition essentielle et nécessaire de la reprise de son développement ; les compagnies s'y emploient, encore que le contexte d'une « dérégulation » brutale ne soit pas favorable. Le cercle infernal a été le suivant : certains ont vu dans les tarifs antiéconomiques un moyen de lutter contre la surcapacité ; c'était oublier une loi mise en évidence dès le début du siècle par un économiste anglais, un certain M. King : les tarifs antiéconomiques chassent les tarifs rentables, et n'amènent pas de nouvelles clientèles. Ce pourrait être une forme de suicide collectif, si l'on ne pouvait prévoir — et l'on a déjà vu — la disparition des compagnies les plus faibles (ceci n'est pas toujours en corrélation avec leur taille) au profit des plus solides ou des plus soutenues par leurs gouvernements.

Ainsi pourrait-on appliquer à notre ère de voyages à forfait, de restrictions d'énergie, d'augmentation des coûts, de tarifs promotionnels, de contraintes d'environnement tout à la fois, les commentaires formulés par Charles Dickens sur l'année 1775 : « C'était la meilleure des époques, c'était la pire des époques, c'était l'âge de la sagesse, l'âge de la déraison... L'avenir nous promettait tout, l'ave-

nir ne nous offrait rien ; nous allions au paradis, nous nous dirigeons dans l'autre direction ».

Mais 1775 a été suivi de 1783, qui a vu la naissance du mouvement humain dans la troisième dimension... En 1961, les compagnies étaient dans une situation fort difficile, et d'autres formes de voyage sont nées, les flottes se sont développées et les femmes de ménage chères à Lord Brabazon se mirent à voyager... Il n'est donc pas interdit de rêver à un avenir meilleur, à condition de travailler à ce qu'il le devienne.

Quelle belle leçon en matière de prédiction sur le devenir du transport aérien que celle rapportée par Robert Smithwick : dans les années 1880, vivait un évêque américain qui était auréolé d'une belle réputation de philosophe. Faisant une conférence dans un collège, il déclara à l'auditoire : « On a découvert à peu près tout ; le monde arrive à ses limites ». Un professeur se leva alors et déclara qu'il n'était pas d'accord, affirmant qu'au cours des cinquante prochaines années, il se produirait un grand nombre de découvertes.

« Nommez-en une », dit l'évêque.

« Eh bien, voler », dit le professeur.

L'évêque éclata de rire : « Cela n'a pas de sens », dit-il,

« seuls les anges peuvent voler ».

J'oubliais de vous donner le nom de l'évêque-augure : il s'appelait Wright ; il avait deux fils prénommés Orville et Wilbur.

Le rôle de l'État est donc primordial dans la mise en œuvre de la réforme.

Il faut en effet que l'État crée un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, qu'il assure la stabilité macroéconomique et qu'il facilite l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

Le rôle de l'État est donc primordial dans la mise en œuvre de la réforme.

Il faut en effet que l'État crée un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, qu'il assure la stabilité macroéconomique et qu'il facilite l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

En outre, l'État doit jouer un rôle actif dans la mise à jour du parc immobilier, en encourageant la construction neuve et en facilitant la réhabilitation des bâtiments existants.

Enfin, l'État doit veiller à ce que la réforme ne crée pas de nouvelles inégalités sociales et régionales.

Il faut donc que l'État joue un rôle actif et responsable dans la mise en œuvre de la réforme, en créant un cadre réglementaire favorable à l'investissement privé, en assurant la stabilité macroéconomique et en facilitant l'accès au crédit.

Le transport aérien, client de l'industrie aéronautique (2)

par Raymond NIVET,
directeur adjoint, chef du Service du Développement Technique à Air-France.

Le transport aérien est une activité de service faisant appel à des moyens industriels (pas uniquement les avions, mais aussi, toute une infrastructure d'entretien, de télécommunication et de support des activités commerciales ou de l'exploitation).

Il importe pour comprendre ses besoins de dégager ses caractères spécifiques et d'étudier l'environnement dans lequel il se développe.

Nous ne sommes pas une industrie : notre produit, le siège offert, cesse d'exister quand le vol commence, s'il ne s'est pas trouvé de passager pour l'occuper. *Le problème de l'adéquation de l'offre et de la demande en quantité* (nombre de sièges offerts) *et en qualité* (horaire, tarif, type de service) *est donc essentiel*. On tentera de le résoudre par le choix du véhicule le plus adapté, la recherche de la meilleure utilisation, et une politique de service appropriée. Le choix de l'avion conditionne évidemment le reste.

Les constructeurs le savent, qui nous offrent des matériels de plus en plus sophistiqués, aux performances de plus en plus brillantes. En un mot, ils nous offrent le progrès mis à notre portée par leur maîtrise des techniques de pointe. L'écueil vient de ce que la notion de progrès varie avec le temps, et n'est pas perçue de la même manière par les divers partenaires du transport aérien.

Le développement technique a été défini par Louis Armand comme la somme de l'organisation et de la technique, on imagine facilement son rôle : par l'organisation, maîtriser le foisonnement des techniques.

Nous touchons là le premier problème : l'ingénieur est toujours un enfant aimant les jouets, surtout s'ils sont perfectionnés. Quoi de plus merveilleux qu'un projet nouveau aux performances jamais encore atteintes ; on en parle... la presse, puis l'opinion, puis le pouvoir s'y intéressent... *et c'est ainsi qu'un mythe est créé et que se développe un existentialisme industriel*, qui n'est d'ailleurs pas spécifique de l'aéronautique, encore que fréquemment associé aux techniques de pointe ou au concours Lépine.

Plus tard, l'idée devenue projet et début de réalisation industrielle va mobiliser les énergies et les ressources qui auraient permis de produire un engin sans prestige peut-être, mais hautement vendable, et qui, à l'heure où le mythe viendra se heurter au mur des réalités, ne seront plus disponibles.

L'organisation tiendra compte de ce que le transport aérien est un système ; sur le seul plan technique, le vol commercial qui est une entité en soi, puisqu'étant un événement ayant une fin propre (aller de A à B dans des conditions non aléatoires), est un système d'éléments liés à l'avion, à l'environnement, au personnel, formant un complexe dynamique indissociable, dans un cadre juridique tenant de la police de l'espace aérien (la circulation aérienne) et du contrat de transport que représente le billet du passager. Tout cela étant inscrit dans une enveloppe de coûts.

Nous serons donc amenés en matière de développement technique à approcher tous nos problèmes dans une optique « système », et démystifiante. Notre approche sera aussi très pragmatique pour tenir compte de deux caractéristiques essentielles du transport aérien : l'importance du facteur humain et le rôle de l'État.

L'importance du facteur humain tient, d'une part, à la nature des grandes entreprises de transport qui réjouissait Louis Armand, parce qu'elles entretiennent de gros bataillons et un personnel itinérant : deux facteurs qui ne sont pas favorables à la sclérose. D'autre part, ce personnel est hautement qualifié et protégé par tout un système de brevets, qualifications et de conditions d'emploi définis parfois jusqu'à l'absurde : ceci ne sera pas sans poser certains problèmes.

Nos constructions étant complexes, sont fatalement fragiles, et la défaillance du maillon humain dans la chaîne d'événements, défaillance voulue, provoquée, ou involontaire, paralysera l'évolution du système en brisant la cohérence de ses éléments.

La sécurité et l'efficacité d'un vol sont fonction du degré de cohérence entre les éléments du système avion-personnel, environnement, à tous les stades de la préparation (allant en amont jusqu'au choix de l'avion précédé lui-même par l'étude de ses spécifications) et de l'exécution du vol. Cette cohérence ne peut être maintenue au cours de l'exécution du vol qu'au prix, en cas d'événements fâcheux, de tensions au sein de l'équipage, tensions qui doivent pouvoir être absorbées grâce à la sélection, la formation et la qualification de l'équipage, à la définition des tâches à effectuer par chacun, et à leur parfaite coordination, à l'aménagement adéquat du poste de travail, le cockpit, et à un régime de travail convenable.

C'est ainsi que ce sont créés en particulier les « S.B.O. » (« Specific Behavioral Objectives : normes de comportement pour atteindre l'objectif fixé », qui lient dans une même approche l'ergonomie du poste de travail,

(2) Cette seconde partie de la conférence est publiée avec l'aimable autorisation de l'Institut français d'organisation et de prestation de services.

les conceptions des systèmes de bord, la définition des tâches et l'instruction du personnel, rejoignant en cela les six principes de base de Platon et les théories néobehavioristes de Skinner.

J'ai mentionné tout à l'heure le rôle de l'État ; l'État aéronautique s'appelle Janus : d'une part, il exerce sa tutelle sur le transport, mais surtout, dans nos pays dirigistes, sur l'industrie aéronautique dévoreuse d'investissements et de fonds de recherche d'origine publique, et génératrice d'un nombre considérable d'emplois, sans oublier le caractère « défense » d'un grand secteur de cette industrie. D'autre part, l'État gère l'infrastructure : aéroports et voies aériennes. *Les nécessaires choix budgétaires et les inévitables problèmes de politique locale amènent souvent une pléthore de béton et d'aérogares, mais une certaine insuffisance dans cette partie de l'infrastructure qui n'est appréciée que des transporteurs, mais reste invisible au public, je veux parler des routes aériennes et du contrôle de la circulation.* M. Raymond Dupré déplorait lors de l'arrivée des jets le décalage entre l'avion et l'infrastructure qu'il estimait à au moins cinq ans. Ces choses ne se sont pas améliorées, bien au contraire.

Une généralisation normative de notre schéma systématique se traduit par *la recherche d'une cohérence entre la construction aéronautique, l'infrastructure et les possibilités et moyens du transporteur*, qui en fait se trouve écartelé entre ses partenaires. En ce qui concerne l'État, c'est poser notre problème face à l'évolution des techniques. Sans nous, pas de commandes ; pour que nous puissions commander, il nous faut dégager des ressources : pour les dégager, il faut ce que nos jargonnateurs appellent « l'outil approprié », mettant d'ailleurs très justement en relief *le point fondamental dans nos économies, qui est de disposer de l'avion le mieux approprié au moment voulu.*

Au moment voulu, puisque nous n'avons pas de stock, notre « produit » (je l'ai dit, le siège offert au départ) cesse d'exister au moment même où il est créé, s'il n'a pas été vendu (sous-entendu : vendu si possible, pas soldé à perte). Nous ne raisonnerons donc pas seulement en choix d'un type d'avion, mais plus généralement en prévision de composition de flotte, en types et en nombres, tenant compte des caractéristiques technico-économiques de chaque véhicule, et du contexte économique.

Ce contexte économique faisait autrefois la joie des professeurs d'économie du transport où tout était réglé gentiment entre États dans le cadre d'accords de fréquence, de capacités, et entre compagnies groupées dans l'International Air Transport Association (I.A.T.A.) qui permettait l'harmonisation des tarifs et la facilité pour le passager de passer d'un transporteur à l'autre, quel que soit son titre de transport.

Le grand boom touristique qui est né de l'ère de la réaction lancée par les grands transporteurs a vu le développement des charters. Non soumis aux nécessités du service public, se concentrant à certaines dessertes — les plus juteuses — et se limitant aux époques fastes, les charters dont le coefficient de chargement théorique peut ainsi atteindre 100 % ont donc pu amorcer des politiques de bas tarifs qui détournèrent les passagers des transporteurs réguliers, quitte à les emprunter quand et où les autres ne jugeaient pas nécessaire d'exploiter.

La dérégulation anarchique aux U.S.A., fruit empoisonné de la politique cartérienne, entraînant une anarchie quasi universelle, a bouleversé les équilibres traditionnels. Dans un contexte fortement inflationniste, face à une irrésistible montée des coûts pétroliers, ceci se traduit fatale-

ment dans les choix de flotte par des critères bien différents de ceux d'il y a seulement quelques années.

Certes, les augures avaient prévu l'avènement de l'ère de la macroaéronautique, hautement interférente avec le monde extérieur... le « monde fini » cher à Paul Valéry... peu devaient croire néanmoins à la réalisation de leurs prédictions pessimistes.

Comment dans ces conditions se pose le problème de la composition d'une flotte ?

- pourquoi acheter des avions ?
- quand acheter des avions ?
- quels avions acheter ?

Première question : Pourquoi achète-t-on des avions ?

Une erreur communément répandue dans le public, les syndicats et les milieux politiques est qu'il suffit qu'un avion soit « bon » pour qu'il se vende.

Le catalogue des projets morts-nés regorge de bons avions... Un haut fonctionnaire français à propos d'un projet de prestige francobritannique parlait, il y a quelques années, entre autres justificatifs, du « bénéfice du rêve » ; de temps à autre, tel parti politique « exige » le lancement de tel ou tel projet.

L'économie faisant finalement la différence, il semble que de ce côté-ci de l'Atlantique, on soit devenu aussi prudent qu'on l'était traditionnellement en face, l'approche étant : que pouvons-nous vendre ? Il est d'ailleurs symptomatique de constater que les « marketings » des constructeurs américains, qui ont affaire à leurs banquiers et non au gouvernement fédéral pour lancer un produit, réalisent que c'est le marché du transport, et non le transporteur qui finalement définit les besoins. Par contre, ce sont les finances du transporteur qui lui permettent de les satisfaire.

En fait on achète des avions :

— soit pour satisfaire à des besoins nouveaux, si ceux-ci ne peuvent l'être par d'autres scénarios de déploiement. Notons d'ailleurs le choix fondamental entre augmentation des fréquences et augmentation des capacités et la tendance à augmenter les capacités par une réduction de l'espace mis à la disposition de chaque voyageur. Le souci de concilier le respect de l'office divin et les articulations vieillissantes des chanoines a donné naissance aux miséricordes qui réjouissent l'œil des amateurs de cathédrale ; la nécessité de maintenir une certaine recette par vol, malgré les baisses parfois extravagantes de tarifs, amène à modifier la conception que l'on avait du confort. On passe ainsi de 360 à 500 places sur un même Boeing 747.

— soit pour remplacer les avions obsolètes.

Je ne parle pas de l'obsolescence mécanico-gériatrique ; les compagnies, du moins les grandes, affirment que tout avion qui décolle est un avion neuf. Admettons donc que malgré la fatigue, la corrosion, les avatars de l'exploitation, les avions ne tombent pas en pièces avant qu'on essaie de les vendre à un musée ou à un exploitant ayant des critères d'évaluation moins sévères.

Encore que le problème des structures âgées se pose pour tous ; les procédures particulières d'inspection de ces cellules sont contraignantes et coûteuses : c'est ce qui rend difficilement envisageable certaines romotorisations, de même l'absence de rechanges ou de support logistique contribue à cette obsolescence technique.

Bien plus sérieuse est l'obsolescence technico-économique : *les gros mangeurs de carburant n'ont plus leur place*. Les avions actuels, céderont leur place aux avions de nouvelle technologie, malgré le prix de celle-ci, et ce, parce que le développement technologique est désormais axé sur l'économie des ressources, et essentiellement sur l'économie de carburant.

Compte tenu du coût direct d'exploitation d'un avion moderne en 1979, le même avion dans des hypothèses raisonnables d'inflation et d'augmentation des coûts de carburant devrait coûter en 1989, 3,5 fois plus cher. Dans les mêmes hypothèses, il semble que le coût direct d'un avion de technologie avancée en 1989 pourrait n'être que 2,6 fois supérieur à celui de l'avion « moderne » en 1979.

Les coûts se répartissant respectivement :

	Avion moderne		Avion de technologie avancée
	en 1979	en 1989	en 1989
Équipage	19 %	14 %	16 %
Amortissement	25 %	19 %	22 %
Entretien	18 %	13 %	11 %
Carburant	38 %	54 %	51 %

Enfin, il ne faut pas oublier l'obsolescence « absolue » : celle entraînée par l'inacceptabilité acoustique. Les normes de plus en plus sévères en matière de bruit aéronautique conduisent à interdire dans un premier temps la construction, dans un second, la certification et l'immatriculation, et dans un troisième, l'exploitation d'avions ne répondant pas à ces normes.

Il se trouve que les dernières normes dans ce domaine approchent, en configuration atterrissage, par exemple, de l'inévitable bruit aérodynamique. Il sera difficile de faire mieux, sauf d'interdire le vol. Par ailleurs, la recherche des consommations réduites aboutit par une heureuse coïncidence à des solutions « tranquilles ». Si donc le problème bruit a été et reste pour quelques années un facteur essentiel de renouvellement des flottes, je pense qu'il sera masqué dans l'avenir par le souci d'économie de carburant.

Deuxième question : Quand achète-t-on des avions ?

Je serais tenté de répondre : quand on ne peut pas faire autrement, du moins quand on se limite strictement au point de vue transport aérien. La spéculation est en effet chose différente et explique dans certains cas la prospérité des transporteurs épisodiques ou amateurs.

Disons plus simplement : quand on en a absolument besoin, et qu'en outre on peut les payer. Le profit total pour 1976 de l'ensemble des compagnies membres de l'Association des Compagnies Aériennes Européennes représentait à peine le prix de trois avions gros porteurs ! Les constructeurs feraient bien d'y réfléchir avant de publier ou d'autoriser la publication de certaines prévisions de vente : 2 000 avions, 6 000 avions... à croire d'ailleurs que

certains journalistes n'ont aucune idée du nombre total d'avions de transport en service dans le monde, même en comptant l'importante collection de l'Aeroflot !

Évidemment, les pressions politiques peuvent fausser le jeu.

Troisième question : Quels avions acheter ?

Réponse : ceux susceptibles de s'intégrer dans une flotte ou un groupe de flottes (associations ou groupes de compagnies, tels que ATLAS, KSSU, etc.) présentes ou prévues. On établira donc les plans de flottes à partir de l'évaluation technico-économique des projets d'avions, et revus lors de l'établissement des programmes d'exploitation.

Cette intégration se mesurera en résultats économiques d'ensemble (prévisions de plans et financement, études de cash-flow...).

— autre réponse : ceux dont l'exploitation posera le minimum de problèmes parce que produits en grande série pour se prémunir contre la prolongation des maladies de jeunesse et garantir la continuité du suivi constructeur et des approvisionnements en rechange.

— ceux dont la conception et les procédés de fabrication garantissent la facilité et l'économie d'entretien, les immobilisations minimales, et permettent une communauté d'équipements avec d'autres avions.

— ceux enfin, dont le constructeur approche un bon soutien logistique et ne confond pas un service après-vente et un service contentieux.

Là encore les pressions politiques peuvent jouer.

Peut-on conclure ? Non, car le propre du transport aérien est que chaque progrès amène ses problèmes et que d'autres progrès sont eux-mêmes nécessaires pour amener les solutions. Le problème est sans fin, mais ceci devrait encourager les chercheurs, de pointe ou non !

Tout ce que l'on peut prévoir est que les voies du progrès technologique que Sir George Cayley avait déjà si magistralement définies en 1843, resteront désormais et pour de longues années déterminées par la nécessité de survivre dans une ère de limitations et d'interférences du monde non aéronautique :

- saturation au moins apparente de l'espace,
- sensibilité aux nuisances,
- raréfaction des sites d'aéroport commodes,
- détérioration des niveaux de confort, ou vu d'un point de vue plus optimiste : accessibilité d'un plus grand nombre au transport aérien,
- économies d'énergie et plus généralement des ressources de toute nature, financières et humaines incluses.

N'en déduisons pas néanmoins hâtivement que l'innovation technique en aéronautique pourrait être comparée au Catoblépas ou plutôt au lit de Procuste dans lequel les compagnies hésiteraient à se coucher.

Il y aura encore des salons (3)

par Raymond NIVET

J'avais été frappé en 1956 par quelques chiffres avancés à propos de l'opportunité de lancer le paquebot France. Il apparaissait déjà qu'un quadriréacteur transporterait en un an presque autant de passagers que le paquebot, pour un amortissement de la place offerte assez voisin, les coûts de personnel représentant 1,2 milliard par an pour le bateau et 18 millions pour l'avion... Tout cela pesait peu devant l'impératif « prestige » !

On sait maintenant limiter ses ambitions. Avant de fixer au T.G.V. sa vitesse, on saura que la minute gagnée en passant de 260 à 310 km/heure coûte 22 fois plus de pétrole que la minute gagnée en passant de 80 à 130.

A propos de ce T.G.V., n'est-il pas piquant d'évoquer l'un des arguments mis en avant dans le cadre de la Commission du 6^e plan pour justifier la décision de principe favorable au projet en 1971 : on évoquait la concurrence de l'avion à décollage court, l'A.D.A.C... Mais comme le disait avec raison Rolf H. Will :

« L'Adac est peut-être le seul moyen pratique d'atteindre une tribu isolée quelque part dans une région montagneuse inaccessible, mais si aucun étranger ne veut rendre visite à cette tribu, et si cette dernière n'a pas d'argent, la liaison par Adac est sans objet ».

Le Fond de Développement Économique et Social fut donc bien avisé de remiser plus tard la concurrence des Adac au rayon des chimères.

Mais pourquoi donc l'aviation a-t-elle donné naissance à tant de chimères, de projets nés de mythes coriaces et morts écrasés contre le mur des réalités ? Certains y ont vu une conséquence de la morphologie des machines volantes. Dans des documents rassemblés par Edmond Petit, on trouve une étrange déclaration de Gabriel Voisin à Jean Cocteau : « Le plus lourd que l'air n'est pas parti de quelque chose d'aussi génial que la roue. Il est parti de l'aile. C'est comme si, au lieu de s'appuyer sur la roue, on perfectionnait un véhicule avec des pattes mécaniques »... et c'est pourquoi, concluait Cocteau, « l'avion le plus neuf porte en lui sa mort et laisse prévoir une vieillesse immédiate ».

C'est là en effet qu'intervient l'imagination des chercheurs. Un ingénieur reste toujours un peu un enfant attiré par les beaux jouets ; le drame de la mythogenèse commence quand l'imagination d'un journaliste enflamme

l'opinion sur les possibilités du jouet. Un peu ou beaucoup de prestige là-dessus et voilà l'idée promue au rang de quasi réalisation, pour un peu que les décideurs ou leurs conseillers soient atteints de « cette perversion de l'esprit qui confond la vérité avec la moyenne des opinions » dont parle Roger Godino.

Il est ainsi créé une sorte d'existentialisme industriel, surtout dans ce domaine de la construction aéronautique (et ses annexes, les aéroports en particulier) dont on pouvait se demander jusqu'à ces toutes dernières années, s'il fallait pour la caractériser citer soit le Catoblépas, soit le lit de Procuste, selon que l'on considère l'Industrie ou l'État responsable du lancement des « grands programmes ».

Sans compter que rien n'est facile : comme le disait Sir Alec Douglas Home quand il était Premier Ministre de sa gracieuse Majesté : « il n'y a là que deux problèmes : celui de l'environnement qui est insoluble, et celui de l'économie qui est incompréhensible ».

Il est vrai qu'à la même époque, on avait en France une vue plus concrète des problèmes. Le Journal Officiel, qui n'a pas la réputation d'entrer dans la catégorie des publications humoristiques, rendait compte le 8 janvier d'une intéressante discussion au Sénat :

A un sénateur qui s'étonnait d'avoir trouvé, à l'occasion d'un vol Air France, des fromages et du beurre en provenance d'un pays étranger, le Secrétaire d'État aux Transports répond « que la Compagnie Air France donne la priorité aux produits laitiers français pour tous les repas confectionnés dans les escales métropolitaines qui constituent plus de 50 % de sa production totale. En ce qui concerne les escales étrangères, la Compagnie nationale s'efforce d'assurer l'approvisionnement de celles-ci par des envois en provenance de France ; c'est ainsi qu'en 1974 Air France a expédié environ 66 tonnes de fromage et 12 tonnes de beurre pour la confection des repas embarqués aux escales périphériques. Lorsque l'importation directe par les soins d'Air France n'est pas possible, la compagnie, soucieuse de contribuer à la promotion des produits alimentaires français, recommande à ses fournisseurs l'utilisation de ces produits. Il est toutefois inévitable que pour des raisons économiques (droits de douane, frais de manipulation du traiteur) et techniques (certificat d'origine, barrières sanitaires), Air France soit amenée d'avoir recours, pour des quantités marginales, à des fournitures d'origine locale ».

Tout cela ne volait évidemment pas au niveau des discussions entre le Père Ubu et les membres du G.P.A.P. (Groupe Protecteur de l'Aviation au Parlement). Ambroise Vollard nous a raconté la scène :

(3) Cette troisième partie est publiée avec l'aimable autorisation de M. Jean Lasserre, Directeur de la Revue Icare, n° 105, 1983, p. 38-45.

Père Ubu, s'adressant au Président du G.P.A.P. :

« Eh bien ! Monsieur le P.G.P.A.P., comment va la chose aviation ? »

Le P.G.P.A.P. :

« Ça va très bien, Père Ubu... Nous marchons de perfectionnements en perfectionnements, mais voilà que notre vigilance toujours en éveil a lieu de s'alarmer... »

« Perfectionnements »... J'ai essayé de laisser divaguer (le terme est impropre, je le reconnais) ma pensée ; en vain, me voici revenu à l'innovation technique. Mais ainsi que le remarquait Claudius Dornier Jr, évoquant en 1974 le souvenir d'Otto Lilienthal, « on ne saurait traiter des aspects du concept d'innovation qu'en liaison avec ce qui est techniquement réalisable et valable commercialement, en tenant compte aussi de la situation politique en Europe étant donné qu'elle a une influence décisive sur les chances de succès de nos projets ».

Car en effet tout est lié en un système. Une firme d'ingénieurs conseils d'origine écossaise chargée d'établir un rapport sur le fonctionnement de mon service présenta comme sienne vers 1970 l'idée que j'enseignais depuis les années 1950, à savoir que le vol, élément essentiel du système transport aérien est un complexe dynamique indissociable fait de matériels, de personnes et d'environnement, le tout s'inscrivant dans une enveloppe économique et dans le cadre juridique inévitable chaque fois que l'on vend un produit ou fournit des services.

La sécurité et l'efficacité du système dépendent du degré de cohérence entre ses éléments. J'ajoutais d'ailleurs qu'un élément est bien particulier : le facteur humain, car il contribue à assurer la cohérence du système, mais peut tout au contraire paralyser l'ensemble. D. Dale qui m'a souvent copié, écrivait déjà dans Icare en 1963 que « la combinaison de l'homme et de la machine est fatalement faillible ». C'est en l'admettant comme hypothèse qu'on réduit le risque, tant en fréquence qu'en magnitude. On sera ainsi amené en effet, à ne pas demander aux individus plus qu'ils ne peuvent donner, à ne pas les placer dans des conditions telles que leurs facultés de jugement et leurs possibilités physiques soient amoindries, à ne pas réaliser des machines dont les pannes ne peuvent être aussitôt mises en évidence, ou entraînent irrémédiablement des conséquences fâcheuses. On se pénétrera aussi de l'idée que les règlements, les instructions et les manuels ne font pas la sécurité, mais que celle-ci trouve son compte dans une organisation qui fait place à l'homme et à ses défaillances. On réalisera enfin que l'homogénéité des techniques est nécessaire et que, pour pasticher un slogan de constructeur bien connu, « l'avion d'aujourd'hui ne doit pas utiliser l'infrastructure de la veille ».

Les mentalités ont beaucoup évolué depuis. Différent par de nombreux aspects, le facteur humain reste essentiel. C'est sans doute ce qui fait dire à Roger Godino qu'en général « plus la science et la technique se développent, plus le gouvernement des hommes devient important », et plus particulièrement en ce qui concerne notre souci premier du « problème de l'énergie, qui n'est pas un challenge technologique, mais un challenge politique et social, un challenge du gouvernement des hommes »... Je pense d'ailleurs que ceux-ci sont quand même aidés par la technologie, mais celle-ci s'épanouira dans les directions souhaitées.

Je suis toujours surpris de constater à quel point des prévisions même anciennes ont pu être justes, mais comment, en dépit des réflexions qu'elles pouvaient amener, tant de grossières erreurs ont pu être commises.

Peut-être parce qu'on a négligé la démarche « système ». Technologie, Économie, Écologie, Sociologie forment aussi un système. Peut-être aussi comme le soulignait Raymond Barre, parce qu'on restait sous « l'illusion selon laquelle un bon plan n'est qu'un plan qui comporte des engagements sur des objectifs chiffrés, à partir de prévisions que les circonstances rendent extrêmement fragiles et aléatoires ». Peut-être, parce qu'on oublie des vérités premières : François de Closets rappelait à un dirigeant d'entreprise qu'il faut le faire impérativement voyager à Mach 2 parce qu'il a tellement de travail s'il veut être présent partout ; s'il délègue au contraire, on peut faire voyager son représentant à Mach 0,9... peut-être enfin parce que la stupidité est également répartie parmi les divers niveaux de la pyramide des décisions. J'ai entendu un jour une haute autorité déclarer publiquement que pour augmenter le coefficient de remplissage des avions de ligne, il suffisait de diminuer le nombre de sièges... ce n'est pas le malheureux assis sur un siège à peine plus grand qu'une patience canonique qui s'en plaindrait, certes, mais quand même...

Un papier sur le futur aéronautique se doit de sacrifier à Léonard de Vinci ; je le ferai donc, car j'aime les bricoleurs de talent, qui savent mettre en musique les idées de certains de leurs contemporains moins doués pour s'exprimer. Mais sans remonter à 1488, année intéressante car marquée par le début des études relatives aux Ailes Artificielles, pourquoi ne pas saluer Sir George Cayley au passage. Dès 1843, il savait qu'il faudrait séparer la propulsion de la génération de portance, rechercher les puissances massiques élevées, alléger les systèmes, et construire des avions de 500 places. Sir George était bien cependant incapable d'imaginer qu'un jour, les contraintes imposées par le monde extérieur imposeraient des limites au libre développement du monde aéronautique ; j'y reviendrai.

Plus proche de nous encore, dans les années cinquante, George Edwards lançait cette notion du cercle des douze heures dont parlait encore D. Dale en 1963 : on constate une augmentation de la demande de transport chaque fois que le « cercle des douze heures » (distances telles que le voyage aller et retour prenne au maximum 12 heures) s'étend et englobe de nouveaux centres d'intérêt.

Mais pourquoi fallait-il que le même, devenu Sir George, fasse plus tard une telle erreur dans son estimation des besoins en supersoniques.

Avec les avions actuels, les cercles de 12 heures autour de l'Est des U.S.A., de l'Europe Occidentale et du Japon couvrent presque tous les mégapoles économiques... la demande d'augmentation de vitesse devrait devenir moins pressante ou plus exactement se concentrer à quelques routes. La demande globale diminuant de volume, la vitesse limitée à certains axes coûtera de plus en plus cher... (à moins qu'elle ne soit une « retombée technologique », et non un objectif : la navette spatiale pourrait déboucher sur un transocéanique hypersonique très cher, mais non totalement inacceptable).

Quoi donc a amené certains responsables des années passées à tant de grossières erreurs :

— la surévaluation du marché et des possibilités de certaines technologies,

— la « divergence » non corrigée entre les éléments du système technique du transport aérien : déphasage entre avion et infrastructure, sous-appréciation des contraintes.

Le mot est lâché : les contraintes. Elles sont innombrables ; associées à quelques données fondamentales, elles déterminent les voies de progrès dans la construction des avions de transport pendant la décennie 1985-1995, qu'a parfaitement décrites, dès 1977, Jean Rabary, qui se demandait d'ailleurs, si l'avenir est un prolongement optimum du présent ou plus probablement le résultat de voies de progrès différentes. Il citait alors parmi les contraintes :

- le prix élevé de l'énergie de propulsion,
- le prix élevé de l'énergie, de la matière et de la main d'œuvre liés à la production,
- le prix élevé des études,
- la solution de continuité dans les vitesses au niveau du haut subsonique,
- le ralentissement considérable dans le développement d'un T.S.S. de deuxième génération et du moteur qu'il exige,
- la lutte contre la pollution acoustique et la pollution par les produits de combustion,
- l'absence de projets à valorisation civile et militaire,
- l'adaptation des modules à l'évolution des droits de trafic,
- les percées technologiques dans les moyens de transport concurrents (T.G.V. notamment).

Il ajoutait que deux contraintes potentielles n'étaient pas encore identifiées :

- un niveau critique d'encombrement de l'espace aérien,
- une évolution aggravante dans la situation de l'énergie de propulsion : évolution à deux degrés :
- utilisation de carburants exotiques (nouvelles règles de distillation, synthèse),
- entrée dans une situation de pénurie.

Tout ceci sans oublier bien sûr la règle d'or du constructeur : commercialiser l'avion que les transporteurs désirent au moment où ils sont capables d'en financer l'achat. Il ne paraît pas raisonnable de considérer les difficultés de trésorerie des transporteurs comme un élément significatif car tous ne sont pas logés à la même enseigne et les aménagements financiers liés à la lutte contre les pollutions, à l'économie du carburant et à la protection d'un secteur industriel fragile faussent la règle du jeu.

On retrouve les mêmes choses ailleurs. Mon vieil ami Robert E. Hage a prononcé alors qu'il était chez Boeing en 1948, une série de conférences à Princeton sur le sujet « jet propulsion in commercial air transportation ». En 1980, étant chez MacDonnell, il était chargé de présenter à l'Université de Beijing (les vieux disent Pékin) la même série, mais évidemment mise à jour. La comparaison de ces textes est édifiante. Pourquoi ne laisse-t-on pas aux ingénieurs le soin d'évaluer les chances des techniques pour lesquelles on recherche un avenir !

L'évolution de la situation entre 1977 et aujourd'hui n'a fait que renforcer les contraintes, mais par une sorte de paradoxes, ces contraintes ont atteint un tel niveau que certains progrès dont on n'osait rêver, tant le développement associé paraissait coûteux, se manifestent en toute

hâte. La constatation de Cocteau est encore plus vraie que par le passé : l'avion, et surtout son moteur, son estomac dévoreur de carburant, risquent de se périmer de plus en plus vite, la montée en spirale du prix du pétrole justifiant tous les développements technologiques. Chaque année verra son « perfectionnement » ; il apportera peu ou beaucoup selon le cas, mais il sera toujours cher !

J'ai à peine ou pas du tout parlé du bruit, de la pollution, autrement dit du rejet par la communauté non aéronautique, des nuisances associées à l'avion. Sans doute parce que vers les années 1985, on aura interdit les avions bruyants ou restreint leur emploi, et que les avions « tranquilles » de l'avenir faisant un bruit aérodynamique, on voit mal ce qui pourrait être sensiblement amélioré.

Malgré le malin plaisir que semblent prendre les choses inanimées (littéralement : qui n'ont pas d'âme ?) et les lois de la physique à nous contrarier, la recherche des consommations modestes s'est accompagnée d'une diminution des niveaux de bruit à la source... C'est bien tant mieux, encore que des progrès aussi sensibles eussent pu avoir été réalisés sans payer le prix de quelques décibels.

Alors, essayons de mettre un peu d'ordre dans toutes ces idées.

Les avions des années 1980, j'espère les voir ; ceux de l'an 2000, je peux au moins essayer de les imaginer.

L'avion des années 1980 doit être performant pour s'adapter à un contexte caractérisé par :

- le prix du carburant et sa disponibilité,
- la concurrence dans le cadre de la dérégulation américaine, des bas tarifs et des basses recettes unitaires,
- un environnement contraignant : espace aérien encombré, sensibilité aux nuisances, bruit et émissions de fumée.

En projetant sur 1989 les résultats de 1979, admettant l'hypothèse (conservatrice) d'une augmentation de 17 % du carburant par an, les autres coûts n'augmentant que de 10 %, les coûts d'exploitation d'un avion de la technologie actuelle seraient multipliés par 3,5. La part du carburant passerait de 38 % du total des dépenses d'exploitation à 54 %.

Alors on va faire feu de tout bois, si l'on peut dire :

- utiliser des matériaux nouveaux, plus légers, résistant mieux à la corrosion,
- l'aile prend une forme nouvelle : moins de flèche, plus d'épaisseur, allongement plus grand. Les profils supercritiques permettent d'augmenter l'épaisseur relative sans ajouter à la traînée,
- atténuer le bruit par un dessin approprié des nacelles,
- exploiter les techniques numériques pour permettre une meilleure gestion du vol et un allègement des tâches de l'équipage. Le catalogue est long de toutes les améliorations apportées à l'avion des années 1980, qu'il faudra bien d'ailleurs envisager d'appliquer rétroactivement chaque fois que possible, aux avions anciens :
- atténuation des efforts structuraux par utilisation de commandes actives,
- instabilité dynamique permanente contrôlée,
- slats à doubles fentes et positions multiples,

— pour moteurs : contrôle actif des jeux, ailettes de turbine monocristal, inverseurs à flux dirigé, contrôle électronique, disques en poudre de métal, et j'en passe...

— pour alléger les tâches de l'équipage : intégration des systèmes numériques de bord, des alarmes ; systèmes automatisés de gestion de vol et de conduite réacteur ; disjoncteurs avancés.

On en attend un potentiel d'économies de carburant de 12 à 14 % en ce qui concernent l'aérodynamique et les commandes de vol, 7 à 9 % pour les possibilités d'améliorer la conduite du vol et simplifier les procédures, 10 à 12 % pour la consommation spécifique des propulseurs.

Ceci devrait permettre de réduire d'un quart les dépenses directes d'exploitation prévues en 1989. Celles-ci ne seraient plus alors que 2,6 fois celles de 1979, la part du carburant dans la totalité étant réduite à 51 %, dans les mêmes hypothèses d'inflation que précédemment.

Tout ceci c'est évident, reste du domaine des objectifs... Mais il est tout aussi évident que dans le climat de concurrence entre les quelques constructeurs d'avions civils survivants, aucun effort ne sera épargné pour que ces objectifs soient atteints... à quel prix ? Ceci est une autre affaire ; les formes de coopération industrielle, déjà multiples, se développeront ; malgré certains inconvénients évidents, la coopération s'est imposée. Il ne reste plus à l'amateur que la possibilité de se bricoler l'avion de ses rêves, à condition encore qu'il utilise un moteur du commerce et des instruments standard.

Rien de tout cela n'est très excitant. Comme aurait pu dire un chef d'orchestre léger des années folles, il n'y a pas de quoi attraper l'eczéma du gros porteur. Vous connaissez cette maladie : les hôtesses des Airbus d'Eastern Airlines étaient victimes d'étranges démangeaisons, et leurs charmants minois ressemblaient à ceux de gamins atteints de la rougeole.

Les Académies de médecine ont été appelées en consultation ; des missions médicales traversèrent l'Atlantique : l'avenir de l'avion européen étant menacé !... La maladie disparut comme elle était venue, encore qu'on sût pourquoi : les gilets de sauvetage servant aux démonstrations n'étaient plus désormais marqués au feutre rouge « Demo only » ; la bonne vieille craie laissait tout au plus un peu de poussière blanche sur les uniformes !

Si rien de tout cela n'est donc très excitant, il me faudra pour enflammer mon imagination de futur retraité, revenir à Jules Verne ou à certaines formes de prospective, en ruminant la pensée du cynique C. F. Kettering : « My interest lies in the future, as I am going to spend the rest of my life in it ». Les sujets ne manquent pas. Les mégavions : certains ont été sérieusement étudiés... sauf les cargos à applications militaires spéciales, on voit mal quel projet pourrait concurrencer un super B 747 Cargo avant la fin du siècle, aux fins de transport civil.

En tout état de cause, la rhochrématique, qui est en fait une recherche globale des « systèmes » de transport de fret est encore dans l'adolescence... il est vrai que l'adolescence est l'âge de la croissance forte.

Pour les avions à décollage court (Adac), V.T.O.L., hélicoptères et autres, le problème de coût et surtout celui du brevet (qui interdit l'utilisation des plateformes en ville), limiteront l'emploi de ces véhicules à des applications spéciales.

Les colloques sur les dirigeables m'ont toujours réjoui. Ce véhicule est particulièrement intéressant pour son constructeur.

Entre 1900 et 1940, 162 rigides ont été construits ; ils ont effectué 80 000 heures de vol (ce que vole aujourd'hui une compagnie moyenne en 3 mois) ; 99 ont été détruits en service dont 13 par le feu, dans les hangars ; 2 ont été accidentés au point d'être irréparables, et 16 ont tout simplement disparu.

Il faudrait un dirigeable de 1 275 000 m³ pour obtenir le potentiel de transport d'un seul B 747-F (le volume du Hindenburg était 200 000 m³ pour 75 passagers).

La section transversale d'un tel dirigeable de 300 mètres de long représenterait 1/2 hectare. Volant à 300 mètres, on imagine les réactions des populations survolées et plongées dans l'ombre... songez aux dimensions d'un aéroport pouvant accueillir 20 dirigeables devant y manœuvrer : le Nord de la France serait transformé en « port à dirigeables ».

Pierre Contensou, Directeur Général de l'O.N.E.R.A. a d'ailleurs écrit : « Le dirigeable a disparu, comme le diplodocus, au moment où il paraissait devenir un géant capable de prouesses extraordinaires, et pas plus que le diplodocus, il n'a pas de chances de réapparaître ».

Là encore l'avenir verra sans doute des véhicules spéciaux adaptés à des tâches bien définies... mais au cas où le lecteur ne l'aurait pas encore remarqué, je précise que selon une vieille habitude, j'ignore tout ce qui n'est pas avion de transport... je sais que j'ai tort, mais il faut bien se spécialiser : le reste ne m'intéresse que lorsqu'on peut y associer l'idée d'une aventure personnelle, individuelle ou collective : la bicyclette volante de B. Allen ou le projet Apollo avec l'alunissage d'Armstrong.

Je me souviens toujours avec beaucoup de mélancolie du regretté Beverley Shenstone. Il était le très sérieux Chief Engineer d'une grande compagnie, mais il était aussi le président du Comité pour le vol à propulsion humaine de la Royal Aeronautical Society et il avait osé prononcer devant un docte auditoire, britannique il est vrai, une conférence intitulée : « le transport aérien a tué les îles »... Évidemment ceux qui ont connu Papeete sans aéroport en avaient une toute autre impression qu'actuellement... mais sans aéroports, ni transport aérien, qu'advient-il de nous ?

Évidemment tous mes lecteurs ont entendu parler de l'I.T.U. (independently targeted vehicle = taxi aérien automatique) de l'honorable O.L.L. Fitzwilliams. C'est certainement très bien, mais me rappelle désagréablement l'homme canon de la foire à Neu-Neu.

Pour conclure, que se passera-t-il en l'an 2000 ? Je regretterai toujours un peu de ne pas avoir atteint ce niveau de notoriété qui autoriserait qu'un de mes objets familiers, le cercle calculateur du Dewoitine 333 qui me sert de presse-papier, ou mon détache-trombone-à-éjection-automatique, par exemple, soit un jour offert à la curiosité des visiteurs dans quelque vitrine de cette sorte de lipsothèque qui occupe le hall d'honneur de Maine-Montparnasse.

Les visiteurs s'en consoleront aisément en allant au Salon.

Ils y verront évidemment le nouveau B 747 qui se distinguera de ceux que nous connaissons actuellement par la nouvelle aile supercritique à grand allongement, le nouveau fuselage à double bulbe pour 800 passagers assis, les systèmes numériques avancés, et les réacteurs de quatrième génération.

L'Airbus est toujours là, solide au poste : les gros, dérivés de l'A 310 et du TA 9, et les moyens issus de l'A 320.

Beaucoup d'« étranges véhicules » dont les mérites auront été vantés par une presse à sensations auront disparu ; normal : les ptérodactyles deviennent fossiles avant d'avoir existé.

Raymond Nivet.

● Imprimerie Tardy Quercy (S.A.) Cahors. — 4552 — Dépôt légal : Novembre 1984
Commission paritaire n° 57497

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Fondée en 1801

Reconnue d'Utilité Publique en 1824

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

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

•

HISTORIQUE

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

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE EN 1824,

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

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

BUT

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

ACTIVITÉS

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

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

